

Материалы Всероссийской
научной конференции

**«Механизмы устойчивости и адаптации
биологических систем к
природным и техногенным факторам»**

22-25 апреля 2015 г.

Киров

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Вятский государственный гуманитарный университет»
«Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук»

Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам

Материалы
Всероссийской научной конференции
22–25 апреля 2015 г.

Киров 2015

ББК 28.903,13я431

М55

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Вятский государственный гуманитарный университет»

Редакционная коллегия:

Т. Я. Ашихмина, профессор, д. т. н.; Л. И. Домрачева, профессор, д. б. н.;
И. Г. Широких, в. н. с., д. б. н.; Л. В. Кондакова, доцент, д. б. н.; С. Ю. Огород-
никова, доцент, к. б. н.; Е. В. Дабах, доцент, к. б. н.; С. В. Пестов, доцент,
к. б. н.; Е. А. Домнина, доцент, к. б. н.; Г. Я. Кантор, с. н. с., к. т. н.; А. С. Оль-
кова, доцент, к. т. н.; И. А. Жуйкова, доцент, к. г. н.; Н. В. Сырчина, доцент,
к. х. н.; Д. Н. Данилов, доцент, к. х. н.; В. А. Титова, с. н. с.; А. С. Тимонов,
с. н. с.

М55 Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к
природным и техногенным факторам: Сб. материалов Всероссийской научной
конференции. (22–25 апреля 2015 г.). Киров: изд-во ООО «ВЕСИ», 2015. 455 с.

ISBN 978-5-4338-0211-7

В сборнике материалов Всероссийской научной конференции «Механизмы устойчи-
вости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам» представ-
лены результаты исследований и новейших разработок ученых биологов, экологов, химиков,
биогеографов и представителей других смежных отраслей науки. Освещены вопросы адап-
тации и формирования устойчивости эколого-биологических систем разного уровня органи-
зации: от организменного и популяционного на примере различных видов животных и рас-
тений к условиям окружающей среды до биогеоценотического уровня. В материалах обсуж-
даются оценка состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем, мето-
дология биодиагностики и формирования экологической безопасности территорий.

Проведение конференции и издание сборника материалов конференции поддержано
грантом РФФИ, проект № 15-04-20142.

ISBN 978-5-4338-0211-7

ББК 28.903,13я431

© Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Вятский государственный гуманитарный университет», 2015
© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

АДАПТАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Краснов М. С., Ямскова В. П., Ямсков И. А. Исследование новой группы биорегуляторов в качестве протекторов для применения в медицине, сельском хозяйстве и экологии.....	12
Горшкова А. Т., Урбанова О. Н., Бортникова Н. В., Каримова А. И. Биофилтрационные свойства водных растительных формаций в условиях хронического загрязнения	16
Чирухина М. П., Жебелюк К. В., Князева В. А., Ярмоленко А. С., Огородникова С. Ю. Изучение влияния полимеров различной химической природы на активность пероксидаз и интенсивность перекисного окисления липидов в растениях ячменя	20
Олькова А. С., Крюков В. С., Будина Д. В., Жилин К. А., Черемухин М. Н. Исследование водных экстрактов поливинилхлоридных пластикутов методами биотестирования	24
Черемисинов М. В. Распространенность сетчатой и темно-бурой пятнистости при обработке растений ячменя нулевого поколения фунгицидами.....	27
Евсеева А. А., Подябина Л. В., Розина С. А., Макурина О. Н. Влияние ионов свинца на содержание мембраносвязанных белков и малонового диальдегида в тканях высшего водного погруженного растения <i>Ceratophyllum demersum</i>	30
Дрожжина В. Н., Скрыпникова А. В. Влияние выбросов завода минеральных удобрений на микроструктуру хвои и стебля <i>Pinus sylvestris</i> L...	34
Черезова К. О., Лялина Е. И., Фокина А. И., Олькова А. С. Определение содержания меди в биологических объектах, подверженных воздействию растворов сульфата меди (II)	37
Домнина Е. А., Огородникова С. Ю. Изучение проективного покрытия эпифитных лишайников и содержания общего фосфора в талломах в районе действия объекта уничтожения химического оружия в Кировской области.....	41
Мамина Д. А., Ашихмина Т. Я., Березин Г. И. Изучение содержания цинка, кадмия, меди в лишайнике <i>Nuroguntia physodes</i> (L.) Nyl. в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия в пгт. Мирный Кировской области	45
Воробьева О. В., Гершкович Д. М. Изменение трофической активности ветвистых ракообразных как показатель токсического воздействия	48
Герасимов Ю. Л., Фролова В. Д. Оценка состояния двух прудов в г. Самара по ракообразным	51
Олькова А. С., Фокина А. И. Корректировка чувствительности лабораторных тест-культур	55

Олькова А. С., Тарабрина А. К. Исследование влияния условий культивирования на состояние модельных популяций <i>Daphnia magna</i>	57
Лобкова Г. В., Губина Т. И. Влияния ацетатов тяжелых металлов на морфофизиологические характеристики <i>Elodea canadensis</i> L.	59

СЕКЦИЯ 2 МИКРООРГАНИЗМЫ В ИССЛЕДОВАНИИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кувичкина Т. Н., Будина Д. В., Олькова А. С., Решетилов А. Н. Амперометрический подход к определению орто-фталата натрия в водной среде.....	63
Волкова Е. М., Звягина А., Ольчев А. В. Роль микробных комплексов в эмиссии углекислого газа болотными экосистемами.....	66
Емельянова Е. В. Микробный сенсор для определения БПК ₅ муниципальных сточных вод.....	70
Казей А. С., Широких А. А., Широких И. Г. Миксомицеты как источник фитостимулирующих бактерий	75
Горностаева Е. А., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Растительно-микробные ассоциации в биоремедиации загрязнённых почв.....	77
Домрачева Л. И., Зыкова Ю. Н., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю. «Цветение» почвы парка Бахо (г. Нячанг, Южный Вьетнам)	80
Коробов А. А., Кондакова Л. В. Почвенные водоросли и цианобактерии рекреационной зоны г. Кирова	84
Пирогова О. С., Кондакова Л. В. Видовое разнообразие и динамика численности почвенных водорослей и цианобактерий биогеоценозов ГПЗ «Нургуш».....	87
Кардакова А. С., Кондакова Л. В. Влияние Омутнинского металлургического завода на почвенную альгофлору	90
Старикова Ю. А., Кондакова Л. В. Влияние железнодорожного транспорта на видовой состав и количественные показатели почвенных водорослей и цианобактерий	94
Кудряшов Н. А., Воронина В. С., Домрачева Л. И. Темпы роста цианобактерий при различных режимах освещения	97
Коваль Е. В., Лопатина А. Н., Огородникова С. Ю. Изучение токсического действия глифосата на культуру цианобактерий <i>Nostoc commune</i> .	99
Зыкова Ю. Н., Трефилова Л. В. Сохранение жизнеспособности у высушенных культур цианобактерий	101
Кувшинова Н. М., Свистова И. Д. Видовая структура комплекса микромицетов чернозема в прикорневой зоне растений-подсладителей	103
Николаева Т. А., Широких И. Г. Разработка оптимальных условий для культивирования мицелия <i>Ganoderma lucidum</i>	107
Кокорина О. В., Широких И. Г. Стрептомицеты в почвах национального лесного парка г. Чанчунь (северо-восток Китая).....	110

Щеклеина А. В., Широких А. А., Широких И. Г. Микобиота высших базидиальных грибов в биотопах г. Кирова	113
Щеклеина А. В., Широких А. А. Видовое разнообразие высших базидиальных грибов в г. Кирове	115
Свистова И. Д., Корецкая И. И. Микробиоиндикация почвы в зоне влияния автомагистрали: санитарно-гигиенические аспекты	117

СЕКЦИЯ 3

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ И ИХ СООБЩЕСТВ КАК АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Ермакова М. В. Проблемы оценки состояния молодняков сосны в условиях рекреационно-хозяйственного воздействия.....	122
Снытко В. А., Сизых А. П. Эколого-картографический мониторинг лесопользования	124
Журавлева К. С., Рябова Е. В. Популяция <i>Gypsophila paniculata</i> L. в Вятскополянском районе Кировской области.....	127
Гамаюнова А. Ю., Коротаева Н. Е., Боровский Г. Б. Изменение содержания водорастворимых полисахаридов в хвое сосны обыкновенной и ели сибирской при выходе из периода покоя.....	130
Фардеева М. Б., Сафиуллина Н. И. Устойчивость насаждений ели к катастрофическим природным явлениям	134
Рыболовлева Т. Е., Пересторонина О. Н. Семейство <i>Orchidaceae</i> Кировской области	138
Морозова К. В., Гуляева Е. Н. Анатомо-морфологические особенности листьев доминантных видов галофитов в условиях приливно-отливной зоны Белого моря (Карелия)	141
Чазова И. В., Шабалкина С. В. Сезонное развитие <i>Lycopus europaeus</i> . 145	
Савиных Н. П., Сивков А. А. Побегообразование чистеца болотного ... 148	
Савиных Н. П., Белоглазова Е. А. Побегообразование дербенника иволистного с позиции модульной организации	152
Князев Е. В., Зыкин А. Е., Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Возобновление <i>Pinus sylvestris</i> L. в зависимости от типа ассоциаций	155
Ершова А. В., Зыкин А. Е., Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Сравнительный анализ естественного и искусственного возобновления <i>Pinus sylvestris</i> L. в ООПТ «Медведский бор»	158
Кораблева О. В., Урбанавичуте С. П. Мониторинг растительного покрова в условиях рекреационного воздействия на экскурсионных тропах Керженского заповедника	160
Булдакова М. С., Дудин Г. П. Влияние сточных вод предприятий окрестностей г. Кирово-Чепецка на изменчивость растений ячменя сорта Изумруд во втором поколении.....	163
Гудовских Ю. В., Егошина Т. Л., Лугинина Е. А., Сулейманова В. Н. Редкие и охраняемые виды растений проектируемой ООПТ «Нямбойтинский» (Тазовский район ЯНАО)	166

Зыкин А. Е., Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Возобновление древостоя <i>Pinus silvestris</i> L. при чересполосных постепенных рубках в ООПТ «Медведский бор» Нолинского района Кировской области	169
Забабурин Е. А., Зыкин А. Е., Савиных Н. П., Пересторонина О. Н. К вопросу о сохранении сосняков ООПТ «Медведский бор»	172
Казакова А. Ю., Рябова Е. В. Экологический анализ флоры вблизи пгт. Песковка Омутнинского района Кировской области	176
Рынденкова И. С., Волкова Е. М. Различия экологических параметров местообитаний болотных фитоценозов Тульской области	178
Хрусталева М. А. Экобиогеохимические исследования лесных моренных ландшафтов	181
Бурков Н. А. О проблеме зелёных насаждений г. Кирова	184
Домнина Е. А., Едигарева Т. С. Изучение флористического сходства на участках мониторинга елового леса в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области	190
Князева Е. В., Тарасова Е. М. Некоторые особенности синантропизации флоры в условиях заповедного режима	193

СЕКЦИЯ 4

АДАПТАЦИИ ЖИВОТНЫХ И ИХ СООБЩЕСТВ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Ермакова О. В. Морфологические аспекты в оценке состояния популяции мелких млекопитающих из районов с повышенной радиоактивностью	196
Юрлов А. А., Сунцова Н. А. Генетический мониторинг условий среды на примере мышевидных грызунов	198
Кулакова О. И., Татаринов А. Г. Многолетняя динамика населения булавоусых чешуекрылых луговых сообществ средней тайги Республики Коми	201
Мазеева А. В., Кулакова О. И. Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhyalocera) памятника природы «Медведский бор» (Нолинский район, Кировская область)	204
Бакшеев К. О., Рябов В. М. Материалы к составу зимней орнитофауны на территории ООПТ «Дендрологический парк лесоводов Кировской области»	207
Рогожкина Ю. С., Шубин С. Е. Экологические группы рыб заповедника «Нургуш»	209
Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Структура сообществ паразитов хариуса из водоемов с охраняемых территорий (бассейн р. Печора)	213
Половой П. И., Рябова Е. В. Содержание сибирского углозуба (<i>Salamandrella keyserlingii</i> Dybowsky, 1870) в неволе, как способ сохранения вида	216
Двойнишникова М. Н., Целищева Л. Г. Динамика населения жуужелиц пойменных лесов в заповеднике «Нургуш» в 2012–2013 гг.	218
Островский А. М. Настоящие полужесткокрылые (Insecta, Hemiptera) юго-восточной Беларуси	222

Казакова Т. В., Ходырев Г. Н. Видовое разнообразие шмелей Нагорского и Юрьянского районов Кировской области	225
Островский А. М. Комары комплекса « <i>Culex pipiens</i> » (Diptera, Culicidae) природных и антропогенно трансформированных экосистем Беларуси	227
Пестов С. В. Беспозвоночные-хортобионты луговых экосистем в зоне влияния предприятия ОАО «Объединенная химическая компания Уралхим»	230
Корб С. К. Биотопическое распределение булавоусых чешуекрылых Нижегородской области (Lepidoptera, Rhopalocera)	235
Руднева И. И., Скуратовская Е. Н., Шайда В. Г., Ковыришина Т. Б., Стороженко Д. Ю. Параметры окислительного стресса тканей рыб как биомаркеры экологического состояния морских акваторий	238
Масленникова О. В., Шихова Т. Г., Панова С. В. Зараженность трематодами лосей Вятско-Камского междуречья	241
Масленникова О. В., Караваев Л. Л. Трофические связи лисицы среднего течения р. Вятки	243
Соловьева А. Г., Мартусевич А. К., Плеханова А. Д. Оценка дозозависимости модификации каталитических свойств лактатдегидрогеназы экзогенным оксидом азота <i>in vitro</i>	247
Давыдюк А. В., Мартусевич А. К., Соловьева А. Г., Плеханова А. Д. Состояние оксидоредуктаз эритроцитов при действии экзогенного донора оксида азота <i>in vivo</i>	250
Антосюк О. Н., Распопова Е. Д., Шихова С. В. Влияние цитостатиков антиметаболического ряда на пространственную структуру крыла линий дикого типа <i>Drosophila melanogaster</i>	253
Михонарова М. Ю., Чуйко Г. М., Михалева Л. С., Сунцова Н. А. Активность и субстратная специфичность холинэстеразы у <i>Dreissena polymorpha</i>	255
Шихова С. В. Генотоксический эффект аминоптерина и метотрексата на фертильность <i>Drosophila melanogaster</i>	257
Радюшкин Ю. Г., Воронин М. Ю., Хотько Н. И. Оценка эффективности устройств защиты птиц от поражения электротоком на воздушных линиях электро-передач 20 кВ и разработанных проектных решений по их использованию. К проблеме гибели птиц от поражения электрическим током на воздушных линиях электропередачи	261

СЕКЦИЯ 5

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Атутова Ж. В. Методология исследования естественных и антропогенно-преобразованных состояний геосистем	265
Петухова И. Ю., Албегова А. В. Некоторые аспекты наблюдений за состоянием окружающей среды вокруг объектов размещения бытовых отходов	268

Аникина А. В., Олькова А. С., Маханова Е. В., Березин Г. И.	
Оценка состояния почвенного покрова в районах расположения полигонов ТБО г. Кирова и г. Слободского Кировской области.....	273
Анищенко Л. Н., Онофрейчук О. Н., Борздыко Е. В. Показатель комплексного загрязнения почв г. Брянска элементами группы тяжелых металлов	277
Напрасникова Е. В., Белозерцева И. А. Экологическое состояние почв рекреационной зоны побережья оз. Байкал.....	281
Назаренко Н. Н., Свистова И. Д. Содержание тяжелых металлов в почвах урбанизированных экосистем г. Воронежа	283
Сунцова Е. С., Ашихмина Т. Я. Поведение техногенных и естественных радионуклидов в системе «почва – растение» в модельном эксперименте.....	286
Аникина А. В., Бармина Е. А., Шумихина М. А., Маханова Е. В., Олькова А. С. Определение фитотоксичности почвы в районах расположения объектов хранения твердых бытовых отходов г. Кирова и г. Слободского Кировской области	289
Чащина Е. В., Петухова Е. С., Ашихмина Т. Я. Фитотоксичность почв, загрязнённых соединениями аммонийного азота, железа и алюминия.....	294
Петухова Е. С., Кремсал А. В., Ашихмина Т. Я. Изучение миграционной способности цинка в присутствии соединений аммонийного и нитратного азота в системе почва – растение.....	297
Смирнова И. Э., Джамантиков Х. Д., Галимбаева Р. Ш. Биологический способ рассоления вторично-засоленных почв	301
Гордеева Т. Х., Малюта О. В., Митякова И. И., Курочкина М. А. Оценка степени антропогенно трансформированной экосистемы на примере песчаного карьера.....	304
Медведева Н. В., Олькова А. С., Орлова Ю. А. Действие нефтеперерабатывающего завода на экотоксичность почв в зоне его потенциального влияния.....	308
Злобина В. Л. Региональная оценка состояния грунтовых вод в условиях их антропогенной трансформации	311
Пыстина Т. Н., Кузнецова Е. Г. Оценка степени загрязнения растительности и почв в зоне воздействия Средне-Тиманского бокситового рудника	314
Ломовский А. И. Влияние антропогенного воздействия на загрязнение рек Тульской области тяжелыми металлами.....	318
Дудин Г. П., Булдакова М. С. Влияние действия сточных вод энергетики, химической промышленности и коммунального комплекса на наследственную изменчивость растений ячменя.....	321
Хорошавина М. В., Соловьёва Е. С. Гидрохимический анализ воды из водных объектов Кирово-Чепецкого и Кильмезского районов Кировской области.....	325
Миронова К. В., Савватеева О. А. Биоиндикация экологического состояния атмосферного воздуха г. Кашин Тверской области	327

Кантор Г. Я., Ашихмина Т. Я., Тимонов А. С., Новойдарский Ю. В. Оценка состояния атмосферного воздуха по материалам инженерно-экологических изысканий на территории в районе уничтожения химического оружия (ОУХО) «Марадыковский»	330
Домнина Е. А., Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я., Кардакова Е. М. Изучение состояния биоты в районе проектируемого полигона захоронения твердых промышленных отходов объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский»	334
Ашихмина Т. Я., Кантор Г. Я., Дабах Е. В., Тимонов А. С., Новойдарский Ю. В. Оценка состояния природных сред и объектов за период эксплуатации объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский»	335
Бакаева Е. Н., Остапова Н. И. Экотоксичность вод эвтрофных водохранилищ.....	338
Кутявина Т. И., Олькова А. С., Домнина Е. А., Ашихмина Т. Я. Определение качества воды Омутнинского водохранилища по данным химического и токсикологического анализов	342
Михалева Л. С., Комов В. Т., Михопарова М. Ю., Сунцова Н. А., Черникова Я. В. Изменение концентрации ртути в биотопе около Кирово-Чепецкого химического комбината.....	345
Хранилов Ю. П., Еремеева Т. В., Бобров М. Н., Деветьярова А. Д., Пьянкова М. В. Электрохимические технологии для утилизации цветных металлов из гальванических отходов.....	347
Мамонтова Е. В., Зяблицева М. П., Зяблицев В. Е. Системный анализ и математическое моделирование процесса обезвреживания солевых отходов производств органического синтеза.....	351
Радюшкин Ю. Г., Хотько Н. И. Проблемы медико-экологического обеспечения безопасности работ по выводу из эксплуатации, ликвидации или профилированию объектов хранения и уничтожения химического оружия. К характеристике основных факторов, влияющих на формирование медико-экологической ситуации	354
Кузнецова Е. О., Фокина А. И., Лялина Е. И., Олькова А. С. Применение метода инверсионной вольтамперометрии для изучения биоаккумуляции никеля	359
Лялина Е. И., Поникаровская Л. Н., Фокина А. И. Исследование влияния кислорода и меди (II) на содержание восстановленного глутатиона в водном растворе.....	362
Гудина А. Н., Лялина Е. И., Фокина А. И. Методика определения восстановленного глутатиона методом инверсионной вольтамперометрии	364
Некрасова Ю. Н., Дабах Е. В. Подвижность фтора в почвах техногенной территории	367
Селезнев Р. В., Кантор Г. Я., Rogozin И. В. Принципы автоматизации потенциометрического определения ионного состава водных растворов.....	370
Березин Г. И., Дабах Е. В. Изучение содержания тяжелых металлов в почвах в районе Кильмезского захоронения ядохимикатов	373

Домнина Е. А., Дьякова С. А. Оценка состояния атмосферного воздуха в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса по анализу снеговой воды..... 376

Лаптева Е. М., Виноградова Ю. А., Холопов Ю. В., Каверин Д. А. Функциональное состояние почвенных микробных сообществ урбоэкосистем (на примере г. Сыктывкар, Республика Коми)..... 379

СЕКЦИЯ 6

ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Снытко В. А., Широкова В. А., Низовцев В. А., Эрман Н. М., Озерова Н. А., Романова О. С. Смоленщина: родина и объект первых научных исследований Василия Васильевича Докучаева 382

Албегова А. В., Зарубина И. М. Экологическая культура общества, предприятия, человека 386

Бурков Н. А. Кировская область в эколого-экономических рейтингах России 394

Бурков Н. А., Штин А. В. Анализ структуры природоохранных затрат природопользователей Кировской области..... 399

Клепцов А. С., Бурков Н. А. Проблемы эффективности платы за негативное воздействие на окружающую среду..... 402

Шаров С. А., Ашихмина Т. Я. Система экологического менеджмента на объекте по хранению и уничтожению химического оружия п. Марадыковский 405

Сырчина Н. В., Ворожцова К. А. Экспресс-метод оценки влияния пищевых добавок на упруго-эластичные свойства пшеничного теста..... 408

Буторин К. Ю., Сырчина Н. В. К вопросу о возможности использования натурального ржаного продукта «СилаРжи» в качестве эффективного пищевого энтеросорбента 411

Салихова Г. И., Маркина Е. О., Сырчина Н. В. Сравнительная оценка пищевых энтеросорбентов по отношению к катионам металлов 415

Низамутдинова Л. Р., Ярмоленко А. С. Изучение влияния текстильных полотен на основе хлопка и лавсана на активность перекисного окисления липидов..... 418

Потапов С. В., Фокина А. И., Васильева О. Г. Автоматический непрерывный контроль состояния трансформаторного оборудования для обеспечения безопасности окружающей среды..... 420

Низамутдинова Л. Р., Ярмоленко А. С., Куклина К. В., Морилова Л. В. Огнестойкость текстильных полотен для обивки мягкой мебели 424

Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения комплексной системы снижения токсичности 427

Рогозин И. В., Шубин А. С., Сырчина Н. В. Регионально обоснованный подход к разработке программы коррекции массы тела..... 429

Утробина Д. Д., Береснева Е. В. Оценка уровня содержания йода в йодированной соли.....	432
Мамонтова Е. В., Зяблицев В. Е. Системный анализ и математическое моделирование – факторы оптимизации и экологической безопасности химико-технологических процессов	436
Титова В. А., Кантор Г. Я., Рутман В. В. Применение 3D-моделирования в проектной и образовательной деятельности Вятского государственного гуманитарного университета	439
Вартан И. А., Мокрушин С. Л., Соболева Е. С., Чепурнов Р. Р., Прокашев А. М. Геоэкологический, научно-познавательный и рекреационный потенциал долины Вятки.....	442
Хлебникова А. О., Прокашев А. М. Экологическая тропа – окно в природу родного края	445
Нелюбина А. А., Носкова Я. В. Оценка качества бензина физико-химическими методами анализа	449
Олькова А. С., Сырчина Н. В., Береснева Ю. В. Оценка воздействия растительных экстрактов на <i>Daphnia magna</i>	453

СЕКЦИЯ 1

АДАПТАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ГРУППЫ БИОРЕГУЛЯТОРОВ В КАЧЕСТВЕ ПРОТЕКТОРОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ЭКОЛОГИИ

М. С. Краснов¹, В. П. Ямскова², И. А. Ямсков²

¹ *Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,
embrmsk@mail.ru*

² *Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН,
yamskova-vp@yandex.ru*

Ранее, благодаря разработке нового экспериментального подхода нами была выделена группа регуляторных молекул эндогенного происхождения. От других молекул, участвующих в процессах регуляции, биорегуляторы данной группы отличаются своей способностью в низких дозах стимулировать восстановление и репарацию в патологически измененных тканях, т.е. они способствуют восстановлению структуры этих тканей и их функции. Было установлено, что в основе механизма действия данных биорегуляторов лежит их способность влиять на основные биологические процессы – клеточную адгезию, миграцию, дифференцировку, пролиферацию, а также активировать клеточные источники регенерации в тканях тех органов, которые являются источниками их выделения. В настоящее время биорегуляторы изучаемой группы были обнаружены практически во всех тканях млекопитающих – в печени, легком, сердце, тимусе, тонком кишечнике, железах и их секретах, сыворотке крови, а также в различных тканях глаза, и выделены в отдельную группу мембранотропных гомеостатических тканеспецифических биорегуляторов (МГТБ), благодаря сходству их физико-химических свойств и характера биологической активности (Ямсков и др., 2009; Ямскова и др., 2012). Кроме того, МГТБ были обнаружены также в тканях растений, у беспозвоночных животных и в грибах (Ямскова и др., 2012). Биорегуляторы данной группы имеют сложный состав. Они состоят из биологически активных пептидов, получивших название регуляторных пептидов и белков, модулирующих их биологическую активность – белков-модуляторов (Ямскова и др., 2009, 2012). Показано, что ионы кальция играют принципиальную роль в образовании комплекса между регуляторными пептидами и белками-модуляторами, наноразмерное состояние которого определяет специфическую активность биорегуляторов этой группы. Кроме белков-модуляторов и пептидов в состав биорегуляторов входят липиды и углеводы (Ямскова и др., 2012). Было показано, что исследуемые биорегуляторы имеют очень высокое сродство к ионам Ca^{2+} , которое превышает таковое у других

Ca^{2+} -связывающих белков (Ямскова и др., 2009, 2012). Методами динамического лазерного светорассеяния и атомно-силовой микроскопии было показано, что в растворах МГТБ присутствуют в виде наноразмерных частиц (50-200 нм) (Ямсков и др., 2009; Ямскова и др., 2012). Было показано, что исследуемые биорегуляторы локализованы во внеклеточном пространстве соответствующих тканей (Ямскова и др., 2012). Активность биорегуляторов животного происхождения данной группы характеризуется наличием тканевой, но отсутствием видовой специфичности (Ямскова и др., 2009, 2012). Экспериментально установлено, что биорегуляторы данной группы в малых дозах, стимулируют процессы восстановления и репарации в патологически измененных тканях, т.е. они способствуют восстановлению структуры этих тканей и их функции. На различных моделях *in vitro* и *in vivo* было продемонстрировано протекторное свойство биорегуляторов, которое выражалось в их влиянии на поддержание или восстановление структуры ткани. Например, МГТБ, выделенный из сыворотки быка, и МГТБ, выделенный из подорожника, способствуют восстановлению структуры ткани кожи у мыши после экспериментальной травмы *in vivo*. МГТБ, выделенный из хрусталика глаза, тормозит катарактогенез в эксперименте *in vitro*, и у человека (Ямскова и др., 2009). МГТБ, выделенный из роговицы, влияет на пролиферацию, поддерживает и стимулирует жизнеспособность клеточных источников регенерации в этой ткани (Ямскова и др., 2009). Биорегуляторы, выделенные из растений обладали также стимулирующим действием на проращивание и всхожесть семян (Куликова и др., 2011).

В основе действия МГТБ лежит их способность тканеспецифично активировать клеточные источники регенерации в ткани (стволовой отдел) (Ямскова и др., 2009, 2012). При действии МГТБ процессы заживления идут по механизму восстановления структуры ткани и ее функции, и при этом подавляется механизм развития стромального (глиального) рубца (Ямскова и др., 2012). Внеклеточно локализованные МГТБ, стабилизируют межклеточные адгезионные взаимодействия, обеспечивают поддержание структурной организации межклеточного пространства в тканях, обеспечивая, тем самым, прохождение «правильного» регуляторного сигнала, в том числе и к стволовым клеткам.

В сельском хозяйстве препараты, разработанные на основе биорегуляторов, предназначены для приготовления питьевых растворов, которые потребляют сельскохозяйственные животные вместо воды постоянно в качестве профилактических и лекарственных средств при различных заболеваниях (неинфекционных и инфекционных) желудочно-кишечного тракта, заболеваний верхних дыхательных путей. Их прием будет способствовать уменьшению падежа, особенно, среди молодняка, улучшению пищеварения, увеличению иммунного статуса животных и птицы, т.е. вызывать развитие процессов, приводящих к значительному улучшению состояния особей. МГТБ, выделенный из сыворотки крови крупного рогатого скота, является эффективным регулятором соединительной ткани у млекопитающих, обладает выраженным ранозаживляющим действием, проявляет свойства иммуномодулятора – стимулирует активность интерферонов в организме, способствует увеличению числа тканевых макрофагов. Проявляет противовирусную активность. МГТБ, выделенный из

ткани тонкого кишечника млекопитающих, проявляет протекторное действие в отношении эпителия тонкого кишечника, способствует его восстановлению, способствует быстрой репарации дефектов в ткани. Проявляет высокую противовирусную активность: на культуре эмбриональных клеток почек свиньи было продемонстрировано подавление инфекционных свойств вируса гриппа A/H5N1 *in vitro*. МГТБ, выделенный из ткани тимуса млекопитающих, стимулирует клеточный иммунитет, проявляет антивирусное действие.

Современный уровень техногенеза и связанных с ним экологических проблем не позволяет многим живым организмам, экосистемам и их компонентам самостоятельно восстанавливать свой биологический и ресурсный потенциал. Поэтому имеется острая необходимость разработки фундаментальных основ биоремедиационных мероприятий. Одним из перспективных и одновременно новых направлений в этой сфере является поиск и исследование природных защитных механизмов от негативных факторов, способов их активизации. Исходя из этого, представляется актуальным исследование протекторных свойств пептидных биорегуляторов, действие которых ранее не было оценено для мезо- и микрогидробинтов. В экологии применять исследуемые биорегуляторы можно в качестве биопротекторов при загрязнении водоемов и почв, за счет ослабления токсического действия и биодоступности загрязняющих веществ. Практическое применение данных биорегуляторов в дальнейшем позволит решать природоохранные, санитарно-гигиенические и другие задачи. Исследование их протекторных свойств для гидробионтов позволит заложить основы методов ремедиации водных объектов.

На основе МГТБ разработаны фармакологические препараты, представляющие собой стерильные, водно-солевые растворы биорегуляторов в СМД (Ямсков, Ямскова, 1998). В настоящее время разработано около 50 препаратов. МГТБ животного происхождения, оказывают влияние на ткани органов, которые являлись источником их выделения. Фармакологические препараты, созданные на основе биорегуляторов данной группы, не обладают побочным действием, не вызывают развития неблагоприятных реакций ни со стороны отдельных тканей, ни организма в целом. Их прием сочетается с применением других лекарственных средств. МГТБ в стерильных водно-солевых растворах сохраняют свою активность в течение многих лет, не изменяют ее при нагревании, замораживании-оттаивании, освещении и действии многих других физико-химических факторов. МГТБ, выделенные из растений, проявляют их лекарственные свойства (подорожник, алоэ, чистотел) (Краснов и др., 2003). В настоящее время разработаны и применяются в медицине фармакологические препараты, созданные на основе биорегуляторов, выделенных из сыворотки крови: Адгелон – глазные капли, для лечения кератопатий различной этиологии, особенно, при ожоговой болезни глаз, кератопластике, эрозии роговицы (Гундорова и др., 1977); Адгелон-раствор для инъекций имеет применение в травматологии и ортопедии – восстанавливает структуру гиалинового хряща, рекомендован при артрозах, хондромализиях, в реабилитационный период после артротомии, а также травм суставов.

Также до стадии клинических испытаний прошли некоторые глазные лекарственные препараты (Ямскова и др., 2009). На основе МГТБ, выделенного из хрусталика глаза, получен препарат Вилензин - глазные капли, который может применяться при катаракте хрусталика, начальной глаукоме, рекомендуется в качестве профилактического средства, предотвращающего помутнение хрусталика у людей пожилого возраста. На основе МГТБ, выделенного из ткани пигментного эпителия глаза, получен препарат Вимакон – глазные капли, который может применяться при макулодистрофии сетчатки глаза, для расширения поля зрения, восстановления сумеречного зрения. На основе МГТБ, выделенного из ткани сетчатки глаза, получен препарат Виретон – глазные капли, который может применяться при миопии, наследственной дистрофии сетчатки глаза, прогрессирующей близорукости. На основе МГТБ, выделенного из склеры глаза, получен препарат Висклерон – глазные капли, который может применяться при миопии (Ямскова и др., 2009).

Применение лекарственных средств, созданных на основе МГТБ, предполагает новый подход к профилактике и лечению наиболее распространенных патологий: во-первых, данные препараты инициируют процессы саморегуляции организма, стимулируют восстановление и репарацию в патологически измененных тканях; во-вторых – МГТБ присутствуют в препаратах в малых дозах, что устраняет риск возникновения побочного негативного действия и аллергических реакций практически до нуля.

Литература

Гундорова Р. А., Хорошилова-Маслова И. П., Ченцова Е. В., Илатовская Л. В., Ямскова В. П., Романова И. Ю. Применение адгелона в лечении проникающих ранений роговицы в эксперименте // Вопросы офтальмологии. 1997. Т. 113. № 2. С. 12–15.

Краснов М. С., Маргасюк Д. В., Ямсков И. А., Ямскова В. П. Действие новых регуляторных белков из растений в сверхмалых дозах // Радиационная биология и радиоэкология. 2003. № 3. С. 269–272.

Куликова О. Г., Ямскова В. П., Ильина А. П., Маргасюк Д. В., Молявка А. А., Ямсков И. А. Идентификация в луке репчатом (*Allium cepa* L.) нового биорегулятора, действующего в сверхмалых дозах // Прикладная биохимия и микробиология. 2011. Т. 47. № 4. С. 397–401.

Ямсков И. А., Благодатских И. В., Краснов М. С., Борисенко А. В., Маргасюк Д. В., Вечеркин В. В., Скрипникова В. С., Назарова П. А., Битко С. А., Березин Б. Б., Яминский И. В., Мешков Г. Б., Грачев С. А., Серебрякова М. В., Рыбакова Е. Ю., Ямскова В. П. Физико-химические свойства биологически активных в микродозах регуляторных белков, выделенных из различных тканей млекопитающих // Изв. АН Сер. Хим. 2009. № 3. С. 623–628.

Ямсков И. А., Ямскова В. П. Фармакологические препараты нового поколения на основе ранее неизвестных биорегуляторов-гликопротеинов клеточного микроокружения // Рос. хим. ж. (ЖРХО им. Д. И. Менделеева). 1998. Т. 42. № 3. С. 85–90.

Ямскова В. П., Краснов М. С., Ямсков И. А. Наноразмерные биорегуляторы тканей глаза млекопитающих как основа для фармакологических препаратов нового поколения // Изд. Макс Пресс: 2009. 84 с.

Ямскова В. П., Краснов М. С., Ямсков И. А. Новые экспериментальные и теоретические аспекты в биорегуляции. Механизм действия мембранотропных гомеостатических тканеспецифических биорегуляторов. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing. 2012. P. 136.

БИОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ФОРМАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. Т. Горшкова, О. Н. Урбанова, Н. В. Бортникова, А. И. Каримова

Институт проблем экологии и недропользования

Академии наук Республики Татарстан,

agorshkova@gmail.com

В Республике Татарстан около трёх тысяч рек имеют важное водохозяйственное значение, являясь чуть ли не единственными в пределах определённого бассейна источниками обеспечения производства и населения чистой водой. Несмотря на то, что заборы и сбросы воды регламентируются, нагрузка сказывается на снижении самоочищения природных вод. Не является исключением и 186-километровая равнинная р. Мёша с целевым назначением сельскохозяйственного водопользования. Практически вся территория бассейна площадью 4180 км² распаханна. Кроме того, приблизительно на каждом километре реки расположены фермы по разведению свиней и крупного рогатого скота, а также летние выпасные лагеря для нагула животных и водопой. Все подобные предприятия используют систему открытого гидросмыва. Мониторинг экологического состояния указывает на стабильность биогенного загрязнения реки уже на протяжении пятидесяти лет, что позволяет называть загрязнение хроническим. И, по-видимому, чем больше наносов поступает с распаханной и обезлесённых речных бассейнов, тем большая шероховатость поверхности требуется для их фильтрации. Эта шероховатость, отчасти, обеспечивается разрастанием плантациями водной и околоводной растительности.

Отсутствие эффекта разбавления при равенстве величины поступающего загрязнения общему объёму стока реки и недостаток взаимодействующих компонентов биологического слоя вод априори предопределяет снижение потенциала саморегуляции природных вод. В результате чрезмерной нагрузки биогенного характера качество воды основного течения этой реки очень низкое. Об этом говорит и общая оценка самоочищения, относящегося к категории пассивного, что, в свою очередь, говорит о деградации биологических систем водотока и, соответственно, о биологической неполноценности его вод. Однако при том, что биологический слой основного руслового течения малоактивный, представлен он достаточно полноценным сбалансированным количеством разнообразных видов в сообществах. Мёша относится к тем рекам, среднее течение которых транзитом транспортирует загрязнение в нижнюю часть речной долины, в местах ассиметричных разливов которой, как правило, интенсифицируется самоочищение. Однако, в частности, планктон большинства других идентичных рек не столь разнообразен. Учитывая, что по результатам дешифровки космоснимков руслового тока Мёши, количество участков зарастания её русла макрофитовыми формациями укладывается в 30%, было предположено, что эти растительные плантации играют важную роль в поддержании стабильности водных биоценозов. В целях выяснения механизма самоочищения, в процессе комплексного обследования реки, были заложены три площадки площа-

дью (30 м²) для исследования функционирования естественных растительных формаций, расположенных на перекошенных грядах слабоизогнутого русла в верхнем, среднем и нижнем течении реки вне зоны подпора водохранилища.

Бесспорно, плантации полупогружённой и погружённой растительности хорошо прогреваемых литоральных зон рек служат, в первую очередь, механической преградой для скоростного транзитного течения, ослабляя и расслаивая его, а морфофизиологическое строение тел растений обуславливает многообразие экологических ниш для многих разнофункциональных групп гидробионтов, обеспечивающих процесс самоочищения воды.

Идентификация растений показала наличие только 3 видов на плантации в верхнем течении реки, 27 – в среднем течении и 23 – в нижнем. В формации верхнего течения растения были представлены в равных долях и отмечены индексом «sparsus» по шкале обилия О. Друде (Смирнова, 2002). В среднем течении – 44,4% отмечены индексом «sparsus», 37,1% представляли виды с явным приоритетом, но не устанавливающие фона – «copiosus», 11,1% – встречающиеся единично – «solitarius» и 7,4% – приоритетные для мозаичного биотопа с 80% долей представительства – «sociales». В нижнем течении 47,8% видов отмечены индексом «sparsus», 21,7% – «copiosus», 13% – «solitarius», по 8,7% – «sociales» и «unicus» – индекс, присваиваемый растениям, встречаемым только один раз. Доминантом плантаций макрофитов в устьевой зоне реки является рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.).

Исследования показали, что второстепенные течения, проходящие сквозь заросли макрофитовых формаций, значительно улучшают свои характеристики. При этом в верховье реки заметных изменений не фиксируется, по-видимому, в силу отсутствия прессинга загрязнения. Но уже в среднем течении численность сапрофитных бактерий снижается после прохождения зарослей на целый порядок – с 20,0 тыс. кл./мл до 2,0 тыс. кл./мл, нефтеокисляющих – с 6,0 тыс. кл./мл до 0,1 тыс. кл./мл; от патогенной микрофлоры, в частности, от бактерий кишечной и тифо-паратифозной групп вода освобождается полностью – с 0,3 кл./мл до 0. В зависимости от концентрации органики и состава солей, поступающих с загрязненными сточными водами, наблюдаются локализованные пятна скопления цианобактерий. После прохождения зарослей макрофитов в составе фитопланктона появляются о-сапробы: *Melosira italica* (Ehrenberg) Kützing (o-b), *Tribonema minus* (Wille) Hazen (o), *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kützing (o), *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehrenberg) Kirchner (o), *Eunotia robusta* Ehrenberg (o), *Peridinium bipes* Stein (o) и др. Немногочисленный и малоразнообразный зоопланктон дозарослевого течения представлен в основном доминантными видами: из коловраток – родом *Brachionus*, из ветвистоусых ракообразных представителями родов *Daphnia* и *Bosmina*, из веслоногих – *Cyclops*, *Paracyclops*, *Acanthocyclops*. После зарослей качественный состав зоопланктона обогащается, появляется и категория хищников, по-видимому, «убирающая» излишки «мирных» биосорбентов, которые были необходимы в большом количестве при утилизации загрязнения в самих зарослях.

Среди коловраток прочно входит в состав *Keratella quadrata* Muller (в нижнем течении постоянно удерживающая позиции доминанта), среди ветви-

стоусых, наряду с теми же представителями родов *Daphnia* и *Bosmina*, появляются *Pleurosis striatus* Schoedler, *Rinchotalona rostrata* Koch, *Sida cristallina* Muller, *Diafanosoma brachiurum* Lievin.

Приведенный к специальным индексам гидробиологический анализ четко отражает изменение ситуации в сторону её улучшения: до зарослей в среднем течении Мёши, например, индекс сапробности по Пантле и Буку составлял 3,85 баллов, что означает принадлежность водной среды обитания к альфа-мезосапробной – значительно загрязненной зоне, после контакта с зарослями макрофитов индекс выравнился до 2,6 баллов – до бета-мезосапробного качества уже умеренно-загрязненных вод (Мелентьева, 1987).

Гидрохимический анализ воды также подтверждает улучшение ее качества после прохождения течения через заросли макрофитов. В два с половиной раза снижается количество взвешенных частиц, в 1,7–2,0 раза снижается представительство азотной группы, выравнивается количество сульфатов, фосфатов, хлоридов. Незначительно, но изменяется и общая жесткость воды. Заметно улучшается кислородный режим – если в открытом течении реки содержание растворённого кислорода держится на уровне 2,8–3,4 мг/л, то на выходе течения из зарослевых плантаций его количество повышается до 8,0 мг/л в среднем течении и до 9,4 мг/л – в нижнем. Картину кислородного режима строго повторяет и определение химического потребления кислорода (ХПК). Однако следует заметить, что очистке подвергаются в основном легкорастворимые фракции загрязняющих веществ. Контрольные замеры качества вод у дна в русловой части реки говорят о значительном загрязнении придонных слоев воды. Специалисты предполагают, что тяжелые фракции загрязнений сносятся речным потоком в водохранилищное ложе, способствуя образованию токсичных сапропелей и биологически неактивных илов, прогрессивное накопление которых фиксируется на дне Камско-Устьинского плеса Куйбышевского водохранилища, прямой выход в который имеет и Мёша. К тому же, самоочищению подвергается только та часть речного стока, которая проходит сквозь заросли водной растительности, в русловом транзитном потоке воды, как подтверждают исследования, загрязнение только транспортируется вниз по течению.

В верхнем течении заметных изменений с водной средой не отмечалось, по-видимому, вследствие отсутствия какого-либо серьезного уровня привносимого загрязнения. Этот факт наводит на мысль, что в естественных условиях скопления высших водных растений без какой-либо специфической физиологической нагрузки, например, предполагаемой мобилизационной, вызванной обстоятельствами, способностью синтезировать более обычной нормы какие-либо экзаметаболиты, прямо или косвенно интенсифицирующие самоочищение, более равномерно выполняют роль стабилизатора гомеостаза в окружающей среде, обеспечивая бесперебойную работу природных механизмов саморегуляции.

Таким образом, при неблагоприятной экологической ситуации, которая сложилась на водосборе р. Мёша, растительные сообщества побережья и мелководий играют наиглавнейшую роль в самоочищении окружающей среды. Благодаря эффекту замедления скорости течения и обеспечения дополнитель-

ного субстрата обитания, на участках зарастаний активизируется весь комплекс гидробионтов, участвующих в процессах самоочищения природной воды, обеспечивая поэтапную утилизацию, трансформацию и седиментацию загрязняющих веществ. Кроме того, в целях эволюционного самосовершенствования сообществ водных экосистем вырабатывается механизм адаптации к хроническому типу загрязнения, по крайней мере, на популяционном уровне, хотя заметны и некоторые формы индивидуальных морфофизиологических изменений у некоторых видов зоопланктона, особенно часто среди представителей группы *Сорерода*. Например, наблюдается удлинение щетинок каудальных ветвей, антенн, общей опушенности и увеличения массы тела веслоногих ракообразных. По-видимому, это одно из проявлений адаптации организмов, необходимых им для повышения плавучести и приобретения большей мобильности движения в измененной по плотности, допустим, за счёт развития бактериопланктона, среде обитания. Последнее наблюдение, безусловно, является отдельным перспективным предметом изучения для гидробиологов.

Обнаруживающиеся расхождения в идентификации видового состава и количественном учете растений мелководных участков р. Мёша указывают на необходимость разработки принципиально новой унифицированной методики обследования, за основу которой можно взять примененный нами метод изучения выборочных равноплощадных участков зарастаний, заложенных с определенной пространственной частотой, которая, в свою очередь, определяется конкретными задачами исследований. Разработка и применение новых методологических подходов позволяет выявлять и некоторые новые особенности в процессах формирования флористических и фаунистических сообществ в условиях хронического и превосходящего пределы терпимости экосистемы уровня антропогенных нагрузок.

Литература

Мелентьева Р. Р. Методы определения качества вод: Методические разработки для большого практикума. Казань: Изд-во КГУ, 1987. 23 с.

Смирнова О. В., Ханина Л. Г., Бобровский Н. А. Руководство по полевой практике – методы сбора и первичного анализа геоботанических и демографических данных // Сохранение и восстановление биоразнообразия. М.: Изд-во науч. и учебно-методического центра, 2002. 286 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОВ РАЗЛИЧНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В РАСТЕНИЯХ ЯЧМЕНЯ

*М. П. Чирухина¹, К. В. Жебелюк¹, В. А. Князева¹,
А. С. Ярмоленко¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}*

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

ecolab2@gmail.com

В современном мире синтезируются и применяются десятки полимеров различной химической природы. Активное использование полимеров в хозяйственной и бытовой деятельности человека приводит к загрязнению природных сред. В окружающую среду поступают сами полимеры, мономеры, различные добавки (композиционные материалы), продукты деструкции полимеров и композиционных материалов. Практически все эти вещества являются ксенобиотиками и представляют опасность для живых организмов и человека.

Оценить степень токсичности полимеров для живых организмов можно по ответным биохимическим реакциям растений. Известно, что в ответ на действие стрессоров в растительных клетках увеличивается содержание активных форм кислорода, возрастает активность антиоксидантных ферментов, идет накопление веществ с антиоксидантными свойствами. При высокой силе стрессора антиоксидантные системы не справляются с возрастающим уровнем активных форм кислорода (АФК) и начинаются процессы окислительного повреждения белков, липидов и других молекул (Полесская, 2007). Показатели активности пероксидаз и интенсивности процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растительных клетках могут быть использованы в качестве индикаторов токсичности изучаемых веществ.

Цель работы: изучение влияния водной вытяжки из полимеров на активности пероксидаз и интенсивность процессов ПОЛ в растениях ячменя.

Объекты исследования:

1. Резиновые смеси на основе полиизобутилена: полиизобутилен (ПИБ), ПИБ+ХБК (хлорбутилкаучук);

2. Пробковые покрытия: техническая пробка (ТЕХ), плавающее пробковое покрытие (МДФ), клеящееся пробковое покрытие (ЛАК), пробковый агломерат (А);

3. Пластомеры на основе полиэтилена и севиленена.

Приготовление водной вытяжки из изучаемых веществ: образцы измельченной пробки массой 20 г заливали 230 мл дистиллированной воды, образцы измельченных полимеров массой 30 г заливали 100 мл дистиллированной воды. Далее колбы закрывали и выдерживали в темноте 7 суток при комнатной температуре (20–22 °С). Полученную вытяжку отфильтровывали через бумажный фильтр, фильтрат использовали для опытов.

Семена ячменя сорта Новичок проращивали в присутствии водных вытяжек из полимеров. Изучали влияние водных вытяжек на активность процессов ПОЛ в корнях ячменя на 2 и 4 сутки после закладки опыта. Контроль – дистиллированная вода.

Интенсивность ПОЛ определяли по накоплению в растительных тканях продукта перекисного окисления липидов – малонового диальдегида, который образует окрашенный комплекс с тиобарбитуровой кислотой (ТБК) (Лукаткин, 2002). Навеску массой 0,6 г сырой растительной ткани гомогенизировали в 10 мл среды выделения (0,1 моль/л ТРИС· HCl буфер pH=7,6, содержащий 0,35 моль/л HCl). К 3 мл гомогената добавляют 2 мл 0,5% ТБК в 20% трихлоруксусной кислоте (ТХУК), инкубировали в кипящей водяной бане в течение 30 мин. вместе с контролем (среда выделения + ТБК с ТХУК). Определяли оптическую плотность фильтратов на спектрофотометре при длине волны 532 нм.

Активность пероксидазы в растительных тканях определяли фотометрически при длине волны 470 нм. Метод основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении гваякола за минуту (Методы ..., 1987).

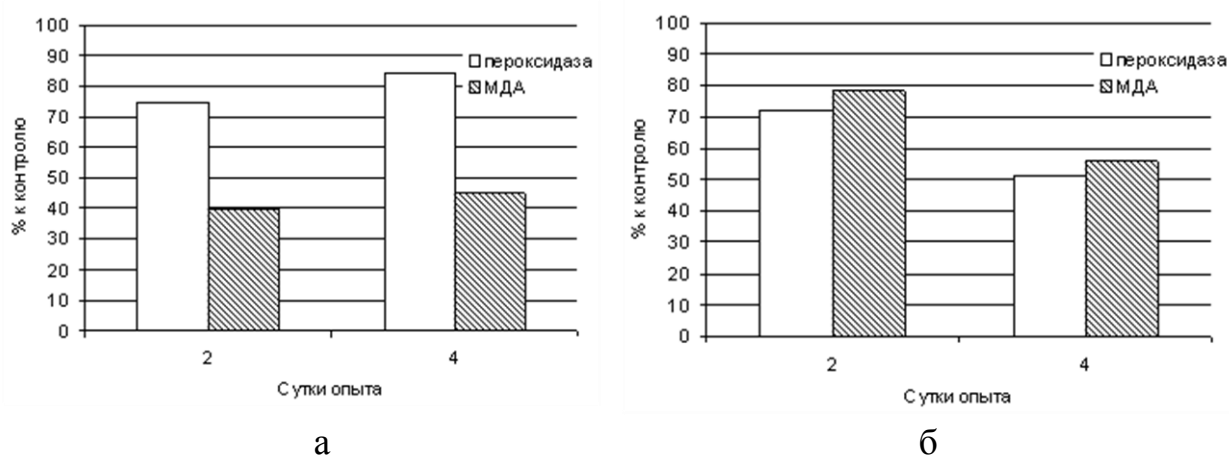


Рис. 1. Влияние водных вытяжек из резиновых смесей на активность пероксидаз и интенсивность процессов ПОЛ в корнях ячменя: а –полиизобутилен, б –хлорбутилкаучук

При изучении влияния водных вытяжек из резиновых смесей на основе ПИБ выяснено, что активность пероксидаз и интенсивность ПОЛ в растительных клетках не превышала данных показателей в контрольных растениях (рис. 1). В опытах с водной вытяжкой из ПИБ отмечали существенное, более чем в 1,5 раз снижение интенсивности ПОЛ в корнях ячменя, которое сохранялась в течение 4 суток наблюдений. Активность пероксидаз в корнях ячменя в присутствии водной вытяжки их ПИБ была близка к контролю. В варианте с тестированием водной вытяжки и ПИБ+ХБК активность пероксидаз и интенсивность ПОЛ на 2 сутки составляла 70 и 80% по сравнению с контролем соответственно. На 4-е сутки опыта отмечали снижение данных показателей на 20%, по сравнению с результатами, полученными на 2 сутки опыта. Низкий уровень активности пероксидаз и интенсивности ПОЛ свидетельствует о том, что тести-

руемые вещества вызывают метаболические перестройки в клетках, направленные на адаптацию растений к действию тестируемых веществ.

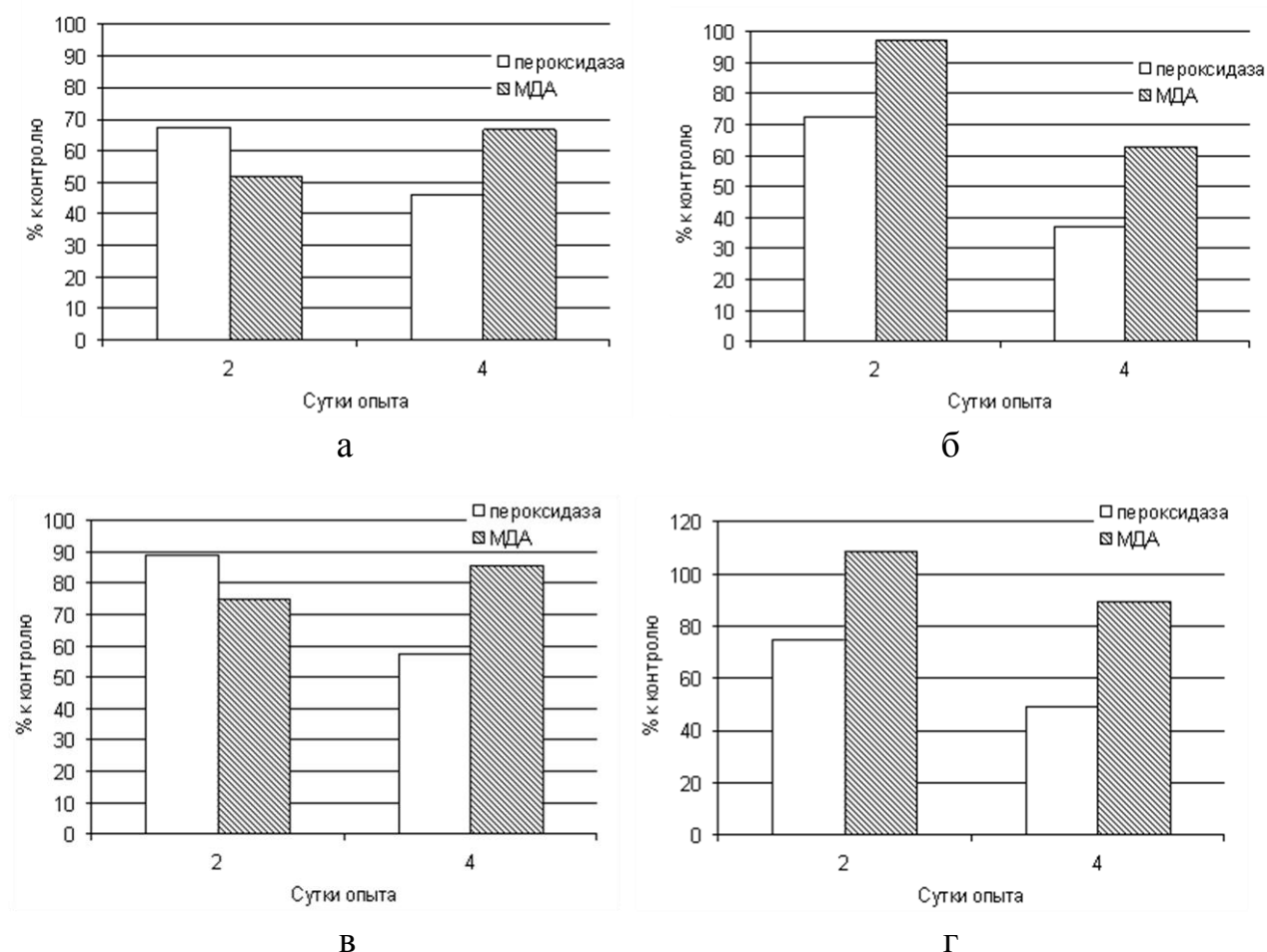


Рис. 2. Влияние водных вытяжек из пробковых покрытий на активность пероксидаз и интенсивность процессов ПОЛ в корнях ячменя:
а – техническая пробка, б – плавающее пробковое покрытие, в – клеящееся пробковое покрытие, г – пробковый агломерат

Изучены эффекты водных вытяжек из пробковых покрытий на интенсивность окислительных процессов в растительных клетках (рис. 2). Установлено, что под влиянием водных вытяжек из пробковых покрытий ТЕХ и ЛАК на вторые сутки опыта активность пероксидаз в клетках была выше, чем интенсивность процессов ПОЛ (рис. 2 а, в). На 4-е сутки, напротив, уровень ПОЛ в клетках был выше, чем активность пероксидаз. Такая ответная реакция свидетельствует о том, что тестируемые вещества вызывают возрастание уровня АФК, в ответ в клетках идет активация антиоксидантных ферментов, к числу которых относится пероксидаза. Далее происходит рост интенсивности окислительных процессов, вызванных АФК, о чем свидетельствует повышение уровня МДА в клетках на 4-е сутки опыта.

В вариантах с действием водных вытяжек из пробковых покрытий МДФ и А отмечали иную картину изменений активности окислительных процессов (рис. 2 б, г). Уже на 2-е сутки опыта интенсивность процессов ПОЛ в клетках была в 1,2–1,3 раза выше, чем активность пероксидаз. Далее, на 4-е сутки, от-

мечали снижение интенсивности окислительных процессов в растительных клетках.

Различия в ответных биохимических реакциях растений, по-видимому, обусловлены отличиями в химическом составе тестируемых водных вытяжек. Изучаемые показатели не превышали уровня контрольных растений, что указывает на отсутствием существенного токсического эффекта тестируемых вытяжек на жизнедеятельность растений.

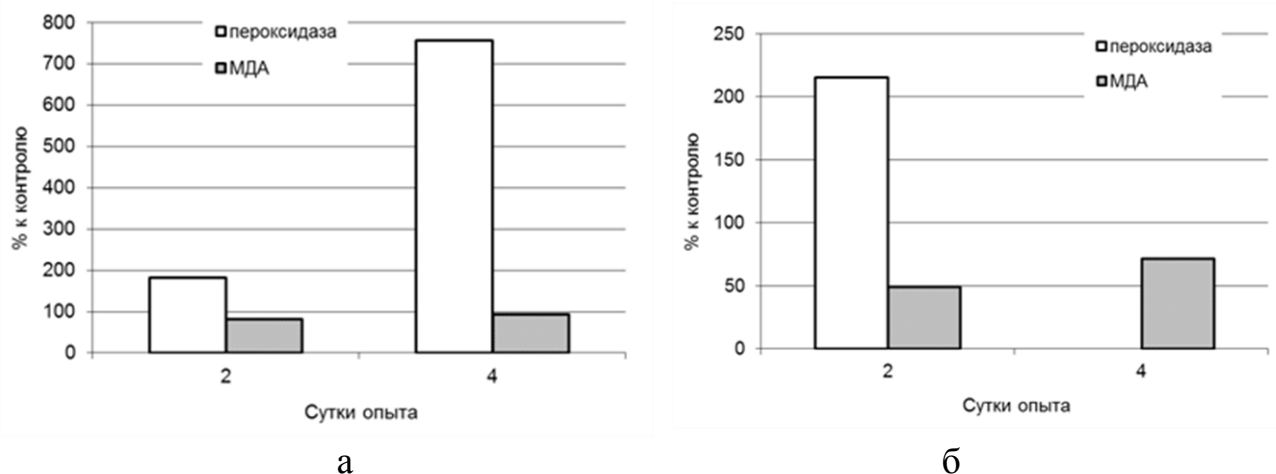


Рис. 3. Влияние пластимеров на основе полиэтилена (а) и севиленана (б) на активность пероксидаз и интенсивность ПОЛ в корнях ячменя

Изучено влияние водной вытяжки из пластимеров на интенсивность окислительных процессов в корнях ячменя (рис. 3). По сравнению с другими вариантами опыта, вытяжки из пластимеров вызывали значительную активацию пероксидаз. Рост активности пероксидаз свидетельствует о существенном повышении содержания перекиси водорода и развитии окислительного стресса в растительных клетках. В опыте с тестированием вытяжки из полиэтилена активность пероксидаз в клетках была в 2 и 7 раз выше, по сравнению с контролем, на 2 и 4 сутки опыта соответственно. Активацию пероксидаз в 2 раза по сравнению с контролем отмечали в опыте с тестированием водной вытяжки из севилена. О высокой токсичности севилена свидетельствует торможение развития проростков. В варианте с тестированием водной вытяжки из севилена отмечали только рост корней, роста побега не происходило.

На основе проведенных опытов можно сделать вывод, что водные вытяжки из полимеров вызывают изменение интенсивности окислительных процессов в растительных клетках. В опытах с тестированием вытяжек из резины и корковых покрытий отмечали изменения активности пероксидаз и интенсивности ПОЛ в корнях ячменя, однако, интенсивность окислительных процессов была ниже, по сравнению с контрольными растениями. Выявленные изменения окислительных процессов свидетельствуют об адаптационных перестройках в растительных клетках в присутствии вытяжек из резины и корковых покрытий. В опытах с водной вытяжкой из полимеров, отмечали значительную активацию пероксидаз в корнях ячменя, что свидетельствует о высокой токсичности данных соединений для растений. Показатели активности пероксидаз и интенсив-

ности ПОЛ могут быть использованы для биотестирования токсичности водных вытяжек из полимеров.

Литература

Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск, издательство Мордовс. ун-та, 2002. 208 с.

Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. М.: КДУ, 2007. 140 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ПЛАСТИКАТОВ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

*А. С. Олькова, В. С. Крюков, Д. В. Будина,
К. А. Жилин, М. Н. Черемухин*

*Вятский государственный гуманитарный университет,
morgan-abend@mail.ru*

Синтетические полимерные материалы относятся к классам соединений, относительно недавно используемым человеком – с 60-х гг. XX века (Штильман, 2006). Высокомолекулярные полимерные материалы, представленные пластмассами, резинами, синтетическими волокнами, нашли широкое применение в быту, промышленности, медицине и других сферах жизни. Их потребительские свойства крайне разнообразны и высоко ценятся.

К сожалению, есть и негативные аспекты использования синтетических полимеров. Большинство из них относятся к небiorазлагаемым материалам, усугубляя экологическую проблему твердых бытовых отходов. Например, полиэтилен способен выдерживать воздействие солнечного света и кислорода воздуха в совокупности с воздействием тепла и влаги без заметного химического разрушения десятки лет (Зезин, 1996).

Другие полимеры – полипропилен и поливинилхлорид (ПВХ) – могут частично разрушаться в окружающей среде, загрязняя её продуктами деструкции. Например, действие на поливинилхлорид повышенных температур приводит к выделению разнообразных низкомолекулярных хлорированных органических веществ, отличающихся высокой токсичностью, в том числе канцерогенностью (Зезин, 1996).

Целью нашей работы стало исследование токсикологических свойств высоко-, средне- и низкопластифицированных образцов поливинилхлоридных пластикатов в условиях моделирования воздействия на них природных вод.

Схема эксперимента предполагала: получение ПВХ-пластикатов разных рецептов, приготовление из них водных вытяжек, биотестирование экстрактов с помощью рачков *Daphnia magna* Straus по смертности и плодовитости особей, повторное приготовление водных вытяжек из ПВХ пластикатов, использованных в первой серии эксперимента, и их аналогичное тестирование.

Образцы готовились нами по общепринятым технологиям изготовления ПВХ-пластиков. Использовали следующие компоненты: ПВХ-полимер, пластификатор ди(2-этилгексил)ортофталат (ДОФ), регулятор вязкости (смесь непредельных углеводородов), эпоксидированное растительное масло, комбинированная смазка, Mg-Zn-термостабилизатор.

В итоге исследуемые ПВХ-пластики принципиально отличались ПВХ-полимерной основой и количеством пластификатора ди(2-этилгексил)ортофталата (ДОФ), от доли которого зависит эластичность изделий. Из высокопластифицированного образца (ВПЛ) изготавливают мягкие изделия, из среднепластифицированного (СПЛ) – среднежесткие, из низкопластифицированного (НПЛ) – полужесткие.

Подготовленные для испытаний образцы ПВХ-пластиков представляли собой плоские круглые гибкие пластины диаметром 13–14 см, толщиной 3–4 мм, окрашенные в бледно-оранжевый цвет. От большинства образцов ощущался специфический устойчивый запах.

Далее полученные образцы нарезались на мелкие кубики размером 4–6 мм и проводилась экстракция. Бралась навеска в расчете 50 г образца на 500 мл питьевой воды. Данное соотношение твердой и жидкой фазы (1:10) рекомендовано методами биотестирования при приготовлении водных вытяжек из твердых отходов (ФР.1.39.2007.03222, 2007).

Одновременно моделировали воздействие холодной (20 °С) и горячей (70 °С) воды. В качестве контроля, а также экстрагирующей жидкости использовали артезианскую воду питьевого качества. Вытяжки из одних и тех же образцов готовились два раза. Первичной экстракцией моделировали контакт водной среды с новым изделием из ПВХ. Результаты анализа вторичных экстрактов показывали – снижается ли токсический эффект при последующем контакте с водой.

Вытяжки готовились в течение 2 часов на встряхивающем устройстве. По истечению времени вытяжки отстаивались еще в течение получаса, после чего водная вытяжка фильтровалась. Полученный фильтрат считали 100%-ной тестируемой средой, также готовились разбавления исходной среды.

Результаты биотестирования отражены в таблице.

По истечении 4 дней по смертности дафний устанавливали острую токсичность. Высокопластифицированный образец оказался наиболее безопасным: из четырех вариантов вытяжек, приготовленных из него, только одна оказывала острое токсическое действие. В долгосрочном эксперименте ВПЛ-образец оказывал хроническое токсическое действие, прежде всего, по критерию гибели взрослых особей. На примере вторичной вытяжки показано, что выживаемость рачков значительно повышается при разбавлении исходного экстракта в 4 и более раз.

При тестировании первичной 100%-ной вытяжки (ВПЛ) контакт ПВХ-пластика с холодной водой не угнетал плодовитости ракообразных, а с горячей – достоверно снижал показатель почти в 3 раза. Ситуация изменилась на противоположную при исследовании вторичного экстракта: в «холодной» вытяжке рачки были не способны принести потомство, а в «горячей» наблюдалось мак-

симальное среди всех серий опыта увеличение рождаемости, по сравнению с контролем. Возможно, это связано с тем, что высокая температура контактирующей среды обеспечивает максимальную миграцию веществ из ПВХ-пластиката при первичном контакте с водой. Далее пластикат остается стабильным. В случае с экстракцией холодной водой процесс миграции вредных веществ из образца продолжителен.

Таблица

Степень токсичности поливинилхлоридных пластикатов

Вариант		Наличие острой токсичности				Отношение плодовитости в опытном варианте к контрольному, раз				Смертность взрослых особей на 24 день, %			
		I		II		I		II		I		II	
		22° С	70° С	22° С	70° С	22° С	70° С	22° С	70° С	22° С	70° С	22° С	70° С
ВПЛ	100	–	–	+	–	1,2	0,4	0	10,4	40	90	–	86,7
	50	–	–	–	–	Не определяли		3,5	0,2	Не определяли		90	73,3
	25	–	–	–	–			2,1	1,3			3,3	3,3
	10	–	–	–	–			1,6	0,9			3,3	0
СПЛ	100	+	+	+	+	0	0	0	0	–	–	–	–
	50	–	+	+	–	0,7	0	0	0,8	20	–	90	30
	25	–	–	+	–	0,5	0,4	0	1,1	3,3	40	–	3,3
	10	–	–	–	–	0,5	0,3	0,9	0,8	0	16,7	6,7	3,3
НПЛ	100	+	+	+	+	0	0	0	0	–	–	–	–
	50	+	–	+	+	0	0,4	0	0,1	–	100	96,7	60
	25	–	–	–	–	0,3	0,2	1,6	0,7	100	36,7	3,3	13,3
	10	–	–	–	–	0,7	0,2	1,5	0,9	23,3	10	0	0

Примечание: I – «первичная вытяжка», II – «вторичная вытяжка».

Средне- и низкопластифицированные образцы оказались менее благополучны с точки зрения токсического действия на гидробионтов. Вытяжки из них оказывали острое токсическое действие на ракообразных как при тестировании первичного, так и вторичного экстракта, причем эффект сохранялся в некоторых вариантах при разбавлении исходной вытяжки питьевой водой (табл.). Плодовитость дафний в тех опытных вариантах, где они сохраняли жизнеспособность, была в большинстве случаев угнетена.

Разбавления первичной вытяжки из СПЛ-образца не позволили достигнуть контрольного уровня плодовитости особей. При повторной экстракции рождаемость в опытных вариантах была на уровне с контрольными значениями. Сохранилась тенденция снижения токсичности вторичной вытяжки, приготовленной горячей водой.

Низкопластифицированный образец следует признать наиболее опасным. Способность к размножению в вариантах опыта по сериям разбавлений схожа с данными, полученными для среднепластифицированного образца. Однако для обсуждаемого пластиката (НПЛ) выявлена наибольшая гибель взрослых особей к концу эксперимента, то есть образец негативно влияет как на плодовитость особей, так и на продолжительность жизни дафний.

Таким образом, опытным путем установлено, что рецептуры ПВХ-полимеров с более высоким содержанием пластификатора (ВПЛ образцы) являются менее токсичными, несмотря на потенциальную опасность ДОФ.

Выявлена тенденция повышенной степени токсичности первичных вытяжек, приготовленных горячим способом, тогда как аналогичные повторные вытяжки характеризовались меньшей токсичностью. Эффект, вероятно, связан с разной скоростью миграции некоторых составляющих композиции в условиях низких и высоких температур.

Поиск безопасных рецептур необходимо вести в направлении оптимального соотношения ПВХ-полимера, пластификатора и термостабилизатора.

Литература

Зезин А. Б. Полимеры и окружающая среда // Соросовский образовательный журнал, 1996. № 2. С. 57–63.

Штильман М. И. Полимеры медико-биологического назначения. М.: Академкнига, 2006. 400 с.

ФР.1.39.2007.03222 Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: Акварос, 2007. 48 с.

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ СЕТЧАТОЙ И ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ НУЛЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ ФУНГИЦИДАМИ

М. В. Черемисинов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Современные малотоксичные фунгициды протравители семян обладают длительным защитным действием против комплекса болезней, но наряду с защитным действием они могут обладать побочным мутагенным действием на растения ячменя (Помелов, 2009).

Для проведения опыта были выбраны препараты фунгициды в период вегетации: амистар-экстра, фалькон, колосаль, широко применяемые для защиты растений в период вегетации от грибных болезней.

Посев нулевого поколения (M_0) производился на делянках площадью 1 м^2 . В каждом варианте высевалось по 500 зерен на 1 м^2 .

Посевы ячменя сорта Биос-1 обрабатывались препаратами в фазу кущения с расходом рабочей жидкости 300 литров на гектар (30 мл рабочего раствора на 1 м^2).

Имеются данные о том, что химический протравитель винцит, не влияет непосредственно на синтез ДНК, но повреждает некоторые фазы митоза, вызывая нерасхождение образовавшихся после удвоения ДНК хроматид.

Для изучения фунгицидов амистар-экстра, фалькон и колосаль, схема опыта включала следующие варианты: контроль (опрыскивание водой 300 л/га); амистар-экстра 0,1 л/га; амистар-экстра 1 л/га; амистар-экстра 5 л/га;

фалькон 0,06 л/га; фалькон 0,6 л/га; фалькон 3 л/га; колосаль 0,1 л/га; колосаль 1 л/га; колосаль 5 л/га.

В нулевом поколении проводили учет полевой всхожести семян, пораженности растений сетчатой и темно-бурой пятнистостью, выживаемости растений и динамику их развития в течение вегетации.

В нулевом поколении, начиная с фазы кушения, после обработки растений проводили учет степени развития сетчатой и темно-бурой пятнистости. Выборка с каждого варианта составляла 60 растений, 15 с каждого повторения.

После уборки у растений анализировали элементы структуры продуктивности (общая и продуктивная кустистость, длина стебля и колоса, количество колосков и зерен в колосе, масса зерна с главного колоса). Для сравнения развития количественных признаков растений ячменя в опытных вариантах был использован средний суммарный показатель депрессии или стимуляции.

Изучаемые в опыте факторы оказали различное влияние на процессы роста и развития ячменя в нулевом поколении. Так как обрабатывали растения в фазу кушения, всхожесть растений ячменя сорта Биос-1 находилась в пределах ошибки опыта.

Наблюдались различия между вариантами при прохождении фаз развития у растений нулевого поколения. Максимальные нормы расхода вызывали фитотоксическое действие (растения выглядели подсушенными), сразу после обработки растений в фазу кушения. Рекомендованные нормы расхода препаратов амистар-экстра и фалькон способствовали раннему на 1–2 дня наступлению фаз выхода в трубку – молочная спелость.

После обработки препаратами амистар-экстра 5л/га, фалькон 3 л/га фаза выхода в трубку наступала позднее на 4 дня.

Проводились учеты сетчатой и темно-бурой пятнистости ячменя согласно методике.

Таблица 1

Распространенность сетчатой пятнистости в период вегетации, (%)

Варианты	Конец кушения	Выход в трубку	Середина колошения	Молочная спелость
1. Контроль	26,2	24,3	38,8	37,5
2. Амистар-экстра 0,1л/га	20,7	24,2	35,4	42,5
3. Амистар-экстра 1л/га	5,7	6,0	11,2	25,0
4. Амистар-экстар 5 л/га	11,3	12,1	17,0	21,2
5. Фалькон 0,06л/га	22,2	27,4	44,2	43,0
6. Фалькон 0,6л/га	10,2	12,1	24,6	38,5
7. Фалькон 3л/га	15,8	19,0	29,2	44,2
8. Колосаль 0,1 л/га	24,2	28,2	37,2	39,8
9. Колосаль 1 л/га	10,8	20,6	28,8	34,4
10. Колосаль 5 л/га	12,1	14,3	26,0	31,2

Таблица 2

Распространенность темно-бурой пятнистости, (%)

Варианты	Конец кущения	Выход в трубку	Середина колошения	Молочная спелость
1. Контроль	15,9	31,7	48,8	46,2
2. Амистар-экстра 0,1 л/га	14,2	36,8	40,0	43,2
3. Амистар-экстра 1 л/га	8,1	18,8	25,0	35,0
4. Амистар-экстра 5 л/га	17,0	20,0	37,8	40,7
5. Фалькон 0,06 л/га	17,3	31,2	38,8	45,2
6. Фалькон 0,6 л/га	8,6	17,0	21,2	35,0
7. Фалькон 3 л/га	16,6	22,6	39,4	44,1
8. Колосаль 0,1 л/га	18,0	21,0	36,2	41,2
9. Колосаль 1 л/га	9,4	20,0	25,0	34,6
10. Колосаль 5 л/га	8,0	17,0	20,7	32,1

Анализируя данные по распространению сетчатой и темно-бурой пятнистости можно сделать вывод, что рекомендованные нормы расходов препаратов способствовали сдерживанию распространению пятнистостей в период вегетации. В фазу кущения распространенность сетчатой пятнистости была 5,7–10,8%, а в фазу колошения 11–28,8%. Растения, обработанные амистар-экстра 0,1 л/га, оказались наиболее пораженными этими видами пятнистостей. В вариантах с нормой расхода, увеличенной в 5 раз от рекомендованной, к фазе выхода в трубку наблюдалось снижение распространения пятнистостей, хотя к концу вегетации распространение болезней было на уровне контроля. Сразу после обработки наибольшими нормами расхода наблюдалось сильное фитотоксическое действие.

Во время уборки растений проводился подсчет выживших растений ячменя

Выживаемость во всех изучаемых вариантах была ниже, чем в контроле. С увеличением нормы расхода препарата амистар-экстра с 0,1 до 5 л/га наблюдалась тенденция к увеличению выживаемости. В блоке вариантов при обработке препаратом колосаль наблюдалось достоверное снижение выживаемости на 14,2%.

Препараты оказали влияние на элементы структуры продуктивности растений ячменя. Было проанализировано 60 растений с варианта.

Под действием всех препаратов наблюдалось увеличение общей кустистости, за исключением вариантов с обработкой препаратом амистар-экстра.

Общая кустистость уменьшилась под действием препарата амистар-экстра с нормой расхода 0,1 и 5 л/га. Наименьшая продуктивная кустистость наблюдалась у варианта с обработкой амистар-экстра 5 л/га – 1,8, в контроле – 2,2.

С увеличением нормы расхода препарата колосаль с 0,1 до 5 л/га произошло существенное увеличение продуктивной кустистости от 2,8...3,8 (по сравнению с контролем).

Достоверное снижение длины стебля наблюдалось в варианте с обработкой амистар-экстра 5 л/га – 47,9 см, а существенное увеличение длины стебля произошло в варианте с обработкой колосалем 5 л/га – 53,8 см в контроле

51,6 см. препарат амистар-экстра 5 л/га достоверно снизил продуктивную кустистость.

Длину колоса достоверно снижал препарат амистар-экстра 0,1 л/га на 1,1 см. В блоке вариантов с препаратом колосаль произошло достоверное увеличение длины колоса на 1,2...1,6 см.

Также в вариантах опыта с препаратом колосаль наблюдалось существенное увеличение количества зерен в колосе 19,5...20,9 шт., в контроле 17,8 шт. В вариантах с обработкой препаратом амистар-экстра 0,1 л/га произошло существенное снижение количества зерен на 2,2 шт., а обработка нормой расхода 1 л/га этим же препаратом привело к увеличению количества зерен на 1,4 шт.

На снижение массы зерна с колоса повлияла обработка препаратом амистар-экстра 0,1 л/га, а обработка препаратом колосаль 5 л/га привела к существенному повышению массы зерна 1,04 гр.

Эффективность используемых факторов и реакция растений ячменя на их применение оценивалась с помощью среднего суммарного показателя стимуляции депрессии. Суммарный показатель стимулирующего или депрессирующего действия изучаемых факторов на элементы структуры продуктивности позволил сделать следующие выводы. При обработке растений ячменя в вариантах опыта с колосалем отмечалось только стимулирующее действие (7,7...18,6%) за счет увеличения продуктивной кустистости, длины колоса, количества зерен в колосе.

При увеличении нормы расхода препарата фалькон наблюдается депрессирующее действие (–1,7%). Снижалась длина колоса и продуктивная кустистость.

Таким образом, рекомендованные нормы расходов препаратов способствовали сдерживанию распространению пятнистостей в период вегетации.

Литература

Дудин Г. П., Лысиков В. Н. Индуцированный мутагенез и использование его в селекции растений: Монография. Киров: Вятская ГСХА, 2009. 208 с.

Помелов А. В. Эффективность протравителей семян яровых зерновых культур // Сибирский вестник с.х. науки. 2009. № 5. С. 21–26.

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА СОДЕРЖАНИЕ МЕМБРАНОСВЯЗАННЫХ БЕЛКОВ И МАЛОНОВОГО ДИАЛЬДЕГИДА В ТКАНЯХ ВЫСШЕГО ВОДНОГО ПОГРУЖЕННОГО РАСТЕНИЯ *CERATOPHYLLUM DEMERSUM*

А. А. Евсеева, Л. В. Подябина, С. А. Розина, О. Н. Макурина
Самарский государственный университет

Среди загрязнителей биосферы, тяжелые металлы (ТМ), относятся к числу основных. В большой мере это связано с биологической активностью многих из них. Они, совместно с ксенобиотиками, поступают в живые организмы,

где накапливаются, и становятся причиной заболеваний растений, животных и человека.

ТМ, попадая различными путями в окружающую среду, сначала поступают в растения, а затем – в организмы животных и человека. ТМ являются наиболее токсичными среди неорганических загрязнителей и представляют серьезную угрозу для многих форм жизни (Antosiewicz, 1992).

Причинами поступления в биосферу тяжелых металлов являются различные виды техногенного загрязнения среды, а местом их накопления – многие компоненты биосферы, в том числе водные экосистемы, почвы и высшие растения.

К настоящему времени достаточно широко исследованы токсические эффекты ТМ на различные виды организмов, однако, ответные реакции высших водных растений на воздействие поллютантов остаются малоизученными. Кроме того, практически отсутствуют сведения о возможности выведения ТМ из организмов высших водных растений (Гончарук и др., 2012).

Цель данной работы – исследование динамики содержания малонового диальдегида и мембраносвязанных белков в тканях водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* L. при воздействии ионов свинца, а также в постстрессовый период (период реабилитации).

Исследования проводились в лабораториях кафедры биохимии, биотехнологии и биоинженерии Самарского государственного университета.

Объектом научного исследования был выбран пресноводный макрофит роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), из семейства роголистниковых (*Ceratophyllaceae*), принадлежащий к порядку роголистникоцветных (*Ceratophyllales*), подклассу магнолиид (*Magnoliidae*), классу двудольных (*Dicotyledones*) (Жизнь растений, 1980). Роголистник имеет высокие показатели роста и хорошую приспособленность к искусственным условиям выращивания, поэтому часто используется в опытах.

Эксперимент проводился в лабораторных условиях при одинаковой интенсивности и регулярности светового потока (для этого в опыте был установлен постоянный период освещения, равный 18 ч.), а также при постоянной температуре (20 °C).

В ходе эксперимента растения были разделены на 2 группы, различающиеся средой выращивания. Первая опытная группа инкубировалась в присутствии $Pb(CH_3COO)_2$ в концентрации 100 мкмоль/л, вторая группа – контрольная, находилась в среде отфильтрованной водопроводной воды.

Продолжительность воздействия выбранного нами поллютанта составила 12 и 72 часа. По истечении указанного периода экспозиции часть растений из каждой группы отбирали на исследования, а часть переносили в чистую отфильтрованную воду для реабилитации (длительностью 5 суток). После реабилитации также проводили измерения биохимических показателей.

В тканях исследованных растений определяли содержание малонового диальдегида (Лукаткин, Голованова, 2000).

Содержание мембраносвязанных белков определяли по методу М. Брэдфорда (Bradford, 1976).

Исследования по влиянию ионов свинца на растения *Ceratophyllum demersum* L. показали достоверно значимые отличия в уровне биохимических показателей между опытными и контрольными вариантами.

На основании данных представленных на рисунке 1 было установлено, что после 12 часов инкубации, наблюдалось понижение содержания МДА опытной группы растений в 2,5 раза относительно контрольных значений, через 3 суток в 2,1 раза, воздействия ионов свинца в концентрации 100 мкМ/л.

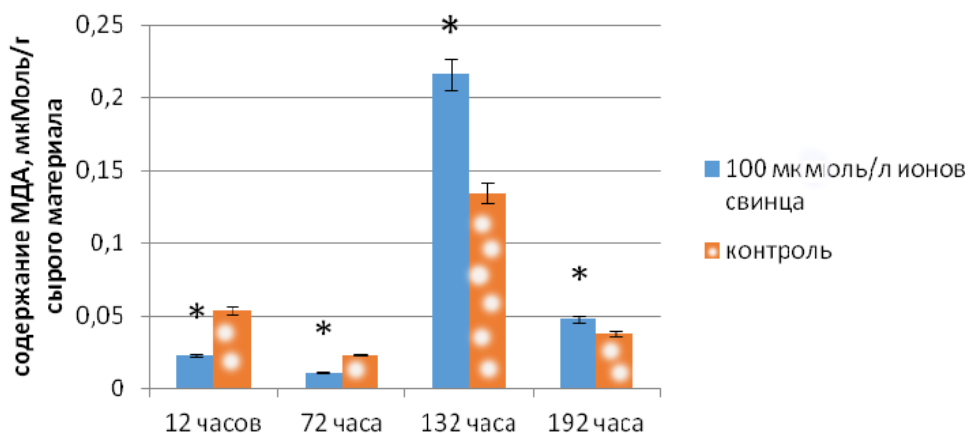


Рис. 1. Динамика содержания малонового диальдегида в тканях водного растения *Ceratophyllum demersum* L., под действием ионов свинца при инкубации и последующей реабилитации (132 ч. – реабилитация после 12 ч. воздействия, 192 ч. – после 72 ч. воздействия)

После реабилитации растения в чистой воде содержание МДА в опытной группе возросла относительно контроля, а также по сравнению с пробами, исследованными на 3 сутки эксперимента – в 1,6 и 1,3 раза соответственно. Увеличение содержания МДА в условиях инкубации растений в среде ТМ было также показано в исследованиях на высших растениях *Oryzasativa* L. (Verma, Dubey, 2003) и *Najasindica* (Willd.) Cham. (Singh et al., 2010).

Показатель МДА позволяет судить об уровне окислительного стресса и является конечным продуктом ПОЛ. Увеличение содержания МДА в опытной группе растений нашего эксперимента, по-видимому, свидетельствовало о развитии процессов окислительного стресса в растениях и служило маркером усиления продукции активных форм кислорода (Гончарук и др., 2012).

На рис. 2 представлены данные по содержанию мембраносвязанных белков в тканях водного растения *Ceratophyllum demersum* L.

На протяжении всего эксперимента *C. demersum* в присутствии ионов свинца содержание мембраносвязанных белков достоверно от контроля не отличалось. После завершения периода реабилитации, содержание мембраносвязанных белков как в опытных, так и в контрольных растениях, не отличалось от такового до реабилитации.

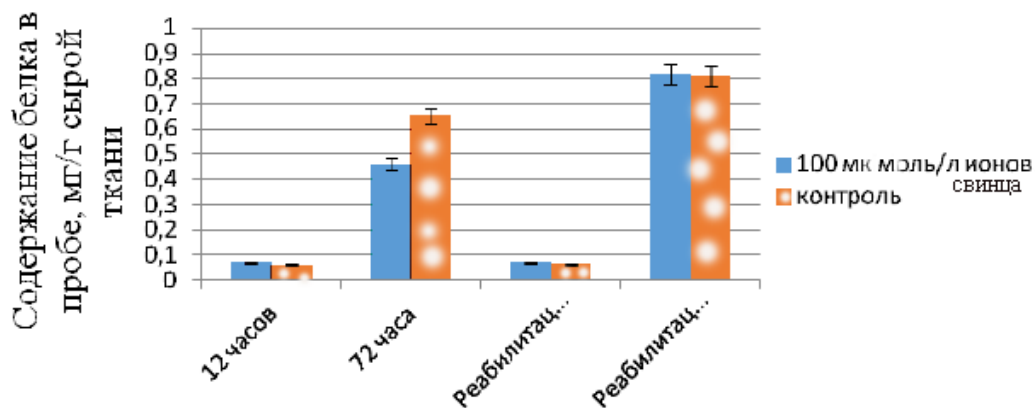


Рис. 2. Влияние ионов свинца на содержание мембраносвязанных белков в тканях растений *Ceratophyllum demersum*, а также после реабилитации

Действие ионов свинца в концентрации 100 мкмоль/л приводило к изменению внешнего состояния растений (хлороз листьев). 72 часа воздействия ионов свинца привели к тому, что содержание мембраносвязанных белков изменяется в 1,4 раза. Реабилитация после этого воздействия, в течение 5 дней, привела к тому, что содержание мембраносвязанных белков не отличалось от таковых в контроле. Из этого следует, что растение частично восстановило структуру мембран, о чем могут свидетельствовать такие факторы как окислительный стресс. Мембрана разрушилась, и часть белков ушли, а часть мембраны стала рыхлой. Именно из-за этих факторов изменилось содержание мембраносвязанных белков после 72 часов.

Реабилитация от 72 часов инкубации, свидетельствует о том, что все резервы растения помогли восстановить структуру мембраны.

После 12 часов инкубации *Ceratophyllum demersum* L. в воде, содержащей ионы свинца (100 мкмоль/л), концентрация МДА опытной группы растений понизилось в 2,5 раза по сравнению с контрольными значениями, через 3 суток – в 2 раза. После реабилитации *Ceratophyllum demersum* L. в чистой воде содержание МДА в опытной группе возросла относительно контроля в среднем на 30%.

Содержание мембраносвязанных белков в тканях водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* L. после 12-часового воздействия ионов свинца не отличалось от контрольных значений. После 72-х часов воздействия ионов свинца содержание мембраносвязанных белков была ниже таковой в контроле в 1,4 раза. После реабилитации содержание мембраносвязанных белков в тканях водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* L., как после 12-часового, так и после 72-х часового воздействия в опытной группе, не отличалось от аналогичных показателей контрольных растений.

Литература

Гончарук А. С., Розина С. А., Алексеева О. В., Макурина О. Н. Динамика ферментативной активности и содержания малонового диальдегида в тканях водного погружённого растения *Ceratophyllum demersum* в условиях воздействия тяжёлых металлов и последующей

реабилитации // Естественные науки 4 часть, Экология: труды 12-й межд. конф. Самара, 2012. С. 23–28.

Жизнь растений. В 6-ти т. Т. 5. Ч. 1. Цветковые растения / Под ред. А. Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1980. С. 188–190.

Лукаткин А. С., Голованова В. С. Интенсивность перекисного окисления липидов в охлажденных листьях теплолюбивых растений // Физиология растений. 2000. Т. 35. Вып. 4. С. 773–780.

Antosiewicz D. M. Adaptation of plants to an environment polluted with heavy metals // Act. Soc. Bot. Pol. 1992. Vol. 61. P. 281–299.

Asada K. Production and action of active oxygen species in photosynthetic tissues / Ed. by C.H. Foyer, P.M. Mullineaux. Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. Boca Raton: CRC Press, 1994. P. 77–104.

Bradford M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // Anal. Biochem. 1976. 254 p.

Verma S., Dubey R. S. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants // Plant Sci. 2003. Vol. 164. P. 645–655.

Singh R., Tripathi R. D., Dwivedi S. et al. Lead bioaccumulation potential of an aquatic macrophyte *Najas indica* are related to antioxidant system // Biores. Tech. 2010. Vol. 101. P. 3025–3032.

ВЛИЯНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАВОДА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА МИКРОСТРУКТУРУ ХВОИ И СТЕБЛЯ *PINUS SYLVESTRIS* L.

В. Н. Дрозжина, А. В. Скрынникова

*Воронежский государственный педагогический университет,
o.drozhzhin@gmail.com, anna_ooh@mail.ru*

Загрязнение окружающей среды, несомненно, сказывается на морфологическом и анатомическом строении вегетативных и генеративных органов растений, а так же на всех процессах жизнедеятельности. Известно о существовании устойчивых и неустойчивых видов, а так же об индивидуальной устойчивости отдельных особей. На основании изменений, происходящих на различных уровнях организации, разрабатываются шкалы оценки загрязнения окружающей среды и предлагаются разнообразные методы биоиндикации.

Заводы по производству минеральных удобрений являются одними из самых «вредных» предприятий и выбрасывают ядовитые вещества в воздух, в сточные воды, загрязняя вокруг себя довольно обширные территории. Россошанское ОАО завод Минудобрения – это единственный производитель минеральных удобрений в Центрально-Черноземном регионе. Основными видами продукции являются: аммиак жидкий технический, аммиачная вода, жидкая кальциевая селитра, карбонат кальция, кислород газообразный технический медицинский, нитроаммофоска и нитроаммофоска бесхлорная. В последние годы завод начал увеличивать количество производимой продукции и соответственно увеличивать долю выбросов.

Наши исследования проводились на 5 пробных площадках (П.П.), заложенных по общепринятым методикам согласно розе ветров. На территории самого завода – 1 П.П.; на территории г. Россошь – 2 П.П.; на расстоянии 1 км от завода – 3 П.П.; на расстоянии 5 км – 4 П.П.; на расстоянии 20 км – 5 П.П.; кон-

трольная площадка – 6 П.П. В качестве объекта исследования была выбрана *Pinus sylvestris* L. – сосна обыкновенная. По общепринятым ботаническим методикам оценивались изменения морфометрических показателей и анатомических параметров хвои, собранной с однолетних побегов. Исследования проводились в 2013–2015 гг.

Оценка морфометрических показателей дала следующие результаты. На загрязненных участках параметры хвои значительно сокращаются и у сильно угнетенных особей могут составлять: 19 мм – длина, 0,3 мм – толщина, 0,7 мм – ширина. Данные показатели примерно в 4 раза меньше показателей контроля. Значительный процент исследованных особей имел пожелтевшую хвою.

Изменение в микроструктуре носят количественный и качественный характер. Прежде всего, проводилась оценка смолоносной системы, как наиболее чувствительной к химическому загрязнению. В контроле смоляные ходы проходят вдоль всей хвоинки и слепо заканчиваются вблизи верхушки. Снаружи каналы имеют обкладку из толстостенных неодревесневших волокон. Внутри они выстланы тонкостенными живыми клетками эпителия, выделяющими смолу. Располагаются смоляные ходы непосредственно под гиподермой или несколько глубже, по происхождению они схизогенные. Количество смоляных ходов на верхней стороне хвоинки обычно около 4. В зоне загрязнения они могут отсутствовать вообще или их количество сокращается до 1–2. Редукция смоляного хода может сопровождаться появлением на верхней стороне хвоинки углубления. Сокращение смоляных ходов в условиях стресса наблюдается и на нижней стороне хвои. Количество ходов в контроле примерно 7–9 шт. Оно может сокращаться до 3–4. На месте неразвитых смоляных ходов появляются тяжи склеренхимы, нередко наблюдается недоразвитие хода, но значительное разрастание склеренхимной обкладки. В отдельных случаях отмечено нарушение ориентации заложения смоляных ходов, они могут оказаться в толще мезофилла. Иногда наблюдается удвоение ходов или слияние 2 ходов вместе. На сильно поврежденных хвоинках видны невооруженным взглядом образовавшиеся некрозы. На микропрепаратах видно, что формироваться он начинает с покровных тканей, а затем углубляется в мезофилл, вплоть до главной жилки. В смоляных ходах могут наблюдаться продукты жизнедеятельности, и тогда они кажутся «забитыми», в таких каналах часто видны отмирающие эпителиальные клетки.

Оценка диаметра смоляных ходов показала так же сокращение их параметров на загрязненных площадях, очевидно, это связано и с уменьшением параметров самих хвоинок. Толщина склеренхимной обкладки при этом не изменяется, однако если пересчитать ее в проценты, то на первых 3 площадках ее доля значительно увеличится по сравнению с контролем. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Параметры смоляных ходов хвой сосны обыкновенной
на поперечном срезе в относительных единицах (отн. ед.)**

№ П.П.	Диаметр смоляного хода, отн.ед.			Толщина склеренхимной обкладки смоляного хода, отн.ед.			Количество, шт.
	бокового	верхнего	нижнего	бокового	верхнего	нижнего	
1 П.П.	1,0±0,06	0,9±0,03	0,8±0,03	0,6±0,05	0,4±0,04	0,4±0,01	7,8±0,21
2 П.П.	1,0±0,05	0,7±0,03	0,8±0,05	0,6±0,01	0,6±0,02	0,5±0,01	6,6±0,24
3 П.П.	0,9±0,09	0,7±0,05	0,8±0,03	0,4±0,01	0,4±0,03	0,4±0,02	6,8±0,12
4 П.П.	1,2±0,06	1,0±0,05	0,8±0,05	0,6±0,03	0,5±0,02	0,5±0,02	9,2±0,11
5 П.П.	1,3±0,04	0,7±0,02	0,8±0,05	0,7±0,04	0,5±0,02	0,5±0,01	9,7±0,21
6 П.П.	1,4±0,06	1,5±0,01	1,1±0,01	0,8±0,02	0,4±0,10	0,4±0,01	11,5±0,31

Проводящая система хвоинки представлена двумя коллатеральными проводящими пучками, расположенными в центре, под углом один к другому. Ксилема, состоящая из трахеид с узкими полостями, обращена к плоской стороне листа, флоэма – к выпуклой. Между проводящими пучками находится тяж волокон с толстыми, слегка одревесневшими стенками. Проводящие пучки и примыкающие к ним механические элементы окружены трансфузионной тканью, состоящей из клеток 2 типов. Одревесневшие клетки называются трансфузионными трахеидами, а другие клетки остаются живыми паренхимными. Эти ткани участвуют в перемещении веществ.

В проводящих тканях так же происходит ряд изменений под действием токсикантов. Площадь главной жилки значительно сокращается, ее очертания становятся более округлыми. Проводящие пучки сближаются друг с другом. В некоторых случаях, при сближении, пучки практически сливаются в один. Нарушением развития проводящей системы может также считаться появление дополнительного проводящего пучка между двумя основными. В самой жилке на загрязненных пробных площадках уменьшается доля трансфузионной ткани и увеличивается объем тяжа склеренхимы.

Оценка протяженности тканей на поперечном срезе хвой дала следующие результаты: процентное содержание покровных тканей практически не изменяется. Варьирует протяженность мезофилла и тканей главной жилки. Параметры протяженности тканей представлены в таблице 2.

Таблица 2

Протяженность тканей в хвое сосны обыкновенной (%)

№ П.П.	Мезофилл	Эпидерма	Главная жилка	Склеренхима	Трансфузионная ткань
1 П.П.	17–21	5–6	48–50	30–31	18–19
2 П.П.	15–22	4–5	43–45	29–28	14–17
3 П.П.	17–18	3–4	45–52	32–37	13–15
4 П.П.	14–17	4–5	47–49	32–33	14–17
5 П.П.	13–15	4–5	51–54	35–36	16–18
6 П.П.	20–25	4–5	44–52	25–32	19–20

Значительные изменения наблюдаются в микроструктуре стебля. Форма среза однолетнего стебля в поперечном сечении имеет обычно складчатый ха-

ракти. У угнетенных особей форма среза часто бывает округлой как у многолетних стеблей. Возможно, это связано с отсутствием хвои на данных участках.

У угнетенных растений увеличивается доля первичной коры, которая в контроле обычно не превышает 18% от общего объема стебля. Она даже превосходит процентное содержание проводящих тканей. Смоляные ходы в ней так же довольно крупные. В качестве аномалий можно отметить следующие изменения, происходящие под воздействием токсикантов. Довольно часто в зоне загрязнения происходит искривление сердцевинных лучей. Увеличивается доля сердцевинных лучей, заканчивающихся смолеместителями. Они становятся очень крупными, сильно вдаются в первичную кору, практически полностью занимая ее. Это говорит о чувствительности смолоносной системы к загрязнению. Отрицательное воздействие оказывается на боковую меристему камбий. Об угнетении деятельности камбия может говорить формирование склеротизированных сердцевинных лучей и их выходов в первичную кору. В контроле смолоносная система ксилемы представлена 1 кольцом или рядом ходов. В загрязненной зоне может наблюдаться расположение их несколькими рядами.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕДИ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАСТВОРОВ СУЛЬФАТА МЕДИ (II)

К. О. Черезова, Е. И. Лялина, А. И. Фокина, А. С. Олькова
Вятский государственный гуманитарный университет,
kseniya.cherezova@mail.ru

Для биотестирования сред, загрязнённых тяжёлыми металлами (ТМ) применяют цианобактерии (ЦБ) и типичных планктонных ракообразных – дафний. Знания о накоплении ТМ тест-организмами во время экспозиции с исследуемыми растворами помогут при интерпретации результатов биотестирования, а также будут полезны при разработке новых биосорбентов. Так как биомасса тест-организмов мала, а накапливаемое ими содержание металла исчисляется микроколичествами, то для определения содержания меди в биомассе подойдет метод, обладающий большой чувствительностью. Таким методом является инверсионная вольтамперометрия (ИВА), но аттестованной методики для выполнения анализа данным методом, ни в дафниях, ни в ЦБ нет.

Целью работы было отработать методику инверсионно-вольтамперометрического определения меди в дафниях и цианобактериях, подверженных воздействию растворов сульфата меди (II). Исследуемыми организмами были культура *Nostoc linckia* 273 (титр ЦБ равен $9,5 \cdot 10^9$ кл/см³) и *Daphnia magna*.

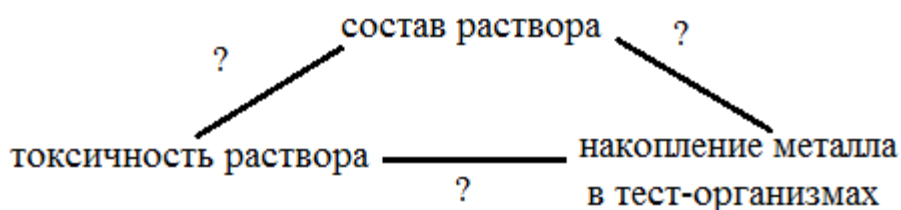
За основу взята методика определения меди в природных водах (Сборник методик ..., 2004). Исследовали накопление меди в лиофобной и лиофильной фракциях компонентов клеток ЦБ (Васильева, 2012). Этап пробоподготовки

фракций ЦБ и дафний (минерализацию до влажных солей) усовершенствовали добавлением концентрированного раствора H_2O_2 .

Для установления применимости методики ИВА к исследуемым объектам провели проверку правильности получаемых результатов методом добавок. Добавку вносили в исследуемую пробу перед минерализацией (РМГ 76-2004..., 2006).

Отработанную методику использовали при исследовании влияния продолжительности экспозиции ЦБ с медьсодержащими растворами на накопление меди в ЦБ. Для этого культуру вносили в раствор $CuSO_4$ с концентрацией Cu^{2+} 2 и 20 мг/дм³ (титр ЦБ равен $1,9 \cdot 10^7$ кл/см³). Выдерживали в течение 1 и 14 суток. Выделяли Cu^{2+} , сорбированные на поверхности клеток (экстрагируются раствором ЭДТА), поглощённые внутрь клетки и удерживаемые лиофильными компонентами (экстрагируются этанолом и метанолом) и лиофобными веществами (экстрагируются четыреххлористым углеродом – ЧХУ). Сведения, полученные в ходе данного эксперимента, позволяют: аргументировано судить о потенциале культуры как биосорбента; выявить такие важнейшие технологические характеристики, как оптимальное время контакта, степень очистки раствора от Cu^{2+} на определенном отрезке времени. Кроме того, пополнится база знаний об особенностях функционирования популяции в условиях химического загрязнения.

Отработанную методику также использовали при исследовании влияния восстановленного глутатиона на токсичность растворов $CuSO_4$ и накопление меди в тест-организмах. Брали три типа растворов, содержащих сульфат меди в смеси с глутатионом (GSH) в мольных соотношениях Cu:GSH равных 1:0, 1:1 и 1:4 (содержание меди во всех вариантах 1 мг/дм³). Сведения о накоплении металла в тест-организмах, полученные в ходе данного эксперимента, помогут интерпретировать результаты биотестирования, выявить взаимосвязь в системе:



Доказательство применимости метода ИВА

В таблицах 1 и 2 представлены данные проверки применимости метода ИВА для определения ТМ в цианобактериях и дафниях.

Таблица 1

Проверка правильности результатов количественного определения меди во фракциях цианобактерий *Nostoc linckia* 273

Фракция	Введено, мкг/дм ³	Найдено, мкг/дм ³
Ионы, сорбированные на поверхности клеток	60,0	70,0±21,0
Лиофильная фракция	10,0	9,3±2,8
Лиофобная фракция	4	3,6±1,1

Примечание: количество введенной добавки соответствует первоначально определенному количеству меди в каждой фракции.

**Проверка правильности результатов количественного определения меди
в особях дафний *Daphnia magna***

Вариант соотношения Cu:GSH	Введено, мкг/дм ³	Найдено, мкг/дм ³
1:1	10	9,4±2,9
1:4		14,1±4,2

Таким образом, доказано, что метод ИВА пригоден для определения содержания меди в клетках цианобактерий и в дафниях. Усовершенствованную и отработанную методику применили для исследования влияния продолжительности экспозиции раствора CuSO₄ с культурой ЦБ на накопление металла различными фракциями культуры и при исследовании влияния GSH на токсичность медьсодержащих растворов для дафний и ЦБ.

Влияние продолжительности экспозиции раствора CuSO₄ с культурой ЦБ на накопление металла различными фракциями культуры

Данные по содержанию меди (II) в различных фракциях ЦБ после контакта с медьсодержащими растворами представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание меди во фракциях ЦБ после экспозиции культуры с растворами сульфата меди в течение 1 и 14 суток ($X \cdot 10^{-3}$, мг/г ЦБ) и суммарная степень извлечения металла из раствора (%)

Концентрация ионов меди, мг/дм ³	Через 1 сутки				Через 14 суток			
	Спирт	ЧХУ	ЭДТА	Степень извлечения	Спирт	ЧХУ	ЭДТА	Степень извлечения
2	2,56±0,13	1,05±0,05	4,18±0,21	1,52±0,07	<<	1,47±0,03	7,84±0,39	1,82±0,08
20	17,23±0,86	2,51±0,13	94,0±4,7	21,87±1,09	0,94±0,08	2,83±0,14	520,0±5,1	100±5

Примечание: «<<» – менее предела обнаружения.

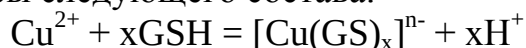
Ионы меди (II) обнаружены в лиофильной фракции уже через сутки в обоих вариантах, в большем количестве там, где концентрация металла в растворе выше. Это может быть связано с токсичностью раствора, окружающего культуру ЦБ. По мере увеличения накопления меди увеличивается токсичность, скорее всего это может быть связано со снижением устойчивости клеток к токсическому действию тяжелого металла и существенным нарушением защитных функций клеточных мембран. Концентрация ионов Cu в лиофобной фракции в течение 14 суток практически не изменяется, она резко уменьшается в лиофильной фракции и возрастает во фракции, выделяемой с поверхности клеток раствором ЭДТА. Это может указывать на выведение ионов из внутриклеточного пространства и накоплении их на поверхности клеток. Скорее всего, это означает то, что культура адаптируется к негативному воздействию ионов меди и идет активный транспорт токсиканта из клетки.

Значения суммарных количеств ионов меди (II) внутри клеток в варианте 20 мг/дм³ возрастают от 21% в течение суток до 100% в течение двух недель.

Такие результаты говорят о высоких сорбционных свойствах культуры *Nostoc linckia* 273.

Влияние восстановленного глутатиона на токсичность растворов CuSO₄ и накопление меди в тест-организмах

Медь обладает высокой комплексообразующей способностью, поэтому токсический эффект сильно изменяется в зависимости от концентрации потенциальных лигандов. В роли такого лиганда может выступать глутатион. В присутствии глутатиона восстановленного, предположительно, образуются комплексы следующего состава:



Выявлено, что глутатион увеличивает накопление меди в культуре ЦБ и чем выше доля глутатиона, тем больше меди обнаружено в клетках (рис. 1). С дафниями ситуация противоположная (рис. 2).

Такие результаты объясняются тем, что клеточная мембрана ЦБ представляет собой бислой фосфолипидных молекул, ориентированных гидрофобными концами молекул внутрь бислоя, а гидрофильными наружу. Глутатион облегчает поступление в клетку меди за счет связывания меди в прочный комплекс, который обладает липофильными свойствами и поэтому может быстро пересечь клеточную мембрану, в то время как сами ионы меди таким свойством не обладают.

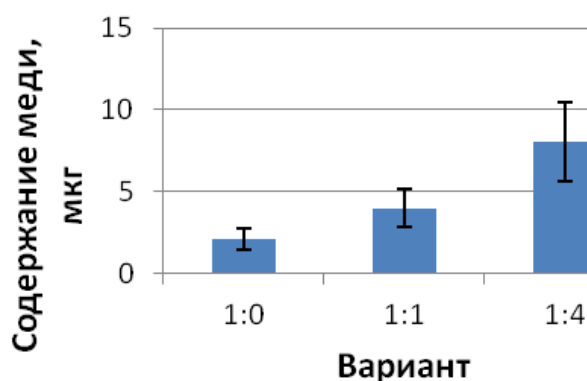


Рис. 1. Содержание меди в клетках *Nostoc linckia* 273. Варианты обозначены согласно соотношению Cu:GSH

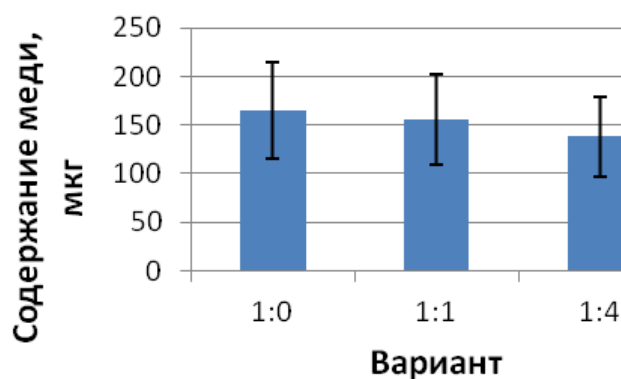


Рис. 2. Содержание меди в *Daphnia magna*. Варианты обозначены согласно соотношению Cu:GSH

Составляющей хитинового покрова *Daphnia magna* является полисахарид хитозан, который содержит большое количество свободных аминогрупп, что позволяет ему связывать и прочно удерживать ионы меди. Глутатион не только снижает активную концентрацию меди в растворе, но и уменьшает ее количество на поверхности организмов, тем самым снижая накопление.

Установлено, что растворы с соотношением Cu:GSH 1:0 и 1:1 обладают острой токсичностью по отношению к дафниям, организмы погибли в течение первых суток экспозиции. Вариант 1:4 по показателям плодовитости и смертности приближается к контролю. В случае с ЦБ наблюдается сильная негативная взаимосвязь между степенью накопления меди внутри клеток и жизнеспособностью культуры. Увеличение доли GSH в растворе приводит к увеличению

накопления меди внутри клеток и, соответственно, уменьшению жизнеспособности (Лялина, 2014).

Таким образом, доказано, что усовершенствованная методика ИВА пригодна для определения содержания меди в дафниях и ЦБ. Установлено, что чем продолжительнее экспозиция культуры ЦБ с раствором сульфата меди, тем большее количество меди концентрируется на поверхности клеток. Практически стопроцентная степень извлечения ионов меди из раствора в течение 14 суток говорит о том, что культура может быть пригодна для разработки нового органического сорбента. Обнаружено, что с увеличением доли глутатиона в растворе накопление ионов ТМ увеличивается в случае с ЦБ и уменьшается в варианте с дафниями. Острой токсичностью по отношению к дафниям обладают растворы с минимальным содержанием глутатиона. Это говорит о способности организмов различной систематической принадлежности по-разному реагировать на присутствие токсиканта.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МК-3964.2015.5.

Литература

Богачева А. С. Чувствительность цианобактерий к токсическому действию солей тяжёлых металлов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Санкт-Петербург, 2011.

Васильева С. Г. Накопление V, Li и Co клетками цианобактерии рода *Spirulina*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012.

Лялина Е. И., Фокина А. И., Олькова А. С., Сивкова С. А., Катаргина В. С., Черезова К. О., Зворыгина В. С., Кузнецова Е. О. Отклик тест-организмов различной систематической принадлежности на действие ионов меди (II) в присутствии глутатиона // Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Книга 2. Киров, 2014. С. 210–215.

РМГ 76-2004 ГСИ Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа. М.: Стандартинформ, 2006. 81 с.

Сборник методик измерений массовой концентрации ионов меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, никеля и кобальта методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЕКТИВНОГО ПОКРЫТИЯ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ И СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ФОСФОРА В ТАЛЛОМАХ В РАЙОНЕ ДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Домнина^{1,2}, С. Ю. Огородникова^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com

На объекте хранения и уничтожения химического оружия (ХУХО) в пос. Мирный Кировской области в процессе деструкции отравляющих веществ образуются различные мышьяк-, серу-, азот-, фтор-, хлор-, фосфорсодержащие загрязняющие вещества. При уничтожении фосфорсодержащих отравляющих веществ образуются неорганические соединения фосфора (Ашихмина, 2002).

Ранее нами было показано, что эпифитные лишайники, в отличие от хвои сосны и мхов в большей степени накапливают соединения фосфора (Домнина, Огородникова, 2014). Многими исследователями отмечено изменение проективного покрытия лишайников под влиянием загрязняющих веществ (Горшков, 1990; Голубкова, Малышева, 1994; Михайлова, Воробейчик, 1999).

В соответствии с этим представляет интерес изучение реакций лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. на действие данных поллютантов, оцениваемое через определение содержания общего фосфора в талломах и проективное покрытие.

В период с 2010 по 2014 гг. с участков мониторинга № 4, 9, 18, 19, 30, 47, 112, расположенных в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) объекта ХУХО, были отобраны пробы лишайника *H. physodes* для определения содержания общего фосфора. Одновременно с отбором проб проводили определение общего проективного покрытия лишайникового покрова.

Проективное покрытие исследовали на каждой площадке с северной и южной стороны у 10 деревьев сосны на высоте 1,5 м. С помощью сеточки Раменского определяли количество квадратов, занятых лишайниками. Один квадрат соответствовал 1% проективного покрытия. Данные заносили в рабочие таблицы и вычисляли общее проективное покрытие эпифитных лишайников на участке.

Общее проективное покрытие лишайникового покрова определено на 9 участках в сосновых фитоценозах. Средние значения по данному показателю представлены в сводной таблице 1.

Таблица 1

Общее проективное покрытие лишайникового покрова на участках мониторинга в СЗЗ и ЗЗМ объекта ХУХО за 2010–2014 гг.

Год	Номер участка								
	4	9	18	19	28	30	34	47	112
2010		17,5	26,5	25,8	21,6	27,5	27,5	32,6	31,5
2011	29	33,8	22,4	31,1	33,4	39,4	41,1	37	41
2012	18,5	31,1	21,3	27,2	32,6	35,8	29,6	35,7	35,7
2013	19	32	22	29	30,5	35	34	36	40
2014	26	32	31,5	24	28,5	39	39,5	39	41,5

Сравнение данных по проективному покрытию за 2010–2014 гг. позволяет заключить, что этот показатель находится в пределах средних значений по участку за период наблюдений. Среднее значение общего проективного покрытия находилось в пределах 24–41,5%, что в целом соответствует значениям, полученным при фоновом обследовании. На площадках мониторинга № 4 и 19, находящихся на самом близком расстоянии от эксплуатируемого объекта показатели проективного покрытия были ниже 30%.

Известно, что большая часть необходимых для жизнедеятельности минеральных веществ улавливается лишайниками из воздуха и дождевой воды. Поглощение элементов из дождевой воды сопровождается их накоплением в слоевище. Вместе с водой слоевище лишайника всей своей поверхностью впитыва-

ет растворенные в воде соединения, в том числе и загрязняющие вещества (Бязров, 2002).

С 2010 г. проводится изучение содержания общего фосфора в эпифитном лишайнике *H. physodes* на участках мониторинга, расположенных на разном удалении от объекта ХУХО – потенциального источника загрязнения фосфорсодержащими соединениями.

Содержание общего фосфора в пробах лишайников определяли фотометрическим методом по ГОСТ 26657-97. Сущность метода заключается в минерализации пробы способом сухого озоления с образованием солей ортофосфорной кислоты и последующим фотометрическим определением фосфора в виде окрашенного в желтый цвет соединения – гетерополикислоты, образующегося в кислой среде в присутствии ванадат- и молибдат ионов.

Установлено, что содержание общего фосфора в слоевищах лишайника значительно варьировало по годам (рис. 1). Самое низкое содержание общего фосфора в талломах лишайников в СЗЗ и ЗЗМ объекта ХУХО выявлено в 2012 г. В 2014 г. отмечено максимальное за 5 лет наблюдений содержание общего фосфора в талломах лишайников. Различия в содержании общего фосфора в эпифитных лишайниках, по-видимому, обусловлены количеством поступающих в окружающую среду соединений фосфора.

Выявлено, что на протяжении последних двух лет исследований (2013–2014 гг.) содержание общего фосфора в талломах лишайников увеличивалось по мере приближения к объекту ХУХО. Повышенное накопление общего фосфора отмечали в лишайниках, отобранных на участках 4 и 9, расположенных на небольшом удалении от объекта ХУХО – 1,22 и 1,63 км соответственно.

Проведено изучение зависимости между двумя показателями состояния эпифитной лишайнобиоты: проективное покрытие и содержание общего фосфора.

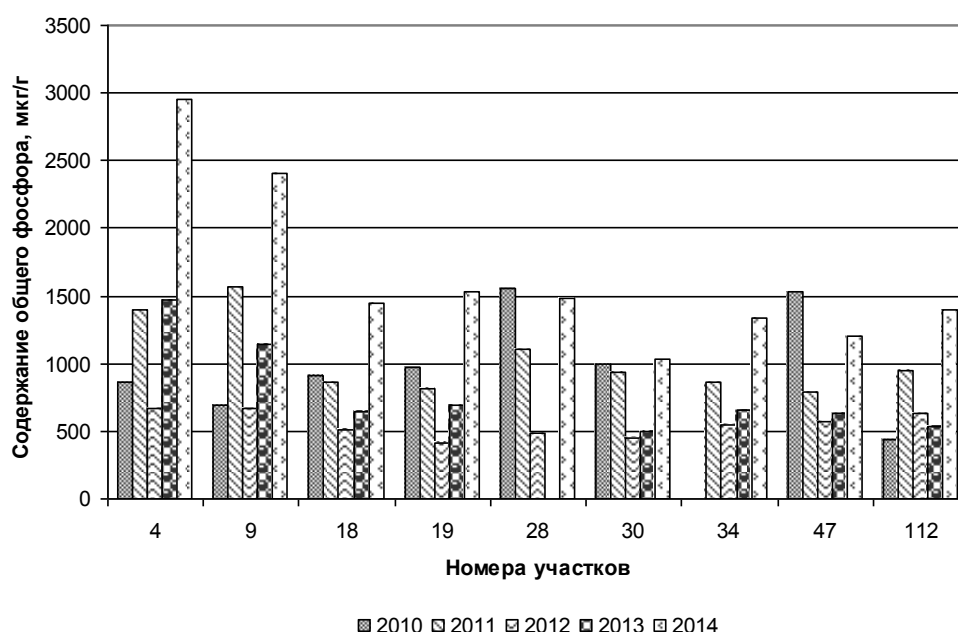


Рис. 1. Содержание общего фосфора в талломах лишайника *H. physodes*

Выявлена тенденция увеличения проективного покрытия лишайникового покрова по мере удаления от объекта ХУХО. На протяжении пяти лет наблюдений повышенное значение проективного покрытия лишайниками отмечали на участках максимально удаленных от объекта ХУХО. Самое высокое значение проективного покрытия лишайниками отмечено на фоновом участке 112.

В 2010–2012 гг. зависимости между содержанием общего фосфора в эпифитных лишайниках и удалением участка от объекта ХУХО не выявлено. В 2013–2014 гг. отмечено повышенное накопление общего фосфора в лишайниках, отобранных на участках, расположенных вблизи объекта ХУХО. Максимальное накопление соединений фосфора отмечали в пробах лишайников, отобранных на участках 4 и 9.

По данным 2013–2014 гг. выявлена корреляция между показателями проективного покрытия и содержанием общего фосфора в лишайниках на участках, расположенных на разном удалении от объекта ХУХО (рис. 2). Корреляция между изученными показателями за 2014 г. составляет $-0,56$, (зависимость достоверна при $P < 0,15$), за 2013 г. $-0,64$ (зависимость достоверна при $P < 10$).

По мере приближения к объекту ХУХО происходит снижение проективного покрытия лишайниками и увеличивается содержание общего фосфора в талломах. По-видимому, при функционировании объекта ХУХО происходит загрязнение атмосферного воздуха, что негативно сказывается на жизнедеятельности лишайников и приводит к сокращению площади проективного покрытия. Накопление содержания общего фосфора в талломах, вероятно, связано с повышенным поступлением в атмосферу соединений фосфора в ходе работы объекта по уничтожению химического оружия.

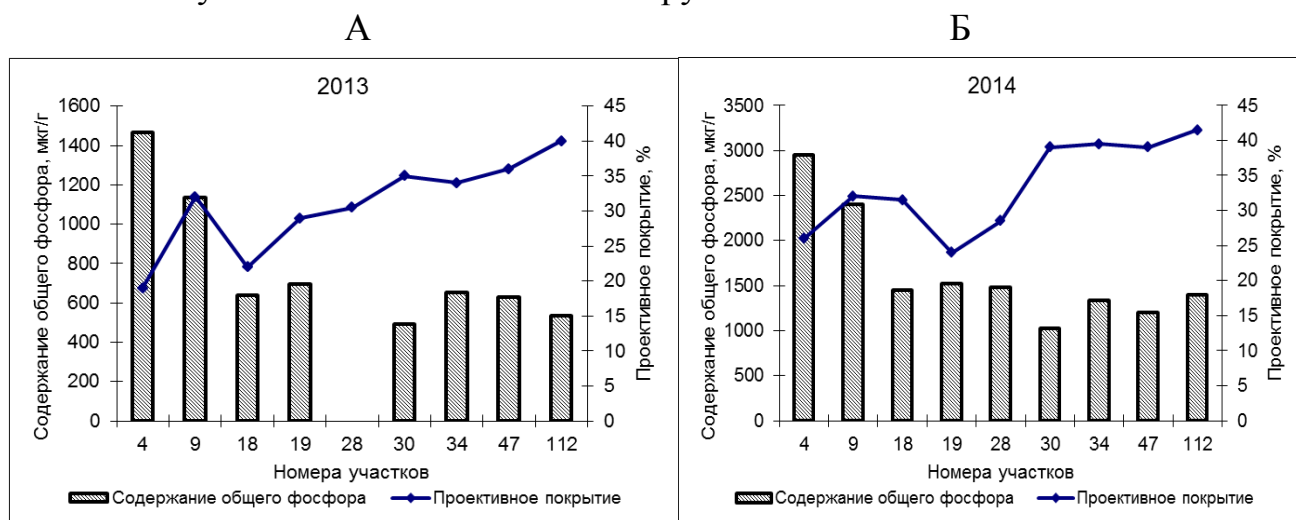


Рис. 2. Содержание общего фосфора и проективное покрытие лишайников на участках в СЗЗ и ЗЗМ объекта ХУХО: А – 2013 г., Б – 2014 г.

Таким образом, было изучено состояние эпифитной лишайниковой биоты в районе расположения объекта уничтожения химического оружия в Кировской области. Установлено, что величина проективного покрытия лишайниками максимальна на участках наиболее удаленных от объекта ХУХО. В последние два года (2013–2014 гг.) выявлено повышенное накопление соединений фосфора в талломах лишайников, отобранных на участках расположенных в непосред-

ственной близости от объекта хранения и уничтожения химического оружия. Выявлена отрицательная корреляция между изученными показателями: по мере приближения к объекту ХУХО происходит снижение проективного покрытия и повышенное накопление соединений фосфора. Выявленная зависимость свидетельствует о влиянии объекта ХУХО на состояние эпифитной лишенобиоты, которое возрастает со временем функционирования объекта.

Литература

Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.

Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002. 336 с.

Горшков В. В. Влияние атмосферного загрязнения окислами серы на эпифитный лишайниковый покров северотаежных сосновых лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 144–159.

Голубкова Н. С., Малышева Н. В. Влияние роста городов на лишайники и лишеноиндикация атмосферного загрязнения в Казани // Бот. журн. 1978. Т. 63. № 8. С. 1145–1154.

Домнина Е. А., Огородникова С. Ю. Содержание фосфора в биологических объектах в районе размещения объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» // Фундаментальная и прикладная биоморфология в ботанических и экологических исследованиях: Материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием (к 50-летию Кировского отделения Русского ботанического общества). Киров: ООО «Радуга-Пресс», 2014. С. 319–322.

Михайлова И. Н., Воробейчик Е. Л. Размерная и возрастная структура популяций эпифитного лишайника *Hyrogymnia physodes* (L.) Nyl. В условиях атмосферного загрязнения // Экология. 1999. № 2. С. 130–137.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЦИНКА, КАДМИЯ, МЕДИ В ЛИШАЙНИКЕ *HYROGYMNA PHYSODES* (L.) NYL. В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА ХРАНЕНИЯ И УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В пгт. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. А. Мамина¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, Г. И. Березин¹

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

diana.mamina_vggu@mail.ru

На объекте по уничтожению химического оружия (ОУХО) в пгт. Мирный Кировской области в процессе уничтожения отравляющих веществ образуются различные загрязняющие вещества (Ашихмина, 2002). Загрязнителями служат и такие поллютанты, как тяжелые металлы (ТМ), которые могут поступать в окружающую среду.

Поступление ТМ в окружающую среду может быть связано с деятельностью ОУХО при термической обработке реакционных масс, обжиге боеголовок, от действующей отопительной котельной, а также транспортных средств.

Для тяжелых металлов почва является акцептором, занимающим место в круговороте химических загрязнителей в биосфере. Почва находится в постоянном взаимодействии с другими экологическими системами – атмосферной,

гидросферой, растительным миром и является важным источником поступления тяжелых металлов в организм человека. Установлено, что металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее удаляются.

Оценка состояния воздуха так же играет важную роль в экологическом мониторинге окружающей среды. При анализе публикаций было выявлено, что для индикации качества атмосферы по загрязнителям различного происхождения применяются лишайники. Лишайники представляют своеобразную группу симбиотических организмов, которые основное питание получают из воздуха, атмосферных осадков и пыли, способны аккумулировать различные поллютанты, в том числе и тяжелые металлы. В связи с этим, лишайники являются чувствительным индикатором промышленных загрязнений и могут быть использованы для диагностики негативных изменений состояния окружающей среды. (Федоров 1977; Лебедев 1982).

Целью нашей работы было определение содержания цинка, меди и кадмия в талломах лишайника *Hypogymnia physodes* в районе действующего объекта по уничтожению химического оружия в пгт. Мирный Оричевского района Кировской области.

Начиная с 2012 по 2014 гг. в санитарно-защитной зоне и зоне защитных мероприятий объекта уничтожения химического оружия с 4 участков соснового леса сотрудниками лаборатории биомониторинга были отобраны пробы лишайника *Hypogymnia physodes*. Эти 4 участка располагаются на удалении 1, 1,5 и 2 км от источника воздействия и один – фоновый участок № 112 – на удалении 9 км.

Содержание тяжелых металлов в талломах лишайника определялось методом атомно-адсорбционной спектрометрии с использованием методического указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства при подготовке проб, составленной на основе ГОСТов. Полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2, на рисунке.

Таблица 1

Содержание цинка, меди, кадмия в лишайнике *Hypogymnia physodes* в 2011 и 2012 гг., в мг/кг

№ контр. уч-ка	2011			2012		
	Zn ²⁺	Cu ⁺²	Cd ⁺²	Zn ²⁺	Cu ⁺²	Cd ⁺²
4	16,977	30,100	0,699	16,260	30,150	0,730
9	21,956	51,230	0,812	20,923	48,852	0,756
19	21,500	72,012	1,072	20,990	68,866	1,058
112 (фон)	17,000	15,087	0,287	17,000	15,087	0,287

Проведенный анализ проб лишайника *Hypogymnia physodes* в районе объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Оричевском районе Кировской области свидетельствует о том, что самое высокое содержание меди на протяжении с 2011–2014 гг., отмечено на контрольном участке № 19, возможно это связано с близким расположением железнодорожного полотна (0,2 км от контрольной точки). Выявлены также на исследуемых участках повышенные значения содержания меди по сравнению с фоном (выше

в 4–5 раз фона). На всех участках в тот же период исследования содержание цинка находится в практически равных значениях с фоном; наблюдается высокое содержание кадмия в 2–4 раза выше на 4, 9 и 19 участках по сравнению с фоном.

Таблица 2

Содержание цинка, меди, кадмия в лишайнике *Hypogymnia physodes* в 2013 и 2014 гг., в мг/кг

№ контр. уч-ка	2013			2014		
	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Cd ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Cd ²⁺
4	17,720	26,020	0,672	17,750	30,563	0,850
9	22,000	48,765	0,715	22,250	51,325	0,788
19	20,988	69,654	1,048	21,500	71,438	1,125
112 (фон)	17,000	15,087	0,287	17,000	15,087	0,287

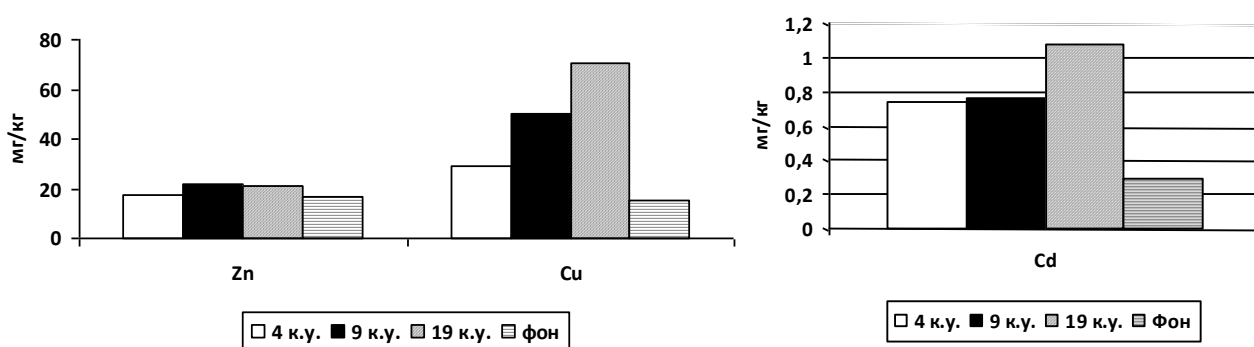


Рис. Среднее содержание меди, цинка, кадмия (мг/кг) в лишайнике *Hypogymnia physodes* в период 2011–2014 гг.

По результатам анализа и обработки данных можно сделать вывод о том, что содержание подвижных форм тяжелых металлов с приближением к ОУХО «Марадыковский» не изменяется, что может свидетельствовать о незначительном вкладе в отношении поступления тяжелых металлов в окружающую среду от деятельности объекта уничтожения химического оружия и возможном источнике поступления ТМ в атмосферный воздух от железнодорожного и автомобильного транспорта и деятельности котельных.

Литература

- Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. С. 544
- Федоров А. А. Жизнь растений / Под ред. М. М. Голлербаха, А. А. Федорова. М.: Просвещение, 1977. Т. 3. С. 379–433.
- Лебедев С. И. Физиология растений. М.: Колос, 1982. С. 249.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. Издание 2-е, переработанное и дополненное, 1992. С. 35–40.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРОФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

О. В. Воробьева, Д. М. Гершкович

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
olvorobieva@rambler.ru, papirus451@yandex.ru

В связи с возрастающей антропогенной нагрузкой проблема оперативного контроля качества водной среды становится все более актуальной. Классические методы биотестирования широко используются для определения острой и хронической токсичности вод и водных вытяжек (Филенко, 2007). В условиях технического прогресса предлагаются новые экспрессные методики определения токсичности, сочетающие использование стандартных тест-объектов и высокотехнологичного регистрирующего оборудования (Matorin et al., 2009; Конюхов, Воробьева, 2013; Шашкова, Григорьев, 2013). Целью нашей работы стало сравнение чувствительности лабораторных культур ветвистоусых ракообразных к эталонному токсиканту бихромату калия по показателям выживаемости, плодовитости и изменения трофической активности (ТА).

В качестве тест-объектов были выбраны линии *Daphnia magna* Straus, *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg и *Moina macroscopa* Straus. Синхронные линии ракообразных были выращены согласно рекомендациям стандартных токсикологических методик (Методические указания..., 1998). Наблюдения за выживаемостью и плодовитостью рачков также проводили в соответствии с методическими указаниями до момента появления 6 пометов в контроле для дафний (21 сутки) и 3 пометов для цериодафний (11 суток). Трофическую активность гидробионтов измеряли по скорости убывания интенсивности флуоресценции хлорофилла а микроводорослей *Chlorella vulgaris* Beyerinck, помещенных совместно с рачками в опытные стаканы после 1–6 суток инкубации в исследуемых растворах. Каждый вид ракообразных был представлен двумя линиями – содержащейся в условиях синхронной лабораторной культуры на протяжении ряда лет (более 400 поколений, F₄₀₀₊), а также недавно введенной в синхронную культуру и прошедшей рекомендованную процедуру адаптации (15–20 поколение). Минимизация воздействия фенологических факторов достигалась за счет единовременного проведения всех испытаний.

В таблице 1 показаны изменения физиологических показателей дафний и цериодафний при воздействии бихромата калия. Выживаемость и плодовитость дафний к 21 суткам наблюдений являются чувствительными показателями токсического воздействия в исследуемом диапазоне концентраций. Изменение размеров тела стало более показательным на 21 сутки эксперимента, чем на момент получения первого помета (на 8 сутки).

Изменение трофической активности дафний также свидетельствует о токсическом воздействии, причем наиболее показательным оказывается на ранних сроках наблюдений (после 1–3 суток инкубации), что может объясняться либо более высокой чувствительностью молодых рачков по сравнению с 6-

суточными, либо запуском компенсаторных реакций к этому сроку. Таким образом, трофическая активность дафний может быть показателем токсичности уже на ранних сроках наблюдений.

Трофическая активность цериодафний в наибольшей степени свидетельствует о токсическом воздействии также на ранних сроках наблюдений (на 1 сутки по сравнению с 4 сутками), кроме того демонстрирует эффект при воздействии низких концентраций, которые не оказывают достоверного влияния на выживаемость и плодовитость рачков.

Таблица 1

Изменение физиологических показателей ракообразных при воздействии бихромата калия (% от контроля)

Показатель	Лабораторная культура (F446)				Адаптированная культура (F18)			
	Концентрации K ₂ Cr ₂ O ₇ (мг/л)							
	0,01	0,03	0,10	0,30	0,01	0,03	0,10	0,30
Выживаемость на 21 сутки (%)	100	95	95	20*	93	93	95	0*
Суммарная численность потомства на 1 самку за 21 сутки	92	92	101	103	87	73*	80*	56*
Длина тела на 8 сутки	100	98*	98*	98*	100	101	101	101
Длина тела на 21 сут-ки	97*	97*	95*	92*	97*	95*	95*	-
Трофическая актив-ность на 1 сутки	79,9*	72,4	83,9*	79,9	61,0	104,0	114,0	103,7*
Трофическая актив-ность на 3 сутки	112,1*	103,2	97,5	83,9*	105,1*	102,7	82,6*	37,1*
Трофическая актив-ность на 6 сутки	95,2	91,8	79,1	82,7*	99,7	103,1	94,9	79,0

* – значения, достоверно отличающиеся от значений в контроле

Таблица 2

Изменение физиологических показателей *Ceriodaphnia affinis* при воздействии бихромата калия (% от контроля)

Показатель	Лабораторная культура (F400+)				Адаптированная культура (F16)			
	Концентрации K ₂ Cr ₂ O ₇ (мг/л)							
	1,0	1,5	2,0	2,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Выживаемость на 11 сутки (%)	90	95	25*	20*	95	85	15*	10*
Суммарная численность потомства на 1 самку за 11 сутки	123	96	63*	18*	69*	71*	38*	9*
Трофическая активность на 1 сутки	20,7*	8,8*	2,8*	4,1*	17,8*	6,3*	2,0*	11,2*
Трофическая активность на 4 сутки	120,2*	123,2*	94,1	53,4*	88,0*	76,1*	69,1*	35,8*

* – значения, достоверно отличающиеся от значений в контроле

Эксперименты с *Moina macroscopa* показали изменение трофической активности при воздействии бихромата калия в концентрациях 1,0–2,5 мг/л через 1 сутки инкубации. Моины также могут быть использованы в экспрессной оценке токсичности вод по изменению трофической активности, однако сопоставить эти данные с влиянием на выживаемость и плодовитость оказалось невозможным по причине половой гетерогенности используемой молодежи. Появление самцов вплоть до 16 поколения указывает на необходимость более длительной адаптации моин к лабораторным условиям. Невозможность прижизненного определения пола новорожденных особей моины делает невозможным сопоставление изменения трофической активности с плодовитостью рачков. Однако изменение трофической активности на 1 сутки (до размерной дифференциации) может указывать на токсическое воздействие.

Известно, что в лабораторных условиях, не смотря на стандартизацию внешних факторов среды, наблюдается вариабельность жизненных показателей ракообразных (Филенко и др., 2013; Воробьева и др., 2013). Эта вариабельность может быть объяснена как изменением неконтролируемых фенологических факторов, так и внутренними особенностями культур рачков. В частности, значимое влияние на интегральные свойства организма может оказать длительность культивирования организма в лабораторных условиях. Сопоставление показателей линий дафний и цериодафний попарно указывает на различную чувствительность культур одного вида в зависимости от длительности адаптации к лабораторным условиям. Исследуемые клоны также характеризуются различными средними размерами, плодовитостью и трофической активностью (в контрольной выборке, в абсолютных значениях (табл. 3).

Таблица 3

Морфо-функциональные показатели культур ракообразных в зависимости от длительности адаптации к лабораторным условиям

	<i>Daphnia magna</i>		<i>Ceriodaphnia affinis</i>	
	F ₄₄₆	F ₁₈	F ₄₀₀₊	F ₁₆
Суммарная плодовитость за время эксперимента, шт	25±1	33±3	13±1	18±1
Трофическая активность, приборные у.е.	26,4±3,2	16,1±3,7	12,9±1,5	9,5±0,9
Размеры тела, мм	2,78±0,02	2,71±0,03	-	-

У дафний F₁₈ были обнаружены меньшие размеры тела и трофическая активность, большая плодовитость, чем у культуры, длительное время адаптированная в лаборатории. У цериодафнии F₁₆ также было обнаружено большая плодовитость и меньшая ТА, чем у длительно адаптированной культуры (все различия между разными линиями обоих видов ракообразных статистически значимы). Таким образом, ракообразные в зависимости от длительности адаптации к новым условиям могут демонстрировать разную жизненную стратегию, направленную на быстрое размножение в новых условиях. Оценка изменения трофической активности ракообразных является экспрессным и чувствительным методом, позволяющим в срок, сопоставимый с экспериментами по опре-

делению острой токсичности, выявить действие концентраций, оказывающих действие только в длительных хронических экспериментах.

Литература

Воробьева О. В., Филенко О. Ф., Исакова Е. Ф. Изменения плодовитости лабораторной культуры *Daphnia magna* // Перспективы науки. 2013. № 9. С. 11–14.

Конюхов И. В., Воробьева О. В. Определение трофической активности рачков *Daphnia magna* Straus на флуориметре «Мег-25» // Вода: химия и экология. 2013. № 12. С. 79–83.

Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / Под ред. О. Ф. Филенко, С. А. Соколовой. М.: Изд-во ВНИРО, 1998. 145 с.

Филенко О. Ф., Исакова Е. Ф., Гершкович Д. М. Стимуляция жизненных процессов у *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Crustacea, Anomopoda) при действии низких концентраций потенциально токсичных веществ // Биология внутренних вод. 2013. № 4. С. 89–93.

Филенко О. Ф., Михеева И. В. Основы водной токсикологии. М.: Колос, 2007. 144 с.

Шашкова Т. Л., Григорьев Ю. С. Сравнительная оценка чувствительности показателей выживаемости и трофической активности *Daphnia magna* при определении токсичности воды // Поволжский экологический журнал. 2013. № 4. С. 439–444.

Шашкова Т. Л., Григорьев Ю. С. Действие тяжелых металлов на трофическую активность дафний в зависимости от условий питания и возраста рачков // Сибирский экологический журнал. 2013. № 6. С. 885–890.

Matorin D. N., Bratkovskaya L. B., Yakovlev O. V., Venediktov P. S. Biotesting of water toxicity according to the ratio to microalgae consumption by *Daphnia* detected with chlorophyll fluorescence // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2009. Vol. 64 No 3 P. 115–120.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДВУХ ПРУДОВ В г. САМАРА ПО РАКООБРАЗНЫМ

Ю. Л. Герасимов, В. Д. Фролова

Самарский государственный университет,
yuger55@list.ru

Городские пруды – элементы как архитектурного ансамбля, так и рекреационных зон. Практикующаяся в г.о. Самара внутриквартальная застройка влечет за собой уничтожение прудов, и ухудшение рекреационных возможностей территории. Городские пруды важно не только сохранить, но и поддерживать в удовлетворительном санитарно-гигиеническом состоянии. Для этого необходима техническая мелиорация, сохраняющая потенциал естественного самоочищения прудов. Оценить состояние водоёма можно методами биоиндикации, по видовому составу и численности гидробионтов. Ракообразные вносят существенный вклад в самоочищение, многие виды ракообразных являются индикаторами органического загрязнения. В связи с этим мы изучили ракообразных в 2-х прудах в районе пересечения ул. Аэродромной и Энтузиастов, расположенных на расстоянии 500 м друг от друга.

Первый пруд расположен в глубине квартала в районе, существует более 50 лет. Пруд окружён 5-этажными домами, с западной стороны пруда детская площадка. По периметру вплотную к урезу воды вымощенная аллея со скамей-

ками и кольцо старых крупных деревьев. Пруд копаный, почти круглой формы, его размеры в начале лета до 30 м в длину, до 20 м в ширину, средняя глубина 0,45 м, максимальная 0,7 м, затем глубина и размеры пруда уменьшаются. Пруд питается атмосферными осадками и грунтовыми водами, в некоторые годы подаётся вода по трубе. Дно илистое, покрыто опавшими листьями, присутствует мелкий мусор. В годы, когда пруд теряет от испарения много воды, вода издаёт гнилостный запах.

До 1995 г. в пруду обнаруживали 5 видов водных цветковых растений (Головин, Соловьева, 1995), к 2013 гг. сохранилась небольшая куртина рогоза узколистного (*Typha angustifolia*). На прибрежных мелководьях обильны нитчатые водоросли. Летом происходило сильное размножение сине-зелёных водорослей. В пруду обитает ротан-головешка *Perccottus glenii* (Dybowski, 1877) и лягушки *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) (Кузовенко, Файзулин, 2013).

Водоём загрязняется преимущественно дождевым и талым стоком с окружающей его покрытой травой дворовой территории, а также загрязнёнными атмосферными выпадениями. Бытовой мусор с берегов и мелководий периодически убирается дворниками и местными жителями. Пруд имеет важное рекреационное значение, на аллее постоянно отдыхают местные жители.

Температура воды с мая до сентября +20–24 °С, затем снижалась до +6 °С в октябре. Температурная стратификация отсутствует. Прозрачность воды соответствует глубине пруда – диск Секки виден в любой точке акватории.

Второй пруд, в выходящем на ул. Аэродромную парке Победы, проектировался как бассейн для фонтана, фонтан действует, но его включают периодически. Длина пруда до 35 м, наибольшая ширина – 32 м, средняя глубина около 1 м. Пруд окружен бетонным бортиком, сток с окружающей территории в него не попадает. Пруд заполняют водой через трубу в начале мая. Прилегающая территория и акватория пруда убираются дворниками, периодически чистится дно. В 2005–2009 гг. до 25% площади дна были покрыты зарослями элодеи, их удалили в 2014 г. Сейчас водные растения представлены нитчатыми водорослями. Пруд находится на открытой площадке, он хорошо прогревается (до 28,3 °С). Прозрачность воды в безветренную погоду до дна.

Изучение видового состава и численности популяций ракообразных прудов проводилось в мае – октябре 2013 г. Пробы отбирали 2 раза в месяц по общепринятым методикам на трёх станциях (Жадин, 1960). Использовали планктонную сеть (газ № 64) и батометр (2 л). Для определения видовой принадлежности ракообразных использовали общепринятые определители (Мануйлова, 1964; Рылов, 1948).

В 2013 г. в пруду на ул. Аэродромной нами обнаружено 19 видов ракообразных из 18-ти родов и рачки из подкласса Ostracoda, видовую принадлежность которых мы не определяли, не определяли также науплии и копеподиты.

Copepoda: *Eucyclops serrulatus* (Fisher, 1851), *Mesocyclops leuckarti* (Claus 1857), *Thermocyclops oithonoides* Sars, 1863; *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888); *Nitocrella hibernica* (Brady, 1880).

Cladocera: *Bosmina longirostris* (O.F.Muller, 1785); *Alona affinis* (Leydig, 1860); *A.guttata* Sars, 1862; *Campocercus rectirostris* Schoedler, 1862; *Chydorus*

sphaericus (O.F.Muller, 1785); *Graptoleberis testudinaria* (Fisher 1848); *Pleuroxus uncinatus* Baird, 1850; *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F.Muller, 1785); *Daphnia longispina* O.F.Muller, 1785; *Scapholeberis mucronata* (O.F.Muller, 1785); *Simocephalus vetulus* (O.F.Muller, 1776); *Macrothrix* sp.; *Moina brachiata* (Jurine, 1820); *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848); Ostracoda spp.

Встречаемость Copepoda 50–100% проб, Cladocera – 10–47% проб.

Вклад семейств в общую численность ракообразных сильно различался. Циклопы, с учётом копеподитов, составили треть общей численности за период исследования, хидорусы – 22%, науплии – 18%. Все ветвистоусые дали 31,7% общей численности, ракушковые – 0,3%. Таким образом, доминировали веслоногие.

Численность ракообразных менялась достаточно значительно. Наибольшая численность (до 300 экз./л) наблюдалась в мае, в июне она снизилась до 100 экз./л, в июле выросла до 190 экз./л, а с августа до октября неуклонно снижалась до 53 экз./л. Весь сезон численности доминировали веслоногие, ветвистоусые вышли в лидеры только в июле (70% численности за счёт массового размножения *Ch.sphaericus*).

Среди циклопов доля яйценосных самок не превышала 5% (средняя 1%), среди эудиаптомусов она осенью доходила до 32% (среднее – 7%). Средние доли яйценосных самок среди ветвистоусых были больше: 13% у *B.longirostris*, 14% у *Ch.sphaericus*, 16% у *A.costata*, 20% у *S.vetulus*, 23% у *S.mucronata*, по 50% у *D.longispina* и *C.quadrangula*.

Пелагических видов 6, остальные зарослевые и придонные, однако именно пелагические виды сделали основной вклад в численность сообщества.

Важным показателем состояния экосистемы является соотношение численностей хищных и мирных видов. Поскольку из хищников в пруду обитают только циклопы, то соотношение хищных и мирных видов приблизительно такое же, как соотношение сем. Cyclopidae и всех остальных, т.е. примерно 1 к 2.

Другой важный показатель – соотношение численностей циклопов и каланусов. Численность *Eu.graciloides* в среднем за сезон была в 2,6 раз меньше численности циклопов, однако соотношение сильно менялось за счёт колебаний количества циклопов с весны до осени.

Из 18-ти видов ракообразных 14 видов являются индикаторами сапробности. Из них 7 видов характерны для олиго-β-мезосапробной зоны, 3 – для β-олиго-мезосапробной зоны, 2 для β-мезосапробной зоны и ещё 2 для β-α-мезосапробной зоны. Наиболее многочисленны представители олиго-β-мезосапробной и β-олиго-мезосапробной зон (63% суммарной численности).

В пруду Парка Победы в пробах присутствовало 11 видов ракообразных. Copepoda: *Cyclops vicinis* Uljanin, 1875; *Thermocyclops dybowski* (Lande, 1890); *T.oithonoides* Sars, 1863; *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888).

Cladocera: *Bosmina longirostris* (O.F.Muller, 1785); *Alona costata* Sars, 1862; *Chydorus sphaericus* (O.F.Muller, 1785); *Pleuroxus aduncus* (Jurine, 1820); *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F.Muller, 1785); *Daphnia longispina* O.F.Muller, 1785; *Scapholeberis mucronata* (O.F.Muller, 1776).

Наибольшей среднесезонной численности достигали копепоидитные стадии (8,4 экз/л) и науплии (1,0 экз/л) циклопов и взрослые *Th.oithonoides* – 1,03 экз/л. Они присутствовали в 95% всех проб. Субдоминантами были *C.sphaericus*, *B.longirostris* и *S.mucronata*. Самыми малочисленными были популяции *A. costata* и *P. aduncus* – встречались 1–2 раза за сезон и их численность была менее 0,01 экз/л. Среди ракообразных преобладают пелагические виды.

Из 11-ти видов ракообразных 9 видов являются индикаторами сапробности. Из них 1 вид характерен для олигосапробной зоны, 4 вида для олиго-β-мезосапробной зоны и ещё 4 вида – для β-мезосапробной зоны. Представители β-мезосапробной зоны более многочисленны – 68% суммарной численности.

Количество видов ракообразных в изучаемых прудах 2–3 раза меньше, чем в прудах Ботанического сада и в Воронежских озёрах, в которых цветковые растения занимают всё прибрежное мелководье. Почти все виды являются космополитами и эврибионтами, они обитают в большинстве прудов г.о. Самара, от самых чистых до самых нарушенных (Герасимов, Теньгаев, 2009).

Низкая численность ветвистоусых ракообразных может быть связана с сильным развитием нитчатых и сине-зелёных водорослей, конкурентно подавивших кормовые диатомовые и зелёные водоросли. В пруду на ул. Аэродромной возможно выедание ветвистоусых ракообразных ротаном-головешкой. Рыбы предпочитают наиболее крупных беспозвоночных, возможно поэтому, более 50% численности у почти всех видов составляют неполовозрелые стадии. Выедание половозрелых особей могло снизить воспроизводство ракообразных.

Соотношения численностей групп ракообразных свидетельствуют об умеренной степени эвтрофикации прудов (Лобуничева, 2006).

Величина индекса видового разнообразия Шеннона от 2,14 до 3,07 (среднесезонная 2,54), величина индекса выравненности Пиелу от 0,46 до 0,68 (среднесезонная 0,56). Для сравнения, в прудах г. Сарова величина индекса видового разнообразия Шеннона находится в диапазоне от 2,18 до 3,01; а величина индекса выравненности Пиелу от 0,60 до 0,77 (Макеев, Куклина, 2006).

По видам-индикаторам пруд во дворе соответствует β-мезосапробной зоне, пруд в парке после удаления донных осадков – β- олиго-мезосапробной.

Основная проблема изученных прудов – небольшая глубина воды и мощное развитие нитчатых водорослей. В пруду на ул. Аэродромной необходимо удалить накопившиеся донные осадки и углубить котловину, расчистить родник. Улучшится и санитарно-гигиеническое состояние водоёма, поскольку освобождение его от накопившихся в грунте органических веществ ослабит интенсивность гнилостных процессов. Пруд в парке Победы был очищен в 2014 г., мы планируем продолжить его исследование для выяснения влияния очистки на его экосистему.

Литература

Герасимов Ю. Л., Теньгаев Е. И. Ракообразные прудов урбанизированных территорий (г. Самара) // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11. № 1 (4). С. 699–701.

Головин В. Н., Соловьева В. В. Старинные пруды в городе Самаре // «Зеленая книга» Поволжья: Охраняемые природные территории Самарской области. Самара: кн. изд-во, 1995. С. 180–181.

Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. М.: Высшая школа, 1960. 189 с.

Кузовенко А. Е., Файзулин А. И. Видовой состав и особенности распространения земноводных в черте города Самара // Экологический сборник 4: Труды молодых учёных Поволжья. Всерос. науч. конф. с междун. уч. Тольятти: Кассандра, 2013. С. 91–95.

Лобуничева Е. В. Изменение зоопланктона малых озер Лозско-Азатской группы как индикатор их эвтрофирования // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем: Сб. тез. докл. междун. конф. (Санкт-Петербург, 23–27 октября 2006.). СПб., 2006. С. 93.

Макеев И. С., Куклина Е. П., Зоопланктоценозы разнотипных водоёмов г. Сарова как индикаторы их экологического состояния. IX съезд гидробиологического общества РАН. Т. 2. Тольятти, 2006. 8 с.

Мануйлова Е. Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.-Л.: Наука, 1964. 326 с.

Рылов В. М. Cyclopoida пресных вод. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 318 с.

КОРРЕКТИРОВКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ ТЕСТ-КУЛЬТУР

А. С. Олькова, А. И. Фокина

*Вятский государственный гуманитарный университет,
morgan-abend@mail.ru*

Первые методики биотестирования были аттестованы и внесены в федеральный реестр методик выполнения измерений Российской Федерации в конце 90-х гг. прошлого столетия. Под аттестацией методик (методов) измерений понимают совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности (ГОСТ Р 8.563-2009, 2009). Процедура аттестации биологических методов стала возможной во многом благодаря введению строгой стандартизации методов и тест-организмов.

Стандартизация в области биотестирования включает в себя:

- 1) строгую регламентацию видовой принадлежности используемого организма;
- 2) содержание культуры в оптимальных условиях, регламентированных методикой;
- 3) поддержание чувствительности культуры организмов в заданных методикой интервалах.

А. Н. Крайнюкова (2004) определяет чувствительность как количество позитивных ответов из общего числа протестированных проб, реагирование тест-объекта на широкий спектр токсических веществ.

Одной из проблем, с которыми сталкиваются специалисты в области биотестирования, является то, что аттестованные методики не содержат рекомендаций по корректировке чувствительности тест-объектов. Такая задача может быть успешно решена в отношении организмов, которые культивируются в ла-

боратории биотестирования самостоятельно, в отличие от регулярно закупаемых биообъектов и тест-систем. К последним относятся, к примеру, бактериальная тест-система «Эколюм», половые клетки млекопитающих, семена растений. Чувствительность таких тест-объектов поддерживается поставщиками либо устанавливается до проведения испытаний и используется, как характеристика выбранного тест-организма.

В отношении самостоятельно культивируемых тест-организмов, в основном это низшие ракообразные, простейшие, одноклеточные водоросли, непрерывно действуют факторы, вызывающие колебания чувствительности. Это выражается в нежелательных сдвигах значений среднеэффективных концентраций модельных токсикантов.

Многолетний опыт работы с наиболее распространенными тест-организмами, позволил подобрать и апробировать на практике приемы их успешного содержания. Приводим несколько способов поддержания распространенных тест-культур в заданных интервалах чувствительности (табл.)

Таблица

Меры корректировки чувствительности некоторых тест-культур

Тест-культура, методики	Меры повышения чувствительности	Меры снижения чувствительности
<i>Daphnia magna</i> Straus 1) ФР.1.39.2007.03222; 2) ПНД Ф Т 4.1:2:4.12-06 16.1:2:3:3.9-06 и др.	Снижение количества корма	Увеличение количества корма, его разнообразие (несколько видов водорослей, свежие хлебопекарные дрожжи)
	Содержание в культивационной воде, обедненной солями	Культивационная вода с повышенным содержанием солей
	Повышение плотности посадки особей	Естественное освещение
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg ФР.1.39.2015.19242 и др.	Понижение средней температуры культивации	Подбор качественных хлебопекарных дрожжей для кормления
	Пересев культуры чаще привычного режима	Подбор оптимальной культивационной воды
<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer ПНД Ф Т 14.1:2:4.10-2004 16.1:2.3:3.7-2004 (изд. 2012 г.) и др.	Добавление в среду Тамия микродоз солей кальция и магния (индивидуальный подбор)	Приготовление среды Тамия на бидистиллированной воде
	Обновление культуры за счет ежедневного пересева в течение 1-2 недель	Увеличение доли железа в среде Тамия (до 3 раз)

Указанные меры основаны на варьировании условий содержания, объема кормления, состава культивационных вод, то есть на основных экологических факторах, закономерно влияющих на популяции живых организмов.

Часть работы выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации МК-3964.2015.5.

Литература

ГОСТ Р 8.563–2009 ГСИ. Методики (методы) измерений. Росстандарт, 2009.

Крайнюкова А. Н. Использование биотестирования при оценке состояния компонентов окружающей среды и контроле источников их загрязнения в условиях Украины // Актуальные проблемы водной токсикологии. Сб. статей / Под ред. Б. А. Флерова. Борок: Институт биологии внутренних вод РАН, 2004. С. 61–80.

ПНД Ф Т 14.1:2:4.10-2004

16.1:2:3:3.7-2004 Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов производства и потребления по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Изд. 2012 г.

ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06

16.1:2:3:3.9-06 Методика определения токсичности питьевых, пресных, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по смертности дафний (*Daphnia magna* Straus). Изд. 2011.

ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. Изд. 2007.

ФР.1.39.2015.19242; ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.2-98 Методика определения токсичности проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных, талых, технологических вод экспресс-методом с применением прибора серии «Биотестер». Изд. 2015. (взамен ФР.1.31.2005.01881 (ред. 2010 г.).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ МОДЕЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ *DAPHNIA MAGNA*

А. С. Олькова, А. К. Тарабрина

Вятский государственный гуманитарный университет

morgan-abend@mail.ru

Изучение биологии и экологических условий обитания низших ракообразных *Daphnia magna* имеет важное значение для экологических исследований, поскольку они являются востребованными тест-организмами. Существует множество стандартизированных методов лабораторного культивирования дафний, отличающихся в основном по плотности посадки особей и времени контакта с тестируемой средой.

Целью нашей работы было исследование влияния условий культивирования *Daphnia magna* на показатели модельных популяций.

Исследования проводились в условиях лабораторного культивирования в IV квартале 2014 г. Объектами исследования служили рачки *Daphnia magna*, полученные от синхронизированной лабораторной культуры, длительное время содержащейся в условиях климатостатирования при 21 °С и 12-часовом фото-периоде. Из молоди *Daphnia magna* (возраст не более 24 час.) были сформированы 3 варианта опытных групп с разной плотностью посадки: 1, 5 и 10 особей на 100 мл воды. Опытные популяции содержались при разной температуре: в климатостате (+21 °С), в комнатных условиях (+24 °С), при повышенной температуре (+27 °С). Повышенная температура создавалась за счет нагрева платформы встряхивающего устройства (шейкер ЛАБ-ПУ-01).

Модельные популяции ежедневно кормили: поочередно суспензией водорослей *Chlorella vulgaris* и хлебопекарными дрожжами. Учет погибших особей

и отсадка родившейся молоди проводились ежедневно. Через каждые 5 суток осуществлялась смена культивационной воды.

Условия культивирования значительно отражались на плодовитости и смертности дафний в течение эксперимента. В таблице отражены оцениваемые показатели по двум периодам. Время окончания биотестирования на установление хронического токсического действия согласно аттестованной методике (ФР.1.39.2007.03222, 2007) происходило на 24 день эксперимента. Для получения дополнительных данных эксперимент продлили до 45 дней (табл.).

Таблица

Смертность и плодовитость *Daphnia magna* в зависимости от плотности культуры и температуры содержания

Варианты		Время созревания		Смертность (24 день), %	Плодовитость (24 день), шт./самку	Смертность (45 день), %	Плодовитость (45 день), шт./самку
Условия содержания, t	Плотность посадки, шт	1*	2**				
Климатостат (+21°C)	1	7	11	0	56,5+24,2	0	125+30,6
	5	6	9	5	16,9+1,66	15	33,825+5,9
	10	6	8	7,5	12,95+2,74	20	26,37+7,5
Комнатные условия (+24°C)	1	6	10	0	70,5+20,04	0	147,75+26,7
	5	5	8	0	27,325+4,8	10	53,75+0,7
	10	5	8	2,5	14,45+1,7	7,5	25,26+3,5
Повышенная температура (+27°C)	5	5	7	5	21,6+1,76	20	38,66+5
	10	5	7	12,5	10,3+0,89	25	22+5

Примечание: * – день эксперимента, в который отмечено появление яиц в выводковых камерах, ** – день эксперимента, в который появился первый приплод.

Повышение температуры ускоряло созревание дафний: в климатостате первое потомство появилось на 11 день опыта, а при температуре водной среды 27 °C на 4 дня раньше. При повышении температуры содержания с 21 °C до 24°C наблюдалось достоверное повышение плодовитости. Эти различия сохранялись до 45 дня эксперимента. Однако, повышение температуры до 27°C снижало фертильность особей до наименьших результатов в эксперименте. Кроме того, в таких условиях к концу эксперимента (45 день) при плотности посадки 5 особей на 100 мл воды зафиксирована максимальная гибель особей – 25%. Данные эффекты закономерны, поскольку значение 27 °C не входит в диапазон температурного оптимума *Daphnia magna*. Повышение температуры явилось функциональной нагрузкой для рачков, которая в первые дни эксперимента стимулировала их созревание, а затем тормозила дальнейшее развитие.

Плотность посадки также значительно влияла на получаемые результаты. Максимальное количество потомства было получено в варианте, где содержалась всего одна дафния. При этом стандартные отклонения относительно средних значений имели высокие значения, что говорит не в пользу таких вариантов

опытов. По всей видимости, это связано с минимальной выборкой: несмотря на использование молодежи, полученной от синхронизированной культуры (от биологических клонов), индивидуальные различия особей оказывали слишком большое влияние на итоговые результаты.

При сравнении плотности посадки 5 и 10 рачков на 100 мл водной среды, наблюдали закономерное увеличение плодовитости в разреженной популяции.

Таким образом, проведение экспериментов с посадкой 1 особи в тестируемую среду не рекомендуется. Повышение температуры можно использовать в качестве дополнительной функциональной нагрузки при оценке качества различных вод. Плотность посадки 5 и 10 особей на 100 мл можно использовать в зависимости от задач эксперимента.

Литература

ФР.1.39.2007.03222 Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: Акварос, 2007. 56 с.

ВЛИЯНИЯ АЦЕТАТОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *ELODEA CANADENSIS* L.

Г. В. Лобкова, Т. И. Губина

*Саратовский государственный технический университет
им. Ю. А. Гагарина*

В последние десятилетия многими авторами отмечается повышенное содержание тяжелых металлов (ТМ) в природной воде. Несмотря на то, что многие из них относятся к необходимым для макрофитов микроэлементам, при определенных концентрациях они способны оказывать токсическое действие на жизненные функции водных растений и приводить к нарушению деятельности отдельных органов и систем организма.

Высшие водные растения являются чувствительным звеном водных биогеоценозов, а изменения их морфофизиологических признаков позволяют судить о токсичности присутствующих в среде химикатов. В этой связи актуальным является изучение действия солей ТМ на реакции *Elodea canadensis*, как одного из наиболее распространенного гидробионта в водоемах России.

Целью нашей работы было изучить воздействие различных концентраций солей Ni, Co, Cu, Pb на морфофизиологические характеристики *E. canadensis* и ее отклик.

В ходе исследований фрагменты стеблей элодеи длиной около 5 см помещали в растворы $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ и $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ с концентрациями 5,00, 2,50, 1,25, 0,62, 0,31, 0,15, 0,07, 0,03 мг/л приготовленные последовательным разбавлением дистиллированной водой. Растения культивировали при температуре $25 \pm 2^\circ$, естественном освещении в 3-х повторностях в течение 14 суток. Изучали влияние солей на внешний облик элодеи, на

фототаксис и интенсивность флуоресценции хлорофиллов *a* и *b* и их отношение, которые регистрировались при двух длинах волн: 646 нм (люминесценция хлорофилла *b*), 666 нм (люминесценция хлорофилла *a*) (Гольд и др., 1984) на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама».

Установлено, что влияние ацетата никеля на внешний вид растений проявляется при концентрациях растворов 0,31, 2,50, 5,00 мг/л в побледнении листьев, что свидетельствует об уменьшении содержания пигментов.

В присутствии ацетата кобальта наиболее заметные изменения происходили у растений в растворах с концентрациями 0,07, 2,50 мг/л: цвет листьев становился более насыщенным, однако часть их разрушилась. При концентрации раствора 1,25 мг/л листья растения заметно бледнели на концах.

У элодеи, инкубированной во всех растворах ацетата меди, происходило обесцвечивание листьев. При этом в среде с концентрациями 1,25, 2,50 и 5,00 мг/л листья приобрели изумрудно-зеленый оттенок, а стебли становились коричневыми.

Заметное изменение (побледнение) окраски листьев у растений в присутствии ионов свинца отмечено только при концентрации 5,00 мг/л, в остальных случаях цвет практически не изменился.

На следующем этапе работы установлено, что используемые растворы солей металлов в диапазоне концентраций от 0,15 до 5,00 мг/л подавляют фототаксис хлоропластов. С уменьшением концентраций активность хлоропластов постепенно увеличивалась, что выражалось в их хаотичном движении.

В тоже время в контроле после интенсивного освещения около 97% пластид от общего числа переходили в парастрофное положение, т.е. выстраивались вдоль клеточной стенки и активно двигались вдоль нее.

При подсчете количества хлоропластов в неповрежденных клетках листьев элодеи в присутствии ионов никеля во всех концентрациях и ионов меди при 0,07, 1,25 мг/л установили увеличение количества хлоропластов, значительно превышающие их в контроле. Также отмечено увеличение размеров хлоропластов у элодеи, инкубированной во всех растворах ацетата кобальта (кроме 0,15 мг/л), ацетатов никеля и свинца с концентрацией 0,62 мг/л, ацетата меди при 0,31 и 5,00 мг/л.

В ходе исследований установлено также, что в 50% клеток элодеи, инкубированной в растворе соли никеля с концентрацией 2,50 мг/л, образовались микроядра (МЯ) «стандартного» и «основного» вида (Козак, 2003). При этом доля клеток с МЯ типа «а» больше, чем с типом «б». По форме и размерам можно предположить, что образование МЯ типа «а» вызвано нарушениями в структуре хромосом или повреждением центромеры, а образование МЯ типа «б» коррелирует с повреждениями веретена деления.

Установлено, что ионы исследуемых металлов во всех концентрациях закономерно угнетают интенсивность флуоресценции хлорофилла *a* и, наоборот, способствуют увеличению данного показателя для хлорофилла *b* во всех случаях, кроме растворов ацетатов меди и свинца с концентрацией 1,25 мг/л (рис. 1, 2).

На основе величин сигналов свечения рассчитали отношение интенсивности флуоресценции хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*. В контроле отношение составило 7:1 в пользу хлорофилла *a*, в присутствии же ионов тяжелых металлов оно изменяется в пользу хлорофилла *b* (кроме растворов ацетатов меди и свинца с концентрацией 1,25 мг/л) и достигает значений в интервале от 1:920 до 1:1140.

Изменение интенсивности флуоресценции хлорофиллов *a* и *b* свидетельствовало о токсическом действии исследуемых солей в изучаемом диапазоне концентраций на реакционные центры аппарата фотосинтеза. По сдвигу свечения в пользу хлорофилла *b* можно предположить, что у растений включилась реакция адаптации пигментного аппарата в ответ на нарушение функционирования реакционных центров ФС II, обеспечивающая оптимально эффективное использование поглощенного света в условиях действия токсикантов.



Рис. 1. Зависимость интенсивности флуоресценции хлорофилла *a* у *E. canadensis* от концентрации ацетатов Ni²⁺, Co²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺



Рис. 2. Зависимость интенсивности флуоресценции хлорофилла *b* у *E. canadensis* от концентрации ацетатов Ni²⁺, Co²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺

Известно, что после индуцированного стрессом начального повреждения фотосинтетического аппарата и разрушения хлорофиллов у многих растений

наступает фаза акклиматизации, в результате которой восстанавливается фотосинтетическая активность листьев, в этой связи затронутая в данной работе тема, требует дальнейшего изучения.

Литература

Гольд В. М., Гаевский Н. А., Григорьев В. А., Попельницкий Ю. С., Гехман А. В. Теоретические основы и методы изучения флуоресценции хлорофилла: Учеб. пособие // Красноярск: Изд-во КГУ, 1984. 82 с.

Козак М. Ф. Исследование состояния воздушной среды различных районов города Астрахани с помощью микроядерного тестирования // Естественные науки. 2003. № 4. С. 13–20.

СЕКЦИЯ 2

МИКРООРГАНИЗМЫ В ИССЛЕДОВАНИИ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОРТО-ФТАЛАТА НАТРИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Т. Н. Кувичкина¹, Д. В. Будина², А. С. Олькова², А. Н. Решетилов¹

¹ *Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина*

² *Вятский государственный гуманитарный университет,*

kuv@ibpm.pushchino.ru

Синтетические высокомолекулярные соединения характеризуются низкой степенью биоразлагаемости. При этом из их состава в контактирующие среды могут выделяться мономеры, красители и множество наполнителей, придающих требуемые от полимерных материалов свойства.

В композиции многих полимерных материалов включают пластификаторы – это вещества, вводимые в полимерный материал для придания ему эластичности и пластичности при переработке и эксплуатации. В качестве пластификаторов преимущественно используют эфиры фталевой кислоты, несмотря на появившиеся относительно недавно альтернативы. Имеются убедительные сведения о миграции фталатов в окружающую среду (Померанцев, 1995). Загрязнение выделившимся пластификатором производственной, природной и других контактирующих с полимером сред является серьезной проблемой, которая особенно обостряется при использовании поливинилхлоридных пластификатов в качестве упаковочного материала, а также для изготовления водопроводных труб и емкостей различного назначения (Чалых, 1987; Басалаева и др., 2008).

Фталевая кислота является простейшим представителем двухосновных ароматических кислот. Карбоксильные группы друг относительно друга могут располагаться по-разному, в связи с чем существует 3 изомера: орто-, мета- и пара-. Если карбоксильные группы расположены в бензольном кольце у соседних атомов углерода рядом, то это орто-изомер. Такая кислота называется орто-фталевой или бензол-1,2-дикарбоновой кислотой и имеет химическую формулу $C_8H_6O_4$. Орто-фталевая кислота образуется в качестве побочного продукта при получении фталевого ангидрида. Фталевый ангидрид представляет собой продукт основного химического синтеза (Lorz et al., 2007). Соли фталевой кислоты растворимы в воде. Даже небольшие дозы фталатов, попадающие в организм человека, могут приводить к изменению гормонального фона, нарушению работы печени и почек (Liang et al., 2008).

Физико-химические методы анализа, в том числе ВЭЖХ (высокоэффективная жидкостная хроматография), позволяют с высокой точностью и селек-

тивностью определять орто-фталевую кислоту и фталаты, однако для их проведения требуется дорогостоящее оборудование, квалифицированный персонал и специализированные лаборатории. С этих позиций актуальной научно-практической задачей является поиск чувствительного и экспрессного метода для определения фталатов в жидких средах.

В качестве альтернативы может быть использован биосенсорный подход. Существуют аэробные микроорганизмы, способные к разрушению фталатов. Данные микроорганизмы являются в основном бактериями. Среди них наиболее часто встречаются представители родов *Pseudomonas*, *Rhodococcus* (Liang et al., 2008). В определителе Берги в семейство *Pseudomonaceae* включены бактерии *Gluconobacter* (De Ley, Frateur, 1974). Бактерии *Gluconobacter oxydans* могут окислять около 80 различных органических соединений (Луста, Решетилов, 1998). Мы предположили, что орто-фталат также может окисляться этими бактериями. Если окисление ферментными системами *Gluconobacter oxydans* происходит с потреблением молекулярного кислорода, то для изучения этого процесса может быть применим биосенсорный, а именно – амперометрический подход.

Целью работы являлась проверка предположения об окислении динатриевой соли орто-фталевой кислоты иммобилизованными клетками штамма *Gluconobacter oxydans* 9.4 на биосенсорной установке амперометрического типа.

В работе использовали бактериальный штамм *Gluconobacter oxydans* 9.4 из Лаборатории биосенсоров ФГБУН Института биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина (г. Пущино). В качестве субстрата использовали динатриевую соль орто-фталевой кислоты.

Штамм *G. oxydans* 9.4 выращивали в жидкой среде состава: 10% сорбит, 1% дрожжевой экстракт.

Штамм *G. oxydans* 9.4 культивировали в колбах Эрленмейера объемом 750 мл с 50 мл среды на качалке (200 об/мин) при температуре 28 °С в течение суток. Затем полученный инокулят (10%) вносили в опытные колбы с 50 мл жидкой среды того же состава и выращивали в течение 20 часов (конец экспоненциальной фазы роста). Культуральную жидкость центрифугировали при 10 000 g в течение 3 мин, трижды промывали 25 мМ калий-фосфатным буфером (рН 6,5). Клетки ресуспендировали в том же буфере и иммобилизовали на носителе.

Иммобилизацию клеток штамма осуществляли методом физической адсорбции. Для этого клеточную суспензию, содержащую 10 мкл 25 мМ калий-фосфатного буфера с 2 мг сырой биомассы, наносили на полоску носителя (хроматографическая бумага GF/A, Великобритания) при комнатной температуре. Полученный биорецептор с иммобилизованными клетками (ИМК) фиксировали с помощью нейлоновой сетки на измерительной поверхности кислородного электрода типа Кларка (ООО «Кронас», Россия).

Измерения проводили в открытой кювете объемом 2 мл в 25 мМ калий-фосфатном буфере (рН 6.5), насыщенном кислородом при комнатной температуре. Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с), связанная пропорциональной зависимостью со

скоростью изменения концентрации потреблённого кислорода в приэлектродном пространстве (ответ биосенсора). После установления постоянного уровня тока в открытую кювету микропипеткой вводили 100 мкл пробы. Между каждыми измерениями трехкратно промывали кюветы и электрод буферным раствором. Для обработки полученных результатов использовали компьютерную программу Sigma Plot, версия 11.

Для изучения взаимосвязи концентраций фталата натрия на потребление кислорода ИмК концентрации субстрата варьировали от 0,25 до 5,00 мМ. На рисунке представлена градуировочная зависимость ответа биосенсора от концентрации орто-фталата натрия.

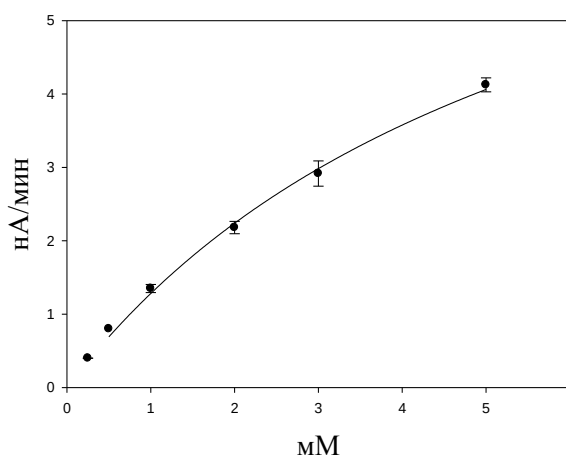


Рис. Градуировочная зависимость ответа биосенсора на основе ИмК штамма *G. oxydans* 9.4 от концентрации динатриевой соли орто-фталевой кислоты

Ответы сенсора увеличивались по мере повышения концентрации орто-фталата натрия. Для градуировочной зависимости ответа биосенсора на основе ИмК штамма *G. oxydans* 9.4 от концентрации динатриевой соли орто-фталевой кислоты были рассчитаны параметры уравнения Михаэлиса-Ментен, аппроксимация проводилась с помощью программы SigmaPlot (табл.).

Таблица

Параметры уравнения Михаэлиса-Ментен градуировочной зависимости ответа сенсора на основе штамма *G. oxydans* 9.4

Рецепторный Элемент	Эффективная константа Михаэлиса, мМ	Максимальная скорость потребления кислорода $V_{\max}$, нА/мин	Чувствительность, нА/мин*мМ
<i>G.oxydans</i> 9.4	$5,9 \pm 0,6$	$8,9 \pm 0,6$	1,6

Нижняя граница определения равна 0,25 мМ. Операционная стабильность (повторяемость) является одной из важнейших характеристик биосенсора. Она показывает устойчивость отклика биосенсора на одну и ту же концентрацию субстрата при проведении большого числа последовательных измерений. На шестые сутки работы ИмК *Gluconobacter oxydans* 9.4 в качестве биорецептора биосенсора для определения операционной стабильности проводили 14 последовательных измерений отклика биосенсора на введение 5 мМ орто-фталата.

Получено среднее значение ответов сенсора 3,9 нА/мин (относительное стандартное отклонение составило 1,5%, что является хорошим показателем для амперометрических сенсоров с ИмК микроорганизмов). Долговременная стабильность характеризует устойчивость работы биосенсора в течение длительного периода времени. Для выявления долговременной стабильности полученного биорецептора проводили измерения ответа сенсора на одно и то же количество орто-фталата (5 мМ). В течение 6 суток ответ сенсора оставался стабильным.

Таким образом, изучено окисление динатриевой соли орто-фталевой кислоты иммобилизованными клетками штамма *Gluconobacter oxydans* 9.4, используя биосенсорный, а именно амперометрический подход. Разработан биосенсор для определения динатриевой соли орто-фталевой кислоты в водной среде.

Литература

Басалаева Л. В., Шафран Л. М., Пресняк И. С., Копя М. Р. Поливинилхлорид на транспорте: назначение, физико-химические и гигиенические свойства, горение. (Обзор литературы и материалов собственных исследований) // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2008. № 2 (12). С. 87–97.

Луста К. А., Решетилов А. Н. Физиолого-биохимические особенности *Gluconobacter oxydans* и перспективы использования в биотехнологии и биосенсорных системах (Обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 1998. Т. 34. № 4. С. 339–353.

Померанцев Э. Г. Экологические проблемы производства, переработки, потребления и утилизации ПВХ и изделий из него (обзор) // Пластические массы. 1995. № 2. С. 47–49.

Чалых А. Е. Диффузия в полимерных системах. М.: Химия, 1987. 312 с.

De Ley J., Frateur J. Bergey's manual of determinative bacteriology / Eds. Buchanan B. B., Gibson A. A., Baltimor: Williams and Wilkins Co. 1974. P. 251–253; 276–278.

Liang D. W., Zhang T., Fang H. Phthalates biodegradation in the environment // Appl. Microbiotechnol. 2008. V. 80. P. 183–198.

Lorz P. M., Towae F. K., Enke W., Jäckh R., Bhargava N., Hillesheim W. Phthalic Acid and Derivatives (англ.) // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley, 2007.

РОЛЬ МИКРОБНЫХ КОМПЛЕКСОВ В ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА БОЛОТНЫМИ ЭКОСИСТЕМАМИ

Е. М. Волкова¹, А. Звягина¹, А. В. Ольчев²

Тульский государственный университет, convallaria@mail.ru,

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова,

aoltche@gmail.com

Болота играют важную роль в глобальном круговороте CO₂, что определяется балансом между поглощением углекислого газа растениями при фотосинтезе и его выделением при дыхании растений в ходе разложения органического вещества торфа. От соотношения этих процессов зависит концентрация углекислоты в атмосфере. Как показали проведенные исследования, процессы связывания углерода, в целом, преобладают над его эмиссией из торфяных залежей на болотах. Однако, в разных условиях соотношение может меняться.

Например, при осушении болот «выбросы» углерода могут значительно превышать интенсивность его депонирования (Вомперский, 1994).

Эмиссия углекислого газа с болот включает 2 составляющие: непосредственное дыхание надземных органов растений и «почвенное» дыхание. Последнее связано с деятельностью микроорганизмов в процессе разложения отмерших частей растений и дыханием корней. В общем потоке CO_2 «почвенное дыхание» является доминирующим (Ольчев и др., 2012). Следовательно, для оценки роли болотных экосистем в углеродном балансе необходимо знать «вклад» разных болотных биотопов в эмиссию CO_2 , зависимость этого процесса от экологических условий и концентрации микроорганизмов в торфе, поскольку именно от этих показателей зависит интенсивность разложения органического вещества и скорость выделения углекислого газа в атмосферу.

Изучение интенсивности эмиссии CO_2 проводили на трансекте «окрайка – центр» в разных растительных сообществах карстово-суффозионного болота «Главное». Болото располагается среди широколиственного леса у пос. Озерный (Ленинский р-н, Тульская область) и образовано в провале глубиной более 10 м. Площадь болота – около 1 га. Торфяные отложения представлены сплавинной толщиной 2,5–3 м в центральной части болота. На окрайках залежь целостная, без разрывов и имеет глубину 4–6 м. Торфяные отложения на сплавине в центральной части болота образованы пушицево-сфагновым, осоково-сфагновым и сфагновым переходными видами торфа (степень разложения, $R=15\text{--}20\%$); травяно-сфагновым и осоково-сфагновым низинными торфами ($R=30\text{--}35\%$) на окрайке. Растительный покров в направлении «окрайка – центр» также меняется, что связано с особенностями водно-минерального питания и аэрации залежи. Измерения проводили в березово-вахтово-сфагновом (*Betula pubescens* – *Menyanthes trifoliata* – *Sphagnum riparium*), березово-телиптерисовом (*Betula pubescens* – *Thelypteris palustris*), березово-камышовом (*Betula pubescens* – *Scirpus sylvaticus*) сообществах на окрайке болота, а также в очеретниково-осоково-сфагновом (*Rhynchospora alba* – *Carex rostrata* – *Sphagnum magellanicum* + *S. angustifolium*) ценозе в центральной части болота на сплавине. Все перечисленные сообщества различаются по обводненности (что характеризовали по динамике уровня залегания болотных вод от поверхности болота), содержанию солей и кислорода в болотных водах, зольности торфа. Эти факторы определяют концентрацию и жизнедеятельность микроорганизмов, участвующих в разложении растительных остатков и обеспечивающих выделение углекислого газа.

Цель данной работы – выявить зависимость интенсивности эмиссии CO_2 от экологических параметров болотных биотопов и концентрации микроорганизмов в торфе. Для реализации данной цели проводили измерения эмиссии углекислоты при помощи экспозиционной камеры и портативного инфракрасного газоанализатора $\text{CO}_2\text{LI-840}$ (Li-Cor, США) (представлены средние значения за вегетационный сезон). В каждом сообществе измеряли УБВ в течение вегетационных сезонов, отбирали воду из корнеобитаемого горизонта, определяли pH, содержание солей (pH-метр-кондуктометр Combo «Hanna») и кислорода (при помощи оксиметра). В точках измерения были отобраны образцы торфа, в

которых определяли степень разложения, ботанический состав, влажность, зольность и концентрацию микроорганизмов.

При характеристике микробного состава определяли численность бактерий и грибов методом посевов на питательные среды Лаури-Бертрани и Чапека-Докса. Для этого использовали навеску торфа (1 г), помещали в пробирку с 9 мл физиологического раствора и проводили серию последовательных десятикратных разведений. На агаризованные питательные среды наносили по 100 мкл взвеси из второго и третьего разведения. Взвеси растирали стерильным шпателем по все поверхности среды Петри. Учет выросших колоний проводили на 2-й день (бактериальные колонии) и через неделю (грибные колонии). Результаты выражены в количестве КОЕ на 1 грамм торфа.

Как показали проведенные исследования, экология исследуемых растительных сообществ различается (табл. 1).

Таблица 1

Экологические условия растительных сообществ болота «Главное»

Сообщество	Гидролого-гидрохимические показатели				Свойства торфа (0–50 см)	
	УБВ _{ср} , см	pH _{ср}	сод-е O ₂ , мг/л, ср. (мин-макс.)	сод-е солей, мг/л, ср. (макс.)	влажность, %	зольность, %
Березово-вахново-сфагновое	- 10	5,28	2,83 (2,37–3,67)	65 (112)	1207	18,7
Березово-камышевое	- 18	4,95	1,81 (1,47–2,14)	55 (87)	921	17,1
Березово-телиптерисовое	- 7	4,87	2,87 (2,51–3,11)	47 (76)	1066	18,3
Очеретниково-осоково-сфагновое	- 10	4,31	1,73 (1,46–2,16)	45 (64)	1104	16,8

Изучение интенсивности эмиссии углекислого газа показало, что наиболее активно этот процесс протекает в березово-камышовом сообществе, расположенном на окрайке болота (табл. 2). Показатель эмиссии достигает 5,98 мкмоль CO₂/м²/сек. Причиной этого является низкая обводненность, поскольку УБВ в летний период может опускаться до –25 см от поверхности (средний УБВ=–18 см). Как результат, влажность торфа в таких условиях имеет минимальное значение (921%). Окраинное положение этого ценоза обеспечивает поступление элементов питания с минеральных берегов болота, поэтому содержание солей в болотных водах – одно из высоких значений на данном болоте. Однако, при столь низком УБВ минерализация болотных вод не оказывает влияние на функционирование микробных комплексов, также, как и низкое содержание кислорода (табл. 1). Как видно, в этом комплексе условий лимитирующим фактором является интенсивная аэрация корнеобитаемого горизонта. Именно этот показатель оказывает существенное влияние на активность микроорганизмов. Как показали полученные результаты, именно аэрация коррели-

рует с высокой численностью бактерий (показатель имеет максимальное значение для данного сообщества) в торфе (табл. 2). Грибной компонент также характеризуется высокой представленностью.

В березово-вахново-сфагновом сообществе показатель эмиссии несколько ниже – 5,09 мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{сек}$. Это коррелирует со снижением титра микроорганизмов, при этом численность бактерий снижается на порядок, а грибов – увеличивается (табл. 2). Такое состояние микробного комплекса определяется увеличением обводнения сообщества (УБВ находится на глубине не ниже – 10 см от поверхности болота), повышением влажности торфа (до 1207%). Несмотря на снижение аэрации биотопа, жизнедеятельность микроорганизмов сохраняется благодаря достаточно высокому содержанию кислорода в болотной воде (до 3,67 мг/л) и показателям минерализации (до 112 мг/л).

В березово-телиптерисовом ценозе интенсивность «почвенного дыхания» составляет 4,51 мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{сек}$, что ниже, чем в предыдущем случае. Это сообщество характеризуется обильным и стабильным увлажнением (УБВ=–7 см), что определяет высокую влажность торфа (1066%) (табл. 1). Снижение аэрации компенсируется высоким содержанием кислорода в болотных водах, значения которого могут достигать 3,11 мг/л. Содержание солей в болотных водах уменьшается (отличия недостоверны). В таких условиях концентрация структура микробного комплекса характеризуется снижением на порядок численности грибов по сравнению с березово-вахново-сфагновым сообществом, и уменьшением концентрации бактерий по сравнению с березово-камышовым ценозом (табл. 2).

Наиболее низкие показатели эмиссии CO_2 показаны для очеретниково-осоково-сфагнового сообщества, где составляют 3,62 мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{сек}$. Это сообщество располагается в центре сплавины и характеризуется высокой обводненностью – УБВ в течение сезона находится на глубине –10 см от поверхности (влажность торфа –1104%). В питании это сообщество использует атмосферные воды и потому минерализация болотных вод имеет наиболее низкие значения (табл. 1). При застойном увлажнении содержание кислорода снижается до 1,78 мг/л. В таких условиях численность, как бактерий, так и грибов в торфе достигает минимальных показателей (табл. 2).

Таблица 2

Интенсивность выделения углекислого газа и численность микроорганизмов в торфе разных растительных сообществ болота

Растительное сообщество	Интенсивность эмиссии углекислого газа, мкмоль $\text{CO}_2/\text{м}^2/\text{сек}$	Общая численность микроорганизмов (КОЕ/г торфа)	
		бактерии	грибы
Березово-вахново-сфагновое	5,09	$7 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^3$
Березово-камышовое	5,98	$2,1 \cdot 10^5$	$7 \cdot 10^2$
Березово-телиптерисовое	4,51	$6,3 \cdot 10^4$	$9 \cdot 10^2$
Очеретниково-осоково-сфагновое	3,62	$2,6 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^2$

Проведенный анализ показывает зависимость интенсивности эмиссии углекислого газа из торфяных отложений разных растительных сообществ от концентрации микроорганизмов в корнеобитаемом горизонте торфа. При этом на состояние микробных комплексов оказывают влияние экологические параметры биотопа. Как показали результаты анализа, ведущим фактором является аэрация торфа. Это обеспечивает интенсивное «почвенное дыхание» при снижении УБВ. При высоком обводнении важным является содержание кислорода в болотных водах. Минерализация болотных вод и зольность торфа не являются определяющими для жизнедеятельности микробных комплексов.

Сравнение окраинных сообществ с таковыми, расположенными в центральной части болота, показывает отличия в их функционировании, что проявляется в интенсивности выделения углекислоты из торфяных отложений. Благоприятные экологические условия и высокая численность микроорганизмов на окрайках болота обеспечивают активное разложение растительных остатков и интенсивную эмиссию CO₂. В результате скорость прироста торфа на окрайках болота замедляется. Напротив, в центре сфагновой сплавины происходит накопление отмерших растительных остатков и происходит активный вертикальный прирост торфа. Причиной этого является низкая численность микроорганизмов в условиях высокого увлажнения и низкой аэрации торфа, что приводит к снижению интенсивности выделения углекислого газа в атмосферу. Проведенное исследование свидетельствует о разном «вкладе» болотных фитоценозов в углеродный баланс атмосферы.

Литература

Вомперский С. Э. Роль болот в круговороте углерода. В кн. Биогеоценотические особенности болот и их рациональное использование. М.: Наука, 1994. С. 5–37.

Ольчев А. В., Волкова Е. М., Каратаева Т. А., Новенко Е. Ю. Нетто CO₂-обмен и испарение сфагнового болота в зоне широколиственных лесов Европейской России // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 3. 2012. С. 207–220.

МИКРОБНЫЙ СЕНСОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БПК₅ МУНИЦИПАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Е. В. Емельянова

*Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина РАН,
elenvem@ibpm.pushchino.ru*

Биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК₅) является важным показателем качества воды. БПК₅ – это количество кислорода в миллиграммах, израсходованное на окисление находящихся в 1л сточной воды органических веществ в аэробных условиях в результате происходящих в воде биологических процессов за 5 суток (Лурье, 1984).

Арбитражный метод определения общей загрязнённости сточных вод органическими веществами – это определение БПК₅ скляночным методом (РД 52.24.420-5005). Измерения выполняют в специальных склянках ёмкостью 100-250 мл (склянки БПК). В качестве стандартных условий измерения принята

продолжительность инкубации 5 суток. Потребление кислорода, определённое при этих условиях, называют пятисуточным биохимическим потреблением кислорода – БПК₅.

Недостатком указанного метода является его трудоёмкость и длительное время проведения анализа. При загрязнении общегородских стоков промышленными отходами рекомендуется определять полное БПК (количество кислорода в миллиграммах, израсходованное на полное окисление органических веществ, которые находятся в воде), что ещё более удлиняет время проведения анализа: до 10 (БПК₁₀) или до 20 суток (БПК₂₀) и более (зависит от присутствия «биологически жёстких» веществ и токсинов).

Более оперативные методы оценки загрязнённости вод основаны на использовании биосенсорных анализаторов.

Известны микробные сенсоры для экспресс-определения загрязнённости воды органическими веществами (Liu, Mattiasson, 2002; D'Souza, 2001). В одних в качестве биорецептора используют клетки определённой культуры, что сужает спектр «окисляемых» веществ. В других – используют активный ил, что расширяет спектр веществ, на которые воздействуют культуры рецептора, но затрудняет воспроизводимость состава этой смеси неопределённого состава. Зачастую для построения калибровочных зависимостей используют глюкозо-глютаматную смесь, для которой известна биохимическая потребность в кислороде для полного окисления смеси (БПК_{гл-глу}), но её применяют в арбитражном методе для контроля качества результатов измерения БПК₅ (РД 52.24.420-5005).

Целью данной работы было изучить возможность создания микробного мембранного сенсора для определения БПК₅ муниципальных сточных вод, используя преобразователь электрохимического типа, измеряющий содержание кислорода в жидкой среде, – кислородный электрод Кларка, консорциум культур определённого состава и муниципальные сточные воды г. Пущино (летний период).

Рецептором служил консорциум из 16 культур родов *Pseudomonas* и *Hansenula*, выделенных из активного ила нефтеперерабатывающего завода.

Культуры поддерживали при +4 °С на пептон-триптонной агаризованной среде следующего состава: аминокислота-пептид – 60 мл/л, триптон – 5 г/л, дрожжевой экстракт – 1 г/л, соевый пептон – 5 г/л, агар-агар – 20 г/л, вода дистиллированная – до 1 литра, pH – 6,9–7,3. Для получения биомассы каждую культуру выращивали в пробирке на агаризованной пептон-триптонной среде указанного состава при температуре 28 °С в течение 18 часов. Биомассу снимали с поверхности агара и суспензировали в 50 мМ калий-натрий фосфатном буфере (pH 7,4). Полученные суспензии смешивали в равных пропорциях (по массе клеток); концентрация конечной суспензии консорциума культур была 100 мг влажных клеток/мл. Конечную суспензию клеток выдерживали в течение 12 часов при температуре +4 °С, а затем использовали для приготовления рецепторного элемента сенсора.

Для формирования рецепторного элемента использовали среднеплотную бумагу (5,2 мг/см²) фирмы Whatman на основе боросиликатного стекла. Суспензию консорциума культур иммобилизовали на бумаге методом простой фи-

зической адсорбции. С этой целью суспензию (5 или 10 мкл) наносили на фрагмент бумаги (5×5 мм) в форме пятна диаметром 3–4 мм и высушивали 30 мин при комнатной температуре.

Для формирования мембранного амперометрического биосенсора полученный рецепторный элемент закрепляли на измерительной поверхности кислородного электрода Кларка с помощью нейлоновой сетки. Электрод помещали в открытую кювету с рабочим объемом 5 мл, содержащую 50 мМ калий-натрий фосфатный буферный раствор (рН 7,4) и оснащённую магнитной мешалкой. Все измерения проводили при комнатной температуре и при постоянном перемешивании. Кислородный электрод, преобразующий химический сигнал (концентрация кислорода) в электрический, использовали в комплексе с усилительной системой «Ingold 5315/10». Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (pA/c), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации кислорода потреблённого биорецептором в ответ на внесение анализируемого образца (в дальнейшем – ответ сенсора). Регистрацию сигнала, поступающего с электрода, осуществляли с помощью двухкоординатного самописца.

Муниципальные сточные воды, поступающие на станцию очистки города Пущино (далее – на входе), содержат большое количество взвешенных частиц, которые частично удаляют в первичном отстойнике (далее – вход после отстойников). Затем стоки проходят очистку с помощью активного ила. В очищенных водах взвешенные остатки активного ила удаляют во второй серии отстойников.

Образцы муниципальных сточных вод, отобранные на разных стадиях обработки, были проанализированы с помощью биосенсора и построены зависимости «ответ биосенсора на сточные воды – БПК₅ сточных вод (определённое скляночным методом)».

Обнаружено, что взвешенные вещества, содержащиеся в стоках на входе, существенно влияют на ответ сенсора (рис. 1). Поэтому необходимы две разные калибровочные зависимости для определения БПК₅ для стоков на входе и на входе после отстойников. Найдено уравнение, описывающее калибровочную зависимость для стоков на входе: $Y(x) = 4,51 + 1,96 x$, где $Y(x)$ – ответ сенсора в pA/c, x – БПК₅ в мгО₂/л после разведения пробы в кювете, и калибровочную зависимость для стоков на входе после отстойников: $Y(x) = 6,14 + 1,85 x$.

Известно, что вещества, содержащиеся в сточных водах, очень часто замедляют процессы биохимического окисления, оказывая подчас токсическое воздействие на микроорганизмы. Поэтому при определении БПК₅ сточных вод скляночным методом решающее значение имеет предварительная адаптация микрофлоры. Помимо адаптации скорость окисления зависит от количества микробов, внесённых при инокуляции (Лурье, 1984).

Указанные факторы учитывались и при анализе стоков с помощью биосенсора: при формировании рецепторного элемента иммобилизовали различное количество микробной суспензии (5 или 10 микролитров). Чтобы культуры консорциума, используемого в биосенсоре, были адаптированы к стокам, уже

сформированный рецепторный элемент выдерживали в сточных водах в течение 18 час. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

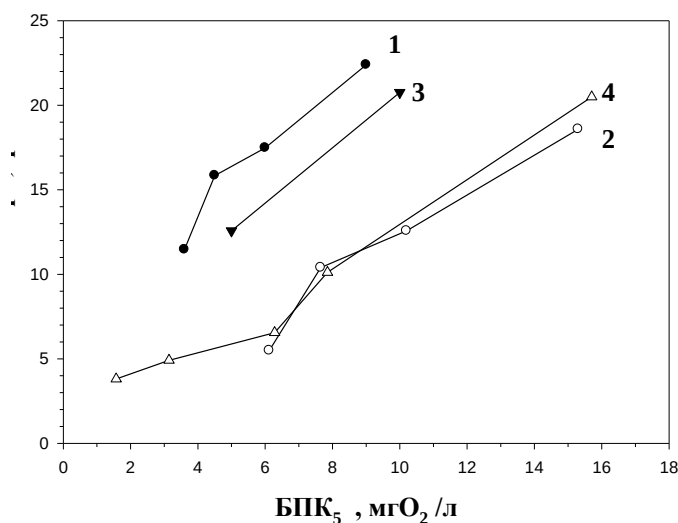


Рис. 1. Влияние взвешенных веществ на ответ биосенсора (1, 3 – стоки на входе; 2, 4 – на входе после отстойников) при различной «микробной загрузке» рецепторного элемента (1, 2 – 10 μ л суспензии; 3, 4 – 5 μ л)

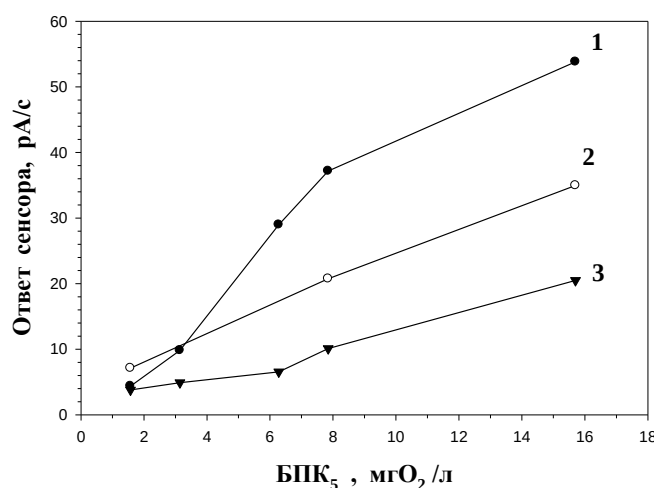


Рис. 2. Зависимость ответа биосенсора от адаптации и «микробной загрузки» рецепторного элемента (1 – адаптированный рецептор; 2, 3 – неадаптированный рецептор; 1, 3 – «микробная загрузка» – 5 μ л; 2 – 10 μ л)

Благодаря низкой «микробной загрузке» рецепторного элемента (5 μ л) регистрация ответа сенсора начиналась через 10 секунд после внесения пробы. При увеличении «микробной загрузки» в 2 раза (с 5 до 10 μ л) чувствительность биосенсора увеличивалась в 2 раза без снижения оперативности анализа. Адаптация рецепторного элемента позволяла в 3 раза увеличить чувствительность биосенсора (с 1,3 до 3,4 $\text{pA/c} \cdot (\text{мгО}_2/\text{л})$) без увеличения «микробной загрузки» (рис. 1).

При хранении рецепторного элемента в сухом состоянии при температуре +4 °С в течение 21 дня наблюдали одинаковое падение активности (в 1,8 раза) как для адаптированного, так и неадаптированного элемента (рис. 3 и 4). Однако конечная активность адаптированного рецепторного элемента оставалась достаточно высокой (чувствительность – 1,9 рА/с·(мгО₂/л)), сравнимой с исходной активностью неадаптированного элемента.

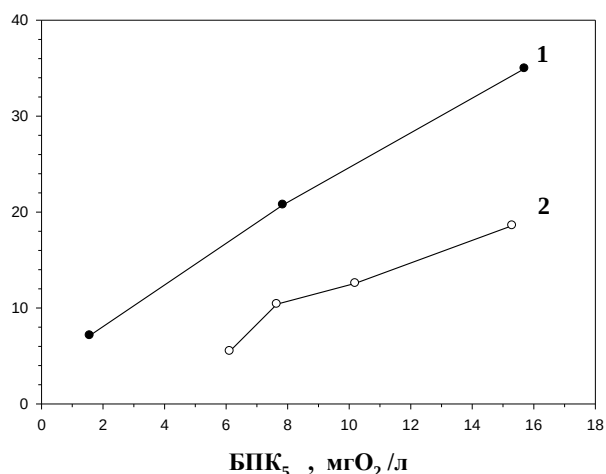


Рис. 3. Влияние времени хранения рецепторного элемента («микробная нагрузка» – 10 μл) на ответ сенсора, где время хранения 1 – 1 сутки, 2 – 21 сутки

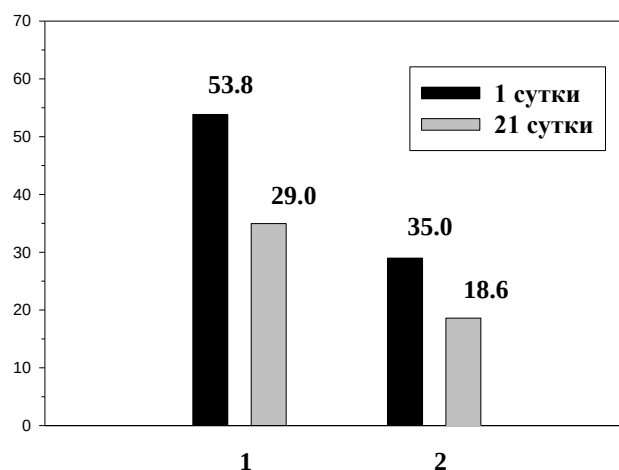


Рис. 4. Падение активности за 21 день для адаптированного рецепторного элемента 1 («микробная нагрузка» – 5 μл) и неадаптированного рецептора 2 («микробная нагрузка» – 10 μл)

Для адаптированного рецептора уравнение, описывающее калибровочную зависимость для стоков на входе, было $Y(x) = 3,36 + 3,54 x$, где $Y(x)$ – ответ сенсора в рА/с, x – БПК₅ в мгО₂/л после разведения пробы в кювете.

Таким образом, на основе кислородного электрода Кларка и консорциума культур определённого состава была сконструирована лабораторная модель мембранного сенсора для определения БПК₅ муниципальных сточных вод. Время единичного анализа не превышало 5 минут. Сокращение времени анализа по сравнению с традиционным методом определения БПК₅ скляночным методом составляло более 1400 раз.

Литература

- Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М: Химия, 1984. С. 82–91.
- РД 52.24.420-2005. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом. Руководящий документ.
- Liu J., Mattiasson B. Microbial BOD sensors for wastewater analysis // Water research. 2002. V. 36. P. 3786–3802.
- D'Souza S. F. Microbial biosensors // Biosensors and bioelectronics. 2001. V. 16. P. 337–353.

МИКСОМИЦЕТЫ КАК ИСТОЧНИК ФИТОСТИМУЛИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

А. С. Казей¹, А. А. Широких^{1,3}, И. Г. Широких^{2,3}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
irgenal@mail.ru

Неклеточные слизевики-миксомицеты являются неотъемлемым компонентом лесных биоценозов. Они встречаются на всех континентах, но наиболее высокое разнообразие этих организмов наблюдается в лесных экосистемах умеренного пояса (Новожилов, 1993). В таксономическом отношении миксомицеты – сборная группа организмов, объединяемая своеобразным жизненным циклом. Жизненный цикл миксомицетов включает стадии одноклеточных амёб (миксамёбы), зооспоры, многоклеточный плазмодий и плодовые тела (спорокарпы).

В настоящее время насчитывается около 900 видов миксомицетов, причем размеры их варьируют от нескольких микрометров до миллиметров, уже заметных невооруженным глазом. Будучи фаготрофными грибоподобными протистами, относящимися к группе детритных консументов, миксомицеты используют как трофический ресурс бактерии, дрожжи и мицелиальные грибы (Stephenson, Stempen, 2000). Потребление этого трофического ресурса в жизненном цикле миксомицетов осуществляется на стадиях миксамёб и многоклеточного плазмодия. Однако в микроскопических препаратах спорокарпов, приготовленных для идентификации миксомицетов, постоянно и в больших количествах обнаруживаются бактерии и споры грибов.

Целью наших исследований являлось изучение состава микрофлоры плодовых тел миксомицетов порядка *Trihiales* и выявление бактерий с фиторегуляторными свойствами.

Из спорокарпов миксогастриевых слизевиков *Trichia decipiens* и *Metatrichia vesparium*, собранных в лесном биоценозе заповедника «Нургуш» в сентябре 2014 г., выделили 12 бактериальных изолятов. Для исследований использовали стандартные методы, применяемые при описании и идентификации бактерий: изучали их культуральные свойства, морфологию клетки, физиолого-биохимические особенности (Методы..., 1984).

Морфологическая характеристика и организация клеток бактерий включает такие признаки, как форма и размеры клеток, их подвижность, способность к спорообразованию. Первостепенное значение для систематики бактерий придается окраске клеток по Граму и строению их клеточных стенок. Из физиолого-биохимических свойств можно выделить тип энергетического метаболизма. Для определения способа дыхания используется тест Хью-Лейфсона. Он позволяет выявить способность различных бактерий окислять и/или ферментировать глюкозу.

В результате исследований было установлено, что большинство бактерий (70%), изолированных из спорокарпов миксомицетов были представлены грамотрицательными неспорообразующими палочками, обладающими активной подвижностью с аэробным и факультативно анаэробным метаболизмом. Грамположительная микрофлора (30%) была представлена кокками и коринеформными бактериями.

Для определения фитостимулирующих свойств бактерии выращивали в жидкой капустной среде (Каталог культур..., 1992) в течение 3-х суток. В полученной культуральной жидкости при разведениях 1:10 и 1:100 замачивали зерновки пшеницы Приокская в течение суток. Наклюнувшиеся семена раскладывали на фильтровальной бумаге, скручивали её в рулон и помещали в сосуды с дистиллированной водой. Рулоны с зерновками инкубировали 5 суток при 23 °C и фотопериоде 16 часов. После инкубации измеряли линейные размеры и сухую биомассу проростков (Широких, 2007).

Из 12 протестированных культур стимулирующее действие на проростки оказали по всем трем показателям два штамма-mv 9 и mv 11 в разведении 1:10, выделенные из спорофоров *M. vesparium*. Еще два штамма-td6 (1:10) и mv12 (1:100) – способствовали достоверному увеличению сухой массы проростков, а длину побега по сравнению с контролем увеличивала обработка семян культуральной жидкостью штаммов td6, mv10 и mv11 (1:100).

Обычно бактерии, выделяемые из ризосферы растений, чаще продуцируют метаболиты с ауксиновой активностью, что проявляется в увеличении у проростков длины корней более, чем ростка. Бактерии из спорофоров миксомицетов, по-видимому, проявляют цитокининовую активность, о чём свидетельствует увеличение длины ростка более, чем корня.

В модельном эксперименте мы проверили интенсивность синтеза индольных метаболитов штаммами, выделенными из спорофоров миксомицетов. Количество индольных метаболитов определяли в культуральной жидкости колориметрически с помощью реактива Сальковского (Libbert, Rich, 1969). Синтез индольных соединений (ИУК) бактериями, изолированными из спорофоров миксомицетов *Trichia decipiens* и *Metatrichia vesparum* показал, что уровень их синтеза крайне мал и варьирует в незначительных пределах. Из протестированных штаммов наибольшую активность проявили на 4 сутки культивирования mv10–3,5 мкг/мл, td6–2,80 мкг/мл, td3–2,74 мкг/мл, td5–2,70 мкг/мл, mv11–2,5 мкг/мл. Интересно, что к 6 суткам культивирования только штамм td6 (3,54 мкг/мл) повысил активность синтеза ауксинов, тогда как остальные, наоборот, значительно снизили его накопление в культуральной среде.

Таким образом, в результате исследований установлено, что спорофоры миксомицетов *Trichia decipiens* и *Metatrichia vesparum* могут являться специфической экологической нишей для изоляции бактерий с фитостимулирующими свойствами. Показано, что бактерии из спорофоров миксомицетов стимулируют апикальный рост проростков, но практически не оказывают влияние на увеличение размеров корней проростков. Синтез ауксинов проверенными штаммами незначительный, что может свидетельствовать о проявлении этими штаммами скорее цитокининовой, чем ауксиновой, активности.

Литература

- Новожилов Ю. К. Класс миксомицеты. Определитель грибов России: Отдел Слизевик. Вып. 1. СПб.: Наука, 1993. 288 с.
- Широких А. А. Выделение и поддержание коллекции микробных культур с фиторегляторными свойствами для использования в сельскохозяйственной биотехнологии: Методические рекомендации. Киров, 2007. 36 с.
- Каталог культур микроорганизмов / Под. ред. Л. В. Калакуцкого и М. В. Фатеевой. Пушкино-М., 1992. 362 с.
- Методы общей бактериологии / Под ред. Ф. Герхарда. Т. 3. М.: Мир, 1984. 263 с.
- Libbert E., Rich H. Interaction between plants and epiphytic bacteria regarding their auxin metabolism // *Physiol. Plant.* 1969. V. 22. P. 51–58.
- Stephenson, S. L., H. Stempen. *Мухомыцеты: a Handbook of Slime Molds*. Timber Press, Portland, Oregon. 1994. 183 p.

РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫЕ АССОЦИАЦИИ В БИОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ПОЧВ

Е. А. Горностаева¹, Л. И. Домрачева^{1,2}, А. И. Фокина³
*¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
dli-alga@mail.ru,
² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
³ Вятский государственный гуманитарный университет*

Методы биоремедиации загрязнённых территорий основаны на способности организмов обезвреживать или удалять токсиканты из почвы. К числу организмов-ремедиаторов относятся как микробы, так и высшие растения. При микробной ремедиации практикуют различные приёмы активизации аборигенной микрофлоры и методы биоаугментации (когда в почву производят дополнительное внесение биологического агента). Фиторемедиация основана на очистке загрязнённых почв с помощью растений. Усиление ремедиационных способностей растений связано с созданием растительно-микробных комплексов путём предпосевной инокуляции семян.

Как правило, в результате химического загрязнения почвы начинается постепенное восстановление параметров микробной системы, причём часто основной задачей почвенной биотехнологии является повышение скорости репарационных процессов (Кожевин, 2007). Разнообразие поллютантов, попадающих в почву, предполагает как большое разнообразие представителей микробиоты, обладающих детоксикационными способностями, так и многообразие путей их активизации. Например, для стимуляции аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры предлагается использовать минеральные удобрения, мелассу и поверхностно-активные вещества, применение которых приводит к убыли нефтепродуктов в почве до 62% (Плешакова и др., 2005). Специфика сорбционно-биологического метода биоремедиации состоит в том, что одновременно используются природные сорбенты и агроприёмы, создающие оптимальные условия для развития и жизнедеятельности собственной специфической микробиоты или специально вносимых организмов (Васильева и др., 2003). Ускоренной способностью к разрушению таких поллютантов, как хлор- и фосфорорганиче-

ские пестициды обладают многие почвенные грибы: *Aspergillus oryzae*, *As. terreus*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium brevicompactum*, *Lentinula edodes* (Pinto et al., 2012; Silambarasan, Abraham, 2013).

На биodeградацию органических контаминантов влияют экссудаты цианобактерий (ЦБ), стимулирующие размножение многочисленных бактерий, утилизирующих загрязняющие вещества (Kirwool et al., 2006).

Способность некоторых растений аккумулировать тяжёлые металлы (ТМ) привела к развитию приёмов фиторемедиации. При этом в качестве фитомелиорантов используются представители различных семейств, как правило, мало ценные в пищевом или кормовом отношении.

Повышение биоремедиационной активности наблюдается при использовании растительно-микробных комплексов. Среди партнёров высших растений-аккумуляторов ТМ наиболее перспективными считают бактерии р. *Pseudomonas*, обладающих дополнительной способностью стимулировать рост растений (Боронин, 2002). Выполнены работы, в которых показано, что устранение токсического действия поллютанта может достигаться путём инокуляции семян различными микроорганизмами. Так, при выращивании ячменя в почве, загрязнённой свинцом, бактеризация семян *Pseudomonas fluorescens* приводила к уменьшению содержания свинца в зелёной массе в 2–6 раз, в корнях на 20% и повышалась устойчивость растений к свинцу вплоть до полного устранения его токсического действия (Мальцева, Шабает, 2010).

Таблица

**Влияние предпосевной инокуляции семян на вынос меди растением
из почвы**

Культура, вариант			Вегетативная масса	Семена	Всего
Пшеница	Cu (II) 3 мг/кг	Без обработки	1,90±0,40	8,00±1,81	9,90±2,20
		<i>Nostoc linckia</i>	2,20±0,50	7,30±1,70	9,50±2,20
		<i>Fischerella muscicola</i>	2,90±0,70	7,20±1,80	10,10±2,30
	Cu (II) 300 мг/кг	Без обработки	5,30±1,20	8,70±2,00	14,00±3,20
		<i>Nostoc linckia</i>	2,80±0,60	8,40±1,90	11,20±2,50
		<i>Fischerella muscicola</i>	8,70±2,00	8,00±1,80	16,70±3,80
Горох	Cu (II) 3 мг/кг	Без обработки	19,37±0,13	5,20±0,00	24,57±0,13
		<i>Nostoc linckia</i>	5,91±0,12	4,76±0,23	10,67±0,35
		<i>Fischerella muscicola</i>	16,26±0,19	5,98±0,04	22,24±0,23
	Cu (II) 300 мг/кг	Без обработки	44,06±0,18	6,66±0,05	50,72±0,23
		<i>Nostoc linckia</i>	8,34±0,01	5,21±0,16	13,56±0,17
		<i>Fischerella muscicola</i>	48,00±0,00	5,45±0,07	53,45±0,07
Горчица	Cu (II) 3 мг/кг	Без обработки	2,30±0,50	4,00±0,90	6,30±1,40
		<i>Nostoc linckia</i>	2,90±0,70	4,00±1,00	6,90±1,70
		<i>Fischerella muscicola</i>	2,40±0,50	3,20±0,70	5,60±1,20
	Cu (II) 300 мг/кг	Без обработки	2,70±0,60	3,00±0,70	5,70±1,30
		<i>Nostoc linckia</i>	3,20±0,70	3,90±0,90	7,10±1,60
		<i>Fischerella muscicola</i>	3,30±0,80	5,40±1,30	8,70±2,10

Исследования, проведённые в ВГСХА и ВятГГУ, показали, что цианобактериальная инокуляция семян при выращивании растений в медьзагрязнённой почве, приводит к различным результатам. ЦБ по отношению к растениям об-

ладают как защитной функцией, снижая уровень поступления в надземную массу ионов меди, так и способствует интенсивному оттоку из почвы данного поллютанта путём повышения уровня аккумуляции меди в вегетативной массе и семенах растений. Подобный эффект связан и с видом растений и с видом ЦБ (Горностаева и др., 2012, 2013, 2014).

Как видно из таблицы, при обработке семян пшеницы и гороха ЦБ *Nostoc linckia* с увеличением концентрации ТМ в почве уровень поглощения Cu^{2+} падает: на 20% у пшеницы ($r_{\text{П}}=-0,8865$) и на 73,3% у гороха ($r_{\text{П}}=-0,7920$). В то же время предварительная обработка семян горчицы ЦБ *N. linckia* и *Fischerella muscicola* приводит к положительной динамике выноса ТМ из почвы. При этом доза ТМ 300 мг/кг стимулирует и больший вынос Cu^{2+} растением. Так, при использовании ЦБ *N. linckia* при 100 ПДК (300 мг/кг) вынос Cu^{2+} горчицей (*Sinapis alba*) увеличивается на 24,6% ($r=0,8184$), при инокулировании семян почвенной ЦБ *Fisch. muscicola* – на 52,63% ($r=0,9705$), по сравнению с контролем. Поэтому растительно-цианобактериальный комплекс «*Sinapis alba* + *Fischerella muscicola*» можно рекомендовать в качестве эффективного биоремедиатора почв, в которых наблюдается высокое содержание меди.

Литература

Боронин А. М. Биотехнология ремедиации почв на основе микробно-растительного взаимодействия // Биотехнология: состояние и перспективы. Матер. I междунар. конгресса. М., 2002. С. 138.

Васильева Г. К., Стрижакова Е. Р., Субочева С. А. Сорбционно-биологическая очистка сильно загрязнённых почв // Биотехнология: состояние и перспективы развития. II Московский междунар. конгресс. Ч. 2. М., 2003. С. 18.

Горностаева Е. А., Зыкова Е. В., Кудряшов Н. А. Защитное действие цианобактерий при выращивании гороха в условиях загрязнения почвы медью // Знания молодых: наука, практика и инновации. Материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и соискателей: Сб. науч. трудов. В 2 ч. Ч. 1. Агрономические, биологические, ветеринарные науки. 2012. С. 23–25.

Горностаева Е. А., Калинин А. А., Зыкова Е. В., Кудряшов Н. А. Защитное действие цианобактерий при выращивании пшеницы в условиях загрязнения почвы медью // Актуальные проблемы охраны окружающей среды и рационального природопользования. Сб. III Междунар. науч.-практ. очно-заочной конф. 2013. С. 15–17.

Горностаева Е. А., Калинин А. А., Кудряшов Н. А. Влияние цианобактерий *Fischerella muscicola* на уровень поступления ионов меди (II) в вегетативную массу и семена *Sinapis alba* // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф.-выставки инновационных экологических проектов с междунар. участием. (г. Киров, 26–28 ноября 2013 г.). Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2013. С. 293–296.

Горностаева Е. А., Домрачева Л. И. Влияние возрастающих концентраций ионов меди (II) на развитие почвенной альго-микофлоры // Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем: Материалы Всерос. науч. конф. (г. Киров, 22–23 апреля 2014 г.). Киров: Изд-во ООО «ВЕСИ», 2014. С. 206–210.

Горностаева Е. А., Кудряшов Н. А., Калинин А. А. Влияние цианобактериальной обработки семян на уровень накопления ионов меди (II) в пшенице // Знания молодых: наука, практика и инновации. Сб. науч. трудов Междунар. науч.-практ. конф. аспирантов и молодых ученых. Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2014. С. 16–18.

Кожевин П. А. «Здоровье» почвы как проблема биотехнологии // Биотехнология: состояние и перспективы развития. Матер. междун. конгресса. Ч. 2. М. 2007. С. 114.

Мальцева А. Н., Шабаев В. П. Эффективность ростстимулирующих ризосферных бактерий рода *Pseudomonas* при выращивании ячменя в условиях загрязнения свинцом серой лесной почвы // Агрохимия. 2010. № 8. С. 58–65.

Плешакова Е. В., Дубровская Е. В., Турковская О. В. Приемы стимуляции аборигенной нефтеокисляющей микрофлоры // Биотехнология. 2005. № 1. С. 42–50.

Kirwool A. E., Nalewajko C., Fulhorpe R. R. The effects of cyanobacterial exudates on bacterial growth and biodegradation of organic contaminants // Microbial. Ecol. 2006. V. 51. № 1. P. 4–12.

Pinto A. P., Serrano C., Pires T., Mestrinho E. et al. Degradation of terbuthylazine, difenconazole and pendimethalin pesticides by selected fungi cultures // Sci. Total Environ. 2012. V. 435–436. P. 402–410.

Silambarasan S., Abraham J. W. Water, Air and Soil Pollut. 2013. V. 224. № 1. P. 1369/1–1369/11.

«ЦВЕТЕНИЕ» ПОЧВЫ ПАРКА БАХО (г. НЯЧАНГ, ЮЖНЫЙ ВЬЕТНАМ)

**Л. И. Домрачева^{1,2}, Ю. Н. Зыкова¹, Л. В. Кондакова^{2,3},
С. Ю. Огородникова^{2,3}**

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
dli-alga@mail.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятский государственный гуманитарный университет

Массовое размножение микроорганизмов на поверхности почвы с доминированием фототрофов характерно для различных регионов планеты и получило название «цветение» почвы (blooming of soil), напочвенные корки (soil crust), биопленки (soil biofilms). Чаще всего доминирующим компонентом подобных наземных ценозов являются цианобактерии (ЦБ). Достаточно подробно изучен состав фототрофных разрастаний и их роль в тех или иных экосистемах. Например, в тундре при благоприятных условиях проективное покрытие поверхности разрастаниями *Nostoc commune* может достигать 80–95%, В слизи этой ЦБ находят оптимальные условия для развития многие виды других ЦБ, а также зелёных и жёлтозелёных водорослей с максимальными значениями биомассы в пределах 4,5–5,0 г сухого вещества на 0,06 м² (Патова и др., 2000).

В умеренной зоне специфика «цветения» почвы и развития поверхностных разрастаний подробно изучена на примере пахотных почв (Домрачева, 2005), а также почв урбанизированных и техногенно преобразованных территорий (Кондакова, Домрачева, 2007; Зыкова, 2012). В частности, показано, что ЦБ являются доминирующей группой в поздне-летний и осенний период в агроэкосистемах, и в любой период – при техногенном загрязнении почвы, а также в различных зонах города (промышленной, транспортной, селитебной, парковой), оставляя на минорных позициях представителей эукариотных водорослей. Для ЦБ характерно достаточно большое видовое разнообразие с преобладанием безгетероцистных форм и высокая плотность популяций (до нескольких десят-

ков миллионов клеток на 1 см^2). Цианофитизация наземных фототрофных микробных комплексов является характерной особенностью ксеноценозов.

В почвах с умеренным климатом и умеренной увлажнённостью биологические корки могут иммобилизовать излишки аммония и нитратов, которые, в противном случае, были бы выщелочены через песчаную почву. Более того, автоматизированный мониторинг микроклимата на поверхности почвы в 7-сантиметровом слое предполагает, что изменения влаги и температуры в почве сдерживаются под коркой, по сравнению с почвой без корки (Veluci et al., 2006).

Биоплёнки покрывают поверхность почв многих пустынь, выполняя тем самым различные экологические функции. Так, длительные 10-летние наблюдения показали, что происходит уменьшение цианобактериальной массы и цианобактериального разнообразия в корках на повышенном фоне CO_2 . Но повышение фона CO_2 благоприятствует тем цианобактериям, у которых изменения в генах позволяют преодолевать окислительный стресс (Steven et al., 2012). Из природных цианобактериальных плёнок с доминированием *N. commune*, которые развиваются в аридной зоне, выделены не только засухотолерантные азотфиксирующие изоляты, но также цианобактериальные штаммы, способные к поглощению радиоизотопов цезия из почвы, а также перспективные как биосубстрат в космической агрокультуре (Kato et al., 2012). В пустынных аридных районах колонизация и развитие биологических почвенных корок с доминированием ЦБ и водорослей на поверхности песчаных дюн приводит к накоплению органического вещества. Было показано, что годовая фиксация углерода составляла $11,36 \text{ г С/м}^2$ (Li et al., 2012).

Исследования, проведённые в Антарктиде, показали, что количество обнаруженных цианобактериальных разрастаний на загрязнённых территориях (в результате антропогенной и орнитогенной нагрузки) заметно превышает их число на экологически чистых территориях Антарктики, а контаминация подобных биоплёнок посторонней микробиотой в нарушенных экосистемах возрастает в 1,5–3,0 раза (Панин и др., 2013).

В исследованиях, проведённых с образцами, отобранными с 5 континентов, было установлено 10 типов/подтипов наземных и 12 типов наскальных цианобактериальных корок и показано, что каждый выявленный тип представляет особую стратегию выживания в экстремальных условиях обитания (Pócs, 2009).

В данной работе определяли видовой состав, количественные и структурные особенности «цветения» почвы, образцы которой были отобраны 12 февраля 2015 г. в парке Бахо, который находится в 25 км на север от г. Нячанга (координаты места отбора проб $109^\circ 7' 36''$ в.д. и $12^\circ 22' 41''$ ю.ш.). В парке Бахо располагается одна из живописных достопримечательностей южного Вьетнама – водопады Бахо. Они находятся в чаще джунглей, представляя собой целую систему водопадов, расположенных на разном расстоянии друг от друга.

Южный климатический район Вьетнама отличается мягким тропическим климатом. Туда не проникают северные ветры, поэтому температурный режим стабилен в течение всего года. Среднегодовая температура $23\text{--}26^\circ\text{C}$, годовая норма осадков 2000 мм, относительная влажность воздуха – 79–85%. Процессы почвообразования во Вьетнаме в условиях влажного тропического климата

протекают очень интенсивно и на протяжении всего года. В результате формируются почвенные профили мощностью в несколько метров. Зональные почвы Вьетнама – различные типы латеритов (красноземы, желтоземы, горные латериты). Зональный тип растительности – это в основном вторичные влажные вечнозеленые тропические леса (Мельханова и др., 1979).

Данные флористического анализа показали, что в состав наземных фототрофных комплексов входят следующие виды водорослей и цианобактерий: *Hapalosiphon welwitschii* W. et G. S. West, *Phormidium molle* (Kütz.) Gom., *Ph. valderiae* (Delp.) Geitl, *Leptolyngbya angustissima* (W. et G. S. West) Anagn. et Kom. (Cyanobacteria), *Chlorella vulgaris* Beijer., *Stichococcus minor* Näg. (Chlorophyta), *Pinnularia* sp. (Bacillariophyta).

При прямом количественном учёте под микроскопом определена численность водорослей, цианобактерий (табл. 1), а также длина мицелия микромицетов. Как видно из таблицы 1, плотность фототрофных популяций достигает нескольких миллионов клеток на 1 см^2 , при этом минорными компонентами являются эукариотные водоросли, а доминирующие позиции принадлежат цианобактериям, что особенно чётко проявляется при анализе структуры наземных альго-цианобактериальных ценозов (табл. 2). Аналогичные результаты получены при изучении «цветения» почвы в парковой зоне г. Кирова, которые показали, что суммарная плотность фототрофных популяций составляет чуть выше 10 млн. кл./ см^2 , а доля ЦБ в структуре популяций достигает 86%.

Таблица 1

**Численность фототрофных микроорганизмов
при «цветении» парковой почвы (тыс. клеток/ см^2)**

Группа фототрофов	Численность клеток
Зелёные водоросли	2000±360
Диатомовые водоросли	267±50
Всего водорослей	2267±410
Цианобактерии	5770±370
Всего фототрофов	8037±780

Таблица 2

Структура фототрофных популяций при «цветении» парковой почвы (%)

Водоросли	Цианобактерии
28,2	71,8

Изучение грибного компонента данных разрастаний показало, что микромицеты вносят существенный вклад в формирование их сетчато-нитчатой основы, с суммарной длиной мицелия, составляющей более 150 м/см^2 , при этом в структуре популяций доминирующими являются представители грибов с бесцветным мицелием (табл. 3). Аналогичные данные по длине грибного мицелия в наземных биопленках ($175,6\text{ м/см}^2$) имеются для почв г. Кирова, однако с явным доминированием меланизированных форм грибов (68,3%). Длина нитей цианобактерий существенно короче (всего $18,5\text{ м/см}^2$) и составляет всего около 10% от суммарной длины нитей цианобактерий и гифов гриба. Следовательно,

именно за счёт мицелия грибов формируется та прочная структура, которая способствует агрегации почвенных частиц.

Таблица 3

Специфика грибных популяций при «цветении» парковой почвы

Длина мицелия, м/см ²			Структура популяций грибов с мицелием, %	
бесцветного	окрашенного	всего	бесцветным	окрашенным
150,4±4,5	17,3±1,6	167,7±6,1	89,7	10,3

Таким образом, для «цветения» парковой почвы в одном из городов южного Вьетнама характерны следующие особенности:

- видовое разнообразие представлено цианобактериями, зелеными и диатомовыми водорослями;
- плотность фототрофных популяций – свыше 8 млн. кл./см²;
- доминирующей группой среди фототрофов являются цианобактерии, доля которых в структуре альгоценозов превышает 71%;
- существенную роль в формировании наземных разрастаний играют микроскопические грибы, длина мицелия которых превышает 160 м/см²;
- сравнение «цветения» почвы в парковой зоне г. Нячанг (южный Вьетнам и г. Кирова (Россия) показывает, что в формировании биоплёнок принимают участие ЦБ, зелёные и жёлтозелёные водоросли с явным доминированием ЦБ, очень близки количественные характеристики и структура фототрофных группировок, а также длина грибного мицелия. Разница проявляется в структуре микоценозов: доминированием меланизированных форм в образцах «цветения» почвы г. Кирова и доминирование бесцветных форм – в образцах вьетнамской почвы.

Литература

- Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
- Зыкова Ю. Н. Адаптационные резервы альго-циано-микологических комплексов городских почв // Адаптационные реакции живых систем на стрессовые воздействия. Матер. Всерос. молодёжной конф. (Доклады. Лекции. Практические занятия). Киров, 2012. С. 42–56.
- Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Флора Вятского края. Ч. 2. Водоросли (Видовой состав, специфика водных и почвенных биоценозов). Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 192 с.
- Мельханова И. А., Лескинен А. Н., Воронин А. С. Вьетнам // Страны и народы. Зарубежная Азия. М.: Мысль, 1979. С. 24–75.
- Панин А. Л., Богумильчик Е. А., Шаров А. Н., Власов Д. Ю. и др. Цианобактериальные маты как объекты мониторинга антарктических экосистем // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 3. 2013. № 2. С. 3–11.
- Патова Е. Н., Гецен М. В., Сивков М. Д. *Nostoc commune* (Cyanophyta) в тундрах Российского сектора Арктики // Бот. ж., 2000. Т. 85. № 1. С. 71–80.
- Kato H., Furukawa J., Tomita-Yokotani K., Nishi Y. Isolation and purification of an axenic diazotrophic drought-tolerant cyanobacterium, *Nostoc commune*, from natural cyanobacterial crusts and its utilization for field research on soil polluted with radioisotopes // Biochim. et biophys. acta. Bioenerg. 2012. V. 1817. № 8. P. 1499–1505.

Li X. R., Zhang P., Su Y. G., Jia R. L. Carbon fixation by biological soil crusts following revegetation of sand dunes in arid desert regions of China. A four-year field study // *Catena*, 2012. V. 97. P. 119–126.

Pócs T. Cyanobacterial crust types, as strategies for survival in extremal habitats // *Acta bot. hung.* 2009. V. 51. № 1–2. P. 147–178.

Steven B., Gallegos-Graves L. V., Yeager C. M., Belnap J., Evans R. D. Kuske C. R. Dry-land biological soil crust cyanobacteria show unexpected decreases in abundance under long-term elevated CO₂ // *Environ. Microbiol.* 2012. V. 14. № 12. P. 3247–3258.

Veluci R. M., Neher D. A., Weicht T. R. Nitrogen fixation and leaching of biological soil crust communities in mesic temperate soils // *Microbial. Ecol.* 2006. V. 51. № 2. P. 189–196.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ г. КИРОВА

А. А. Коробов¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В урбанизированной среде парки играют важную экологическую и санитарно-гигиеническую роль. В связи с ростом промышленного производства, процессами урбанизации, увеличением транспортных нагрузок, парковые экосистемы испытывают возрастающие негативные воздействия различной природы. Для оценки происходящих структурно-функциональных изменений парковых фитоценозов необходимо проведение мониторинга их состояния. Для этих целей используются информативные группы живых организмов, в том числе почвенные водоросли и цианобактерии. В литературе имеются сведения о группировках почвенных водорослей рекреационных зон г. Уфы и его окрестностей, Ижевска, Красноярска, Кирова и др. (Суханова, 1996; Сугачкова, 2000; Аксёнова, 2010; Трухницкая, 2008; Ефремова, 2014 и др.). Авторами отмечено, что для рекреационной зоны городов наибольшее видовое разнообразие выявлено из представителей отделов *Cyanobacteria* и *Chlorophyta*.

Цель исследования – изучить качественный и количественный состав почвенных водорослей и цианобактерий рекреационной зоны города Кирова.

Исследование проводилось в 2011–2014 гг. Пробы почв были отобраны с глубины 0–5 см в парках г. Кирова: Александровском саду, парке им. Ю. А. Гагарина и парке Победы. В каждой парке отбор проб проводился на участках, свободных от древесной растительности, под листовыми (*Betula pendula*, *Acer platanoides*, *Populus sp.*) и хвойными (*Larix rossica*, *Picea abies*) породами деревьев. Видовой состав водорослей определяли методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы (Штина, Голлербах, 1976). Количественный учет проводился методом прямого микроскопирования (Домрачева, 2005).

В изученных парках видовое разнообразие представлено 51 видом почвенных водорослей, в том числе *Cyanobacteria* – 12 видов (23%), *Chlorophyta* – 28 вида (50%), *Bacillariophyta* – 8 вида (16%), *Xanthophyta* – 3 вида (6%). По

видовому разнообразию преобладают зелёные водоросли и цианобактерии, что согласуется с данными других авторов (Сугачкова, 2000; Ефремова, 2014).

Основу альгофлоры составляют представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. Комплекс видов-доминантов, встреченных во всех изученных парках, представлен видами: *Phormidium autumnale*, *Ph. boryanum*, *Ph. formosum*, *Nostoc punctiforme* (Cyanobacteria); *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, *Luticola mutica* Kütz. var. *mutica* (Bacillariophyta); *Chlamydomonas gloeogama*, *Bracteacoccus minor*, *Chlorococcum* sp, *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta).

Изучены альгогруппировки, развивающиеся в почвах под лиственными и хвойными древесными породами парков. Доминируют представители из отдела Chlorophyta: хламидомонадовые, хлорококковые, что характерно для альгофлоры почв лесных биогеоценозов. Из цианобактерий отмечены представители родов *Nostoc* и *Phormidium*, из диатомовых – *Hantzschia* и *Nitzschia*. Желтозеленые водоросли встречались редко.

Видовое разнообразие водорослей, развивающихся под лиственными породами, богаче, чем под хвойными. В пробах почв под лиственными породами отмечено большее видовое разнообразие цианобактерий и диатомовых водорослей. Это, возможно, связано с кислотностью почв, которую повышает хвойный опад. Еще большее видовое разнообразие отмечено на участках без древесной растительности (табл. 1).

Таблица

Видовой состав почвенных водорослей в парках г. Кирова

Парк	Участок отбора	Cyanobacteria	Chlorophyta	Bacillariophyta	Xanthophyta	Всего видов
Александровский сад	Под лиственными породами	6	9	3	0	33
	Под хвойными породами	4	8	3	0	
	Без древесной растительности	7	17	2	2	
	Всего	9	18	4	2	
Парк Победы	Под лиственными породами	4	6	5	0	26
	Под хвойными породами	3	5	2	0	
	Без древесной растительности	6	10	7	1	
	Всего	6	11	8	1	
Парк им. Ю. А. Гагарина	Под лиственными породами	6	12	3	1	38
	Под хвойными породами	4	14	2	1	
	Без древесной растительности	7	21	3	1	
	Всего	9	24	4	1	

Изучена сезонная динамика численности водорослей и цианобактерий в почве Александровского сада (табл. 2, рис.).

Сведения многих авторов о наиболее благоприятном периоде времени для развития водорослей противоречивы. Одни авторы указывают пик развития водорослей весной (Ефремова, 2014), другие – в конце лета, начале осени.

Таблица 2

**Сезонные изменения численности водорослей и цианобактерий
в почве Александровского сада г. Киров**

Отдел	Численность клеток, тыс. кл./г почвы		
	Июнь	Сентябрь	Октябрь
Cyanobacteria	220,1±2,1	235,9±2,7	206,6±1,2
Bacillariophyta	303,9±1,9	330±1,5	345,6±1,0
Chlorophyta и Xanthophyta	320,2±0,3	250,2±0,9	106,6±0,6
Всего	844,2±1,4	816,1±1,7	658,8±0,9

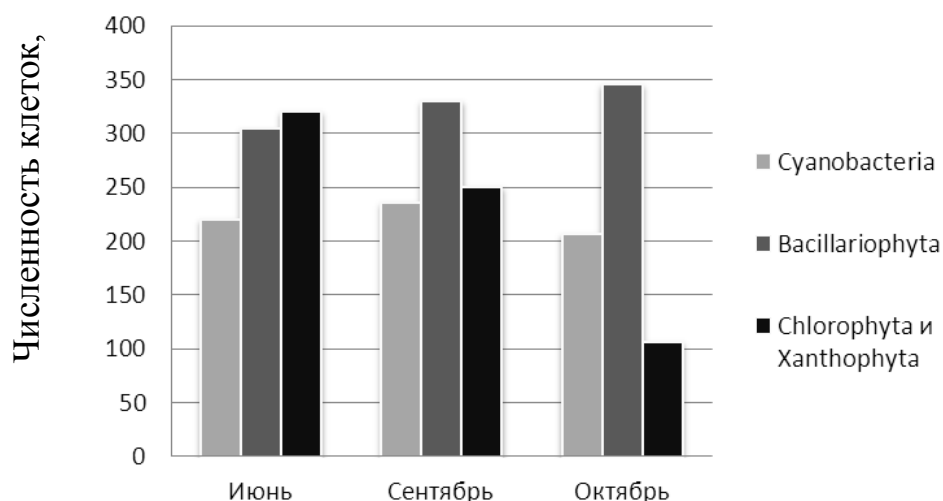


Рис. Сезонная численность водорослей в Александровском саду

Благоприятное время года для развития водорослей и цианобактерий в парках г. Кирова наблюдается в начале лета и осени. Это можно объяснить наиболее благоприятными погодными условиями для развития водорослей. Относительный минимум численности наблюдался в октябре.

Таким образом, в парках г. Кирова по видовому разнообразию преобладают зелёные водоросли и цианобактерии, по численности – диатомовые, цианобактерии и зелёные водоросли. В незначительном видовом разнообразии присутствуют жёлтозелёные водоросли, что указывает на толерантные условия почвенной среды.

Литература

Аксенова Н. П. Урбановфлора эдафотфильных водорослей и цианопрокариот г. Ижевска: Дис. ... канд. биол. наук. Ижевск, 2010. 222 с.

Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.

Ефремова В. А. Сообщества почвенных водорослей и цианобактерий в экологической оценке городских почв (на примере г. Кирова): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2014. 19 с.

Сугачкова Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 19 с.

Суханова Н. В. Почвенные водоросли городских экосистем: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 1996. 22 с.

Трухницкая С. М., Чижевская М. В. Альгофлора рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы. Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. 139 с.

Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ГПЗ «НУРГУШ»

О. С. Пирогова¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,
karabarsic@mail.ru,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Водоросли и ЦБ являются постоянными компонентами природных и испытывающих техногенную нагрузку биогеоценозов. Изучение видового разнообразия и количественных характеристик альгофлоры заповедных территорий представляет научный и практический интерес.

Цель исследования – изучить видовой состав и динамику численности почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ) пойменных биогеоценозов заповедника «Нургуш».

Пойменные биогеоценозы заповедника представлены лугами и широколиственными лесами. Осенью 2013 г. и в течение вегетационного периода 2014 г. в 6 пойменных биогеоценозах отбирались образцы почв на качественный и количественный анализ альгофлоры. Видовой состав водорослей и ЦБ определяли методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы (Штина, Голлербах, 1976). Численность клеток определяли методом прямого микроскопирования на мазках (Домрачева, 2005).

В изученных пробах был выявлен 71 вид почвенных водорослей и ЦБ, в том числе: Cyanobacteria – 25 видов (35,2%), Chlorophyta – 21 (29,6%), Bacillariophyta – 15 (21,1%), Xanthophyta + Eustigmatophyta – 10 видов (14,1%).

Таксономический состав альгофлоры представлен в таблице 1, рисунке 1. В летний период в пойменных луговых биоценозах по видовому разнообразию преобладали зелёные водоросли и ЦБ. В лесных биоценозах доминировали зелёные водоросли. Исключение составляли заросли ивняка, расположенные у берега р. Вятки, где разнообразие ЦБ было самым высоким.

Таблица 1

Видовой состав альгофлоры пойменных биогеоценозов ГПЗ «Нургуш»

Тип фи-тоце-ноза	Лето					Осень				
	Cyano - bacte- ria	Chlo- ro- phy- ta	Bacilla- rio- phyta	Xantho- phyta+ Eustigma- tophyta	Все- го ви- дов	Cyano - bacte- ria	Chlo- ro- phyta	Bacil- lario- phyta	Xantho- phyta+ Eustigma- tophyta	Все- го ви- дов
1	13	15	6	4	38	12	3	7	4	26
2	15	18	9	5	47	10	5	8	4	27
3	6	11	5	3	25	9	4	6	3	22
4	5	12	4	5	26	6	5	6	4	21
5	4	8	5	3	20	9	4	5	3	21
6	17	9	6	4	36	14	7	8	2	31

Примечание: 1 – разнотравно-злаковый луг; 2 – злаково-разнотравный луг; 3 – осиновый лес; 4 – дубовый лес; 5 – липовый лес; 6 – ивняк

Осенью по видовому разнообразию во всех биогеоценозах доминировали ЦБ и диатомовые водоросли. Отмечено уменьшение видового разнообразия зелёных и жёлтозелёных водорослей.

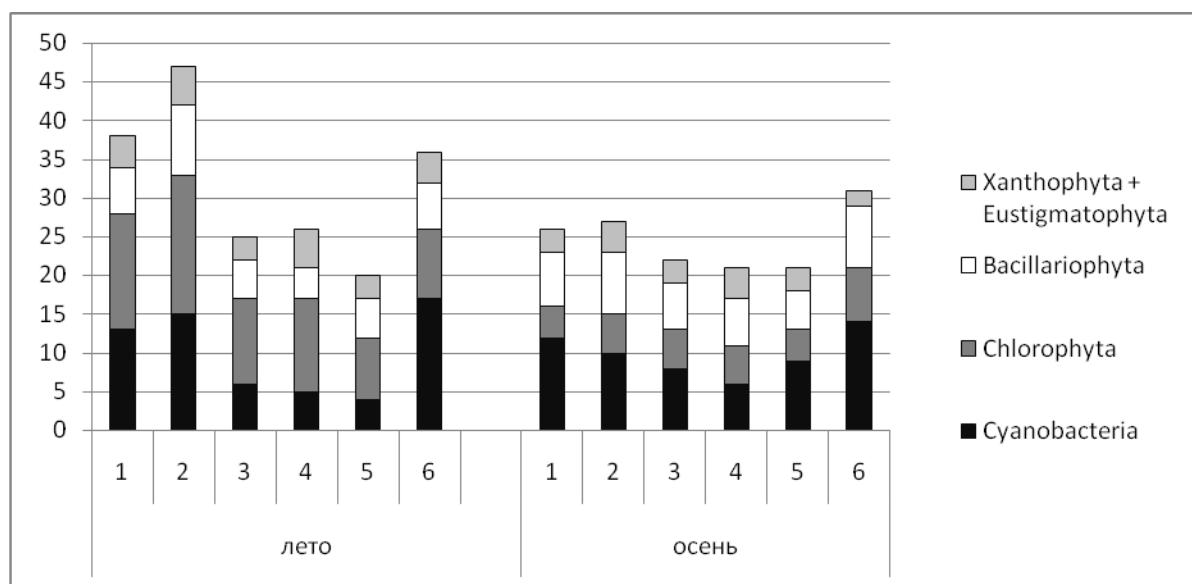


Рис. 1. Видовой состав почвенных водорослей и цианобактерий ГПЗ «Нургуш»

Примечание: 1 – пойменный разнотравно-злаковый луг; 2 – пойменный злаково-разнотравный луг; 3 – осиново-липовый лес; 4 – дубняк; 5 – липово-дубовый лес; 6 – ивняк.

Доминирующими видами альгофлоры пойменных биогеоценозов в летний период являлись зелёные водоросли, исключение составляли заросли ивняка, где доминантами сообществ являлись ЦБ (табл. 2).

Доминирующие виды альгофлоры пойменных биогеоценозов

Тип фитоценоза	Общее число видов	Доминанты
Пойменный злако- во-разнотравный луг кострово-осоко- во-таволговый	47	<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. et Kom., <i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom., <i>Chlamydomonas globosa</i> Snow, <i>Stichococcus bacillaris</i> Näg., <i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva, <i>Navicula pelliculosa</i> (Breb.) Hilse
Пойменный разно- травно-злаковый луг таволго-мятли- ково-кстровый	38	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom., <i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom., <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i> , <i>Klebsormidium nitens</i> (Menegh. in Kütz.) Lokh., <i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva, <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.
Осиново-липовый лес хвощово-будро- во-снытевый	25	<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom., <i>Microcoleus vaginaqtus</i> (Vauch.) Gom., <i>Stichococcus bacillaris</i> Näg., <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.
Липово-дубовый лес клеверо-сныте- во-костровый	20	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. var. <i>gloeogama</i> , <i>Stichococcus minor</i> Näg., <i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow
Дубняк чинно- подмаренниково- снытево-клеверный	26	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom., <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. var. <i>vulgaris</i> , <i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva, <i>Navicula pelliculosa</i> (Breb.) Hilse, <i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.
Ивняк горцево- двукисточниково- осоковый	36	<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. et Kom., <i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom.) Anagn. et Kom., <i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom., <i>Phormidium molle</i> (Kütz.) Gom., <i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova, <i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al., <i>Hantzschia amphioxys</i>

Осенью доминантами являлись ЦБ (*Anabaena* sp., *Phormidium autumnale*, *Phormidium molle*, *Microcoleus vaginatus*) и диатомовые водоросли (*Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *Nitzschia palea*).

Показатели динамики численности альгофлоры приведены на рисунке 2. Наибольшая численность водорослей была отмечена в зарослях ивняка – 208–304 тыс.кл/г. почвы. При этом наибольшую численность дали ЦБ (180–215 тыс.кл/г. почвы) и диатомовые водоросли (60 тыс.кл/г. почвы). В лесных фитоценозах численность клеток составляла 70–90 тыс.кл/г. почвы, преобладали ЦБ и диатомовые водоросли. По сравнению с лесными фитоценозами численность водорослей луговых экосистем была в 1,5–2 раза выше, по численности преобладали ЦБ и зелёные и жёлтозелёные водоросли.

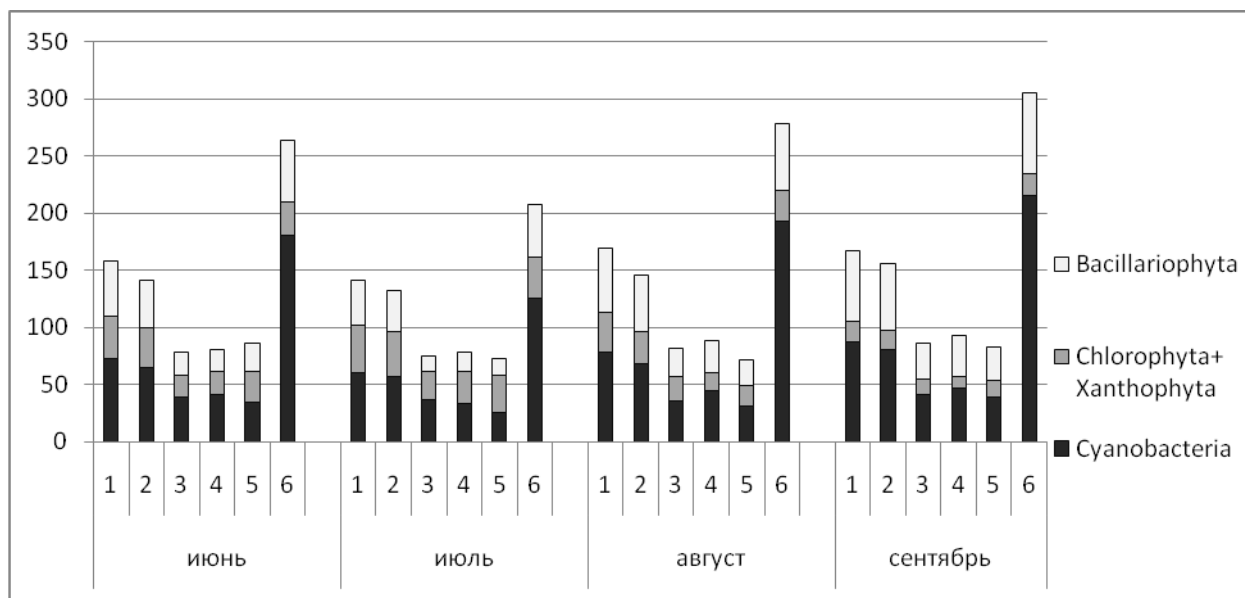


Рис. 2. Динамика численности почвенных водорослей и цианобактерий
ГПЗ «Нургуш»

* Примечание: 1 – пойменный разнотравно-злаковый луг; 2 – пойменный злаково-разнотравный луг; 3 – осиново-липовый лес; 4 – дубняк; 5 – липово-дубовый лес; 6 – ивняк.

Таким образом, альгофлора пойменных участков заповедника представлена 71 видом почвенных водорослей и ЦБ. В летний период доминантами сообществ являлись представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. Осенью доминирующие позиции занимали представители отделов Cyanobacteria и Bacillariophyta. Численность водорослей достигала трёхсот тысяч клеток в 1 г. почвы, увеличиваясь к осени. Видовое разнообразие и количественные показатели альгофлоры зависят от типа фитоценоза и сезона года.

Литература

- Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.

ВЛИЯНИЕ ОМУТНИНСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА НА ПОЧВЕННУЮ АЛЬГОФЛОРУ

А. С. Кардакова¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

nastasya.kardakova@mail.ru

Для экологической оценки состояния природной среды широко используются методы биоиндикации, в том числе альгоиндикация. Известно, что водоросли и цианобактерии (ЦБ) являются постоянными компонентами почвен-

ных микробоценозов, а также чувствительными индикаторами состояния почвенной среды, отражая воздействия негативных факторов.

В литературе имеются сведения о таксономическом составе водорослей и ЦБ в техногенных зонах ряда городов: Уфы, Екатеринбурга, Кирова и др. (Суханова, 1996; Кабиров, Шилова, 1994; Кондакова, Висич, 2010 и др.). Авторами было отмечено влияние техногенной нагрузки на видовой состав водорослей и ЦБ. Почвенная альгофлора на территории г. Омутнинска не изучалась.

Целью исследования являлось изучение влияния Омутнинского металлургического завода (ОМЗ) на сообщества почвенных водорослей.

Омутнинский металлургический завод функционирует с 1773 г. Предприятие относится к крупным загрязнителям атмосферного воздуха, отходы производства завода складировались на полигоне промышленных отходов, расположенном в 14 км северо-восточнее г. Омутнинска. Ежегодно на полигоне складировалось до 4,7 тыс. м³ промышленных отходов.

Образцы почв были отобраны в 2012–2014 гг. в зоне влияния ОМЗ и полигона промышленных отходов. В качестве фонового участка для оценки воздействия ОМЗ на окружающую среду был выбран участок, расположенный в 700 метрах к северо-востоку от завода. Фоновый участок полигона находился от него в 800 метрах к юго-востоку. Почвы в районах исследования подзолистые.

Изучение видового состава почвенных водорослей проводили методом постановки чашечных культур со стёклами обрастания (Штина, Голлербах, 1976). Численность клеток определяли методом прямого микроскопирования (Домрачева, 2005). Длину грибного мицелия определяли по руководству «Методика токсичности проб почв методом биоиндикации по соотношению микромицетов с окрашенным и бесцветным мицелием» (№ 224.03.13.048/2009).

Анализ видового состава альгофлоры почв техногенных территорий в сравнении с фоновыми участками показал значительные различия (табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав альгофлоры почв фоновых и подверженных техногенному воздействию участков (1 – число видов, 2 – процент)

Участки	<i>Cyanobacteria</i>		<i>Chlorophyta</i>		<i>Bacillariophyta</i>		<i>Xanthophyta</i> + <i>Eustigmatophyta</i>		Всего видов
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Фоновый участок (ОМЗ)	4	18	14	64	4	18	0	0	22
Участки ОМЗ	5	28	8	44	5	28	0	0	18
Фоновый участок (полигон)	0	0	6	46	3	23	4	31	13
Участки полигон	0	0	14	73	1	6	4	21	19

Видовое разнообразие фонового участка ОМЗ составляет 22 вида. Как в районе воздействия ОМЗ, так и на фоновом участке не были встречены представители отделов *Xanthophyta* и *Eustigmatophyta*, являющиеся индикаторами чистых почв. В почвенных пробах у ОМЗ видовой состав был представлен

18 видами, при этом в индивидуальных пробах было выявлено от 3 до 11 видов. Отмечены морфологические уродства клеток диатомей (*Navicula pelliculosa*) и деформация трихомов ЦБ (*Nostoc punctiforme*).

На фоновом участке полигона ОМЗ отмечены представители 4 отделов водорослей: Chlorophyta, Bacillariophyta, Xanthophyta и Eustigmatophyta. По видовому разнообразию преобладают зелёные водоросли (46%). На 6 участках, расположенных вокруг полигона, выявлено 19 видов водорослей и ЦБ. Видовое разнообразие индивидуальных проб участков составляло от 6 до 9 видов. Не были встречены представители ЦБ.

Таблица 2

Доминирующие виды исследуемых участков

Участки	Доминанты
Фоновый участок (ОМЗ)	<i>Nostoc punctiforme</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>
Участки ОМЗ	<i>Navicula pelliculosa</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i> , <i>Nostoc punctiforme</i>
Фоновый участок (полигон)	<i>Bracteacoccus minor</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Pseudococcomyxa simplex</i>
Участки полигон	<i>Bracteacoccus minor</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i>

В число доминантов фонового участка ОМЗ входят цианобактерия *Nostoc punctiforme* и диатомовая водоросль *Hantzschia amphioxys* (табл. 2). На участках в зоне влияния завода особым обилием отличаются толерантные к техногенным нагрузкам *Navicula pelliculosa*, *Hantzschia amphioxys* (диатомеи) и цианобактерия *Nostoc punctiforme*. На участках вокруг полигона доминируют зелёные водоросли, что характерно для подзолистых почв (Штина, Ройзин, 1966).

Плотность популяций фототрофов фонового участка ОМЗ составила $670,7 \pm 55,4$ тыс. кл./г почвы (табл. 3), в том числе ЦБ составляли – 63%, диатомовые – 37%. Суммарная длина нитей микромицетов составила $46,1 \pm 3$ м/г почвы, доминировали микромицеты с бесцветным мицелием (76%). Кроме фоновой, у территории ОМЗ наибольшая численность фототрофов наблюдалась на участках в 50 м от завода к юго-западу и юго-востоку с показателями $512,4 \pm 34,9$ и $498,3 \pm 19,4$ тыс. кл./г почвы соответственно. Наименьшая численность водорослей и ЦБ – на участке в 10 м к юго-западу от предприятия ($185,7 \pm 16,1$ тыс. кл./г почвы). В большинстве почвенных образцов доминантами являлись диатомовые водоросли и ЦБ.

Таблица 3

**Численность фототрофов и длина нитей микромицетов в почвах
зоны влияния Омутнинского металлургического завода**

Участок	Численность фототрофов,			Длина нитей микромицетов,		
	тыс. кл./г почвы			м/г почвы		
	<i>Cyano- bacteria</i>	<i>Bacillario- phyta</i>	Всего	Бесцвет- ный ми- целий	Окрашен- ный ми- целий	Всего
Фоновый	$425,1 \pm 14,3$	$245,6 \pm 41,1$	$670,7 \pm 55,4$	$35,4 \pm 2,1$	$10,7 \pm 0,9$	$46,1 \pm 3$
10 м к северу от ОМЗ	$181,4 \pm 6,7$	$162,1 \pm 18,7$	$343,5 \pm 25,4$	$11,3 \pm 1,9$	$5,3 \pm 1,3$	$16,6 \pm 3,2$
50 м к северу от ОМЗ	$140,9 \pm 11$	$228,8 \pm 29,2$	$369,7 \pm 40,2$	$24,5 \pm 2,6$	$6,6 \pm 0,9$	$31,1 \pm 3,5$

Участок	Численность фототрофов,			Длина нитей микромицетов,		
	тыс. кл./г почвы			м/г почвы		
	<i>Cyano- bacteria</i>	<i>Bacillario- phyta</i>	Всего	Бесцвет- ный ми- целий	Окрашен- ный ми- целий	Всего
10 м к юго-западу от ОМЗ	88,5±8,6	97,2±7,5	185,7±16,1	14,6±3,4	3,1±0,6	17,7±4
50 м к юго-западу от ОМЗ	324,8±30,2	187,6±4,7	512,4±34,9	42,8±1,6	9,7±1,9	52,5±3,5
10 м к юго-востоку от ОМЗ	97,9±7,8	126,5±5,7	224,4±13,5	19,7±1,9	9,9±2,2	29,6±4,1
50 м к юго-востоку от ОМЗ	148,4±10,6	350,3±8,8	498,3±19,4	30,9±6,2	6,6±1,6	37,5±7,8

Таким образом, альгофлора почв в районе ОМЗ и полигона имеет невысокое видовое разнообразие: 37 видов водорослей и ЦБ. Альгологический анализ показал отсутствие в зоне влияния завода чувствительных к техногенным нагрузкам жёлтозелёных водорослей. Основу альгофлоры составляли представители *Cyanobacteria* и *Bacillariophyta*. Наблюдали морфологические уродства клеток диатомей. Всё это указывает на наличие негативного воздействия ОМЗ на окружающую среду.

Литература

- Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
- Кондакова Л. В., Висич В. А. Флора почвенных водорослей г. Кирова // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах. 2010. С. 177–182.
- Кабилов Р. Р., Шилов И. И. Сообщества почвенных водорослей на территории промышленных отвалов // Экология 1994. № 2. С. 82–85
- Суханова Н. В. Почвенные водоросли городских экосистем: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 1996. 22 с.
- Методика токсичности проб почв методом биоиндикации по соотношению микромицетов с окрашенным и бесцветным мицелием № 224.03.13.048/2009.
- Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
- Штина Э. А., Ройзин М. Б. Водоросли подзолистых почв Хибин // Ботан. журн., 1966.

ВЛИЯНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ВИДОВОЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Ю. А. Старикова¹, Л. В. Кондакова^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

В современном мире в связи с ростом промышленного производства, высокими темпами процесса урбанизации, усиливающейся техногенной и транспортной нагрузкой возрастает загрязнение окружающей среды. Транспортная система городов, включая железнодорожный транспорт, оказывает негативное воздействие на окружающую природную среду. Основными загрязняющими веществами, поступающими в результате работы железнодорожного транспорта, являются: смазочные масла, нефтепродукты, фенолы, растворимые кислоты, металлическая пыль (Владимиров, Алексашина, 1988). Проблема контроля загрязнения почв является актуальной. Одним из надежных биоиндикаторов экологической оценки состояния почвенной среды является альгоиндикация.

Цель исследования – изучить влияние железнодорожного транспорта на качественные и количественные показатели альгофлоры почв.

Объектом исследования являлись почвы на территории г. Кирова вблизи Горьковской железной дороги. Были взяты три участка, находящиеся в разных районах г. Кирова: остановочный пункт 9 км (участок № 1), район остановки слободы Корчёмкино (участок № 2) и район Вятского государственного гуманитарного университета (участок № 3). В качестве контроля был взят участок в районе п. Порошено.

Отбор проб проводился с глубины 0–5 см летом и осенью с 2012–2014 гг. Видовой состав водорослей определяли методом чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы (Штина, Голлербах, 1976). Количественный учет фототрофных микроорганизмов средних образцов почвы проводили на мазках прямым микроскопическим методом (Домрачева, 2005). Одновременно на этих же препаратах определяли длину грибного мицелия с параллельной дифференциацией на бесцветные и меланизированные формы (Методика определения токсичности проб почв методом биоиндикации по соотношению микромицетов с окрашенным и бесцветным мицелием № 224.03.13.048/2009).

На участке № 1 обнаружено 32 вида почвенных водорослей и цианобактерий, в том числе Cyanobacteria – 10 видов (31%), Chlorophyta – 12 видов (38%), Xanthophyta – 3 вида (9%), Bacillariophyta – 7 видов (22%). Доминирующий комплекс составляли цианобактерии (*Phormidium autumnale*, *Nostoc paludosum*); диатомовые (*Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*) и зелёные водоросли (*Chlorella vulgaris*, *Coccomyxa confluens*, *Stichococcus chodatii*).

На втором участке выявлен 31 вид почвенных водорослей и цианобактерий, в том числе Cyanobacteria – 10 видов (32%), Chlorophyta – 11 видов (36%), Xanthophyta – 2 вида (6%), Bacillariophyta – 8 видов (26%). Доминирующий

комплекс составляли цианобактерии (*Phormidium autumnale*); диатомовые (*Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *Navicula* sp.) и зелёные водоросли (*Chlorella vulgaris*, *Coccomyxa confluens*).

На участке № 3 также обнаружен 31 вид почвенных водорослей и цианобактерий, в том числе Cyanobacteria – 9 видов (29%), Chlorophyta – 13 видов (42%), Xanthophyta – 1 видов (3%), Bacillariophyta – 8 видов (26%). Доминирующий комплекс составляли цианобактерии (*Phormidium autumnale*, *Nostoc paludosum*); диатомовые (*Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*) и зелёные водоросли (*Chlorella vulgaris*, *Chlorococcum* sp., *Stichococcus chodatii*).

Чувствительные к загрязнению жёлтозелёные водоросли были встречены единично на участках в одном метре от насыпи железной дороги: *Xanthonema exile*, *Eustigmatos magnus*, *Vischeria aculeata*, *Ellipsoidion perminimum*, *Pleurochloris* sp.

На контрольном участке было выявлено 19 видов, в том числе: Cyanobacteria – 1 вид (5%), Chlorophyta – 11 видов (57%), Xanthophyta – 4 вида (21%), Bacillariophyta – 3 вида (15%). Доминантами сообщества являлись зелёные водоросли (*Bracteacoccus minor*, *Stichococcus minor*, виды рода *Chlamydomonas*) и жёлтозелёные водоросли (*Eustigmatos magnus*, *Pleurochloris imitans*, *P. commutata*).

Всего на исследуемых участках в районе влияния железнодорожного транспорта выявлено 50 видов почвенных водорослей и цианобактерий, в том числе Cyanobacteria – 15 видов (30%), Chlorophyta – 20 видов (40%), Xanthophyta – 5 вида (10%), Bacillariophyta – 10 видов (20%). Основу альгофлоры составляют представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. Н. В. Сухановой (1996) при исследовании альгофлоры почв вблизи железнодорожных путей г. Уфы обнаружено 36 видов почвенных водорослей, из них 21 вид относился к отделу Chlorophyta. Автором отмечены следующие виды-доминанты: *Chlorococcum* sp., *Botrydiopsis arhiza*, *Hantzschia amphioxys*, *Phormidium autumnale*.

Нами проведены исследования альгофлоры почв, взятых на разном расстоянии от полотна дороги (1 м, 10 м, 25 м). Видовой состав альгофлоры на разном расстоянии от железнодорожного полотна приведен в таблице 1.

Таблица 1

Видовой состав альгофлоры вблизи железной дороги г. Кирова

Участок		Cyanobacteria	Chlorophyta	Bacillariophyta	Xanthophyta	Всего
№ 1	1 м	9	7	4	3	32
	10 м	7	7	7	0	
	25 м	2	8	4	0	
Всего		10	12	7	3	32
№ 2	1 м	8	6	4	2	31
	10 м	6	8	6	0	
	25 м	4	7	4	0	
Всего		10	11	8	2	31
№ 3	1 м	4	8	4	1	31
	10 м	6	6	6	0	
	25 м	4	7	4	0	
Всего		9	13	8	1	31

При исследовании видового состава альгофлоры на разном расстоянии от насыпи железной дороги наблюдалась тенденция уменьшения видового разнообразия почвенных водорослей и цианобактерий по мере удаления от железной дороги (рис.). Вероятно, это связано с рассеиванием загрязняющих веществ при движении железнодорожного транспорта и повышением проективного покрытия почвы травянистой и древесной растительностью.

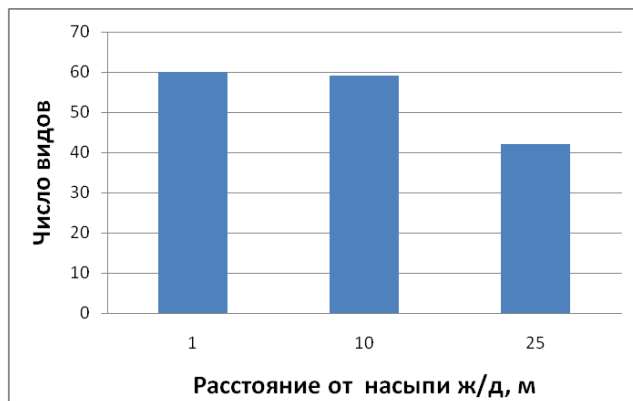


Рис. Число видов, приходящихся на одну пробу, в зависимости от расстояния от железной дороги

Наибольшая плотность популяций фототрофов в образцах почвы отмечалась на расстоянии 25 м от насыпи: $20,9 \pm 4,3$ млн. кл/г почвы. На расстоянии 10 м от насыпи наблюдалась наименьшая плотность фототрофов: $18,2 \pm 0,2$ млн. кл/г почвы. Наибольшая длина нитей микромицетов наблюдалась на 25 м: $65,4 \pm 6,6$ м/г. Наименьшая длина нитей отмечалась на 1 м от насыпи (табл. 2).

Таблица 2

Количественный состав почвенных водорослей и микромицетов на разном расстоянии от железной дороги

Расстояние от ж/д полотна	Численность клеток, млн. кл/г почвы			Длина нитей микромицетов, м/г почвы		
	Суанобас- teria	Bacillari- ophyta	Всего	бесцветный мицелий	окрашенный мицелий	Всего
1 м	$8,2 \pm 2,5$	$11,7 \pm 0,3$	$19,9 \pm 2,8$	не обнаружено	$48,3 \pm 3,3$	$48,3 \pm 3,3$
10 м	не обнаружено	$18,2 \pm 0,2$	$18,2 \pm 0,2$	$23,2 \pm 6,7$	$42,1 \pm 4,2$	$65,3 \pm 10,9$
25 м	$4,6 \pm 0,6$	$16,3 \pm 3,7$	$20,9 \pm 4,3$	$45,2 \pm 3,8$	$20,2 \pm 2,8$	$65,4 \pm 6,6$

В зоне влияния железнодорожного транспорта в альгогруппировках преобладают представители отделов Cyanobacteria и Chlorophyta. Отмечено невысокое видовое разнообразие водорослей и цианобактерий, чувствительные к техногенной нагрузке жёлтозелёные водоросли встречались единично. При количественном учёте альгофлоры зелёные и жёлтозелёные водоросли в пробах, взятых на разном расстоянии от насыпи железной дороги, не были выявлены.

Таким образом, железнодорожный транспорт оказывает негативное влияние на видовой состав и количественные характеристики альгофлоры.

Литература

- Алексашина В. В., Владимиров В. В. Экологические проблемы антропогенного воздействия на городскую среду // Итоги науки и техники: Охрана природы и воспроизводство природных ресурсов. Т. 22. Охрана и улучшение городской среды. С.: ВИНТИ, 1988. С. 43–106.
- Голлербах М. М., Штина Э. А. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
- Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
- Методика определения токсичности проб почв методом биоиндикации по соотношению микромицетов с окрашенным и бесцветным мицелием № 224.03.13.048/2009.
- Суханова Н. В. Почвенные водоросли городских экосистем: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 1996. 22 с.

ТЕМПЫ РОСТА ЦИАНОБАКТЕРИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Н. А. Кудряшов¹, В. С. Воронина¹, Л. И. Домрачева^{1,2}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
dli-alga@mail.ru,

² Лаборатория биомониторинга Института биологии
Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ

В настоящее время использование цианобактерий (ЦБ) для решения различных экологических и биотехнологических задач принимает все большие масштабы. В частности, на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВГСХА в течение многих лет различные штаммы альгологически чистых культур почвенных ЦБ испытывают на антагонистические, ростстимулирующие, биотестовые, биосорбционные способности (Андреюк и др., 1990; Калинин, 1995; Панкратова, 1981; Панкратова, Трефилова, 2007; Фокина и др., 2012). В перспективе намечается создание биопрепарата многофункционального действия на основе данной группы фотосинтезирующих микроорганизмов. Чтобы обеспечить получение необходимого количества ЦБ, требуется совершенствование методов их массового культивирования, особенно в осенне-зимний период, когда популяции ЦБ переходят в состояние глубокого покоя и вегетируют очень слабо.

Цель данной работы – сравнить интенсивность роста почвенных цианобактерий при различных режимах освещения.

Для проведения опытов были выбраны 2 штамма гетероцистных ЦБ из коллекции кафедры: *Nostoc paludosum* и *Fischerella muscicola*. Культивирование проводили в жидкой питательной среде Громова №6 без азота при освещении 1000 люкс (в люминостате) и 4000 люкс (в биореакторе) в течение 38 суток. Биореактор авторской конструкции представляет собой зеркальный параллелепипед размерами 600x400x500 мм (отражающей стороной внутрь) со светодиодными лентами (красной, синей, зеленой и белой). Продолжительность освещения – 12 часов. Первоначальный объем цианобактериального инокулята для каждой культуры был одинаковым. В процессе роста ЦБ, как обычно, форми-

руют пленочные разрастания. Поэтому при снятии опыта, для количественного учета популяций ЦБ, биопленки в течение 2-х минут разбивали на гомогенизаторе. В дальнейшем определение титра культур проводили в камере Горяева в 6-кратной повторности.

Количественный учет численности цианобактериальных популяций показал, что увеличение интенсивности освещения существенно стимулирует скорость роста как *N. paludosum*, так и *Fisch. muscicola* (табл). В случае с ностоком численность клеток увеличилась в 1,6 раза; для фишереллы этот показатель составил 3,48 раза. Морфологический анализ состояния популяций показал, что все клетки имеют практически одинаковый размер и интенсивность окраски, что свидетельствует о нахождении культур в экспоненциальной фазе.

Таблица

**Влияние интенсивности освещения на скорость роста
почвенных цианобактерий**

Вид цианобактерий	Численность клеток ($\cdot 10^8$ /мл)	
	Люминолат	Биореактор
<i>Nostoc paludosum</i>	2,7 $\pm$ 0,5	4,8 $\pm$ 1,1
<i>Fischerella muscicola</i>	4,9 $\pm$ 0,9	17,2 $\pm$ 2,8

Таким образом, увеличение интенсивности освещения и разнообразие спектров освещения, которые осуществляются в биореакторе, приводят к интенсификации нарастания биомассы ЦБ, наиболее ярко выраженный эффект проявляется у *Fischerella muscicola*. Выявленные особенности вегетации ЦБ позволяет получать достаточное количество цианобактериального инокулята для проведения различных опытов, а в перспективе – биопрепаратов в позднее-осенний и зимний периоды, которые, как правило, являются «глухой» порой для размножения ЦБ.

Литература

- Андреюк Е. И., Коптева Ж. П., Занина В. В. Цианобактерии. Киев: Наукова думка, 1990. 200 с.
- Калинин А. А. Цианобактерии как возможные компоненты diaзотрофных микробных ассоциаций и их влияние на растения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1995. 23 с.
- Панкратова Е. М. Роль азотфиксирующих синезелёных водорослей (цианобактерий) в накоплении азота и повышении плодородия почвы: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1981. 39 с.
- Панкратова Е. М., Трефилова Л. В. Симбиоз как основа существования цианобактерий в естественных условиях и в конструируемых системах // Теоретическая и прикладная экология, 2007. № 1. С. 4–14.
- Фокина А. И., Домрачева Л. И., Зыкова Ю. Н., Березин Г. И., Злобин С. С. Микроорганизмы как биосорбенты поллютантов // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 232–252.

ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИЧЕКОГО ДЕЙСТВИЯ ГЛИФОСАТА НА КУЛЬТУРУ ЦИАНОБАКТЕРИЙ *NOSTOC COMMUNE*

Е. В. Коваль¹, А. Н. Лопатина¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

undina2-10@yandex.ru

Загрязнение окружающей среды различными поллютантами является серьезной экологической проблемой, и имеет глобальный характер. Особую опасность представляют химические соединения, которые вносятся в окружающую среду намеренно. К числу таких веществ относятся пестициды. Первое место в мире по производству среди гербицидов занимают препараты, действующим веществом которых является N-(фосфонометил)-глицин (Шушкова, 2009). К таким препаратом относится широко известный пестицид глифосат (ГФ). Глифосат – неселективный гербицид системного и избирательного действия, используется для борьбы с сорными растениями, в том числе и многолетними, в период вегетации (Захаренко, 1990).

По некоторым данным, ГФ обнаруживают в почве даже спустя два года после обработки. Препараты на основе ГФ относятся к 3 классу опасности (Шушкова, 2009). Доказано, что при поступлении в организм с пищей пестицид подавляет бактерии-симбионты, обитающие в кишечнике (Krüger, 2013).

Для оценки токсичности природных сред используются методы биотестирования. В качестве тест-объектов интерес вызывают виды уникальных фотосинтезирующих прокариотов – цианобактерий (ЦБ), которые распространены повсеместно. Среди ЦБ встречаются как особо стойкие, так и наиболее чувствительные к внешним воздействиям штаммы. Биохимические показатели жизнедеятельности являются хорошими индикаторами физиологического статуса организма и перспективны при проведении биотестирования.

Целью данной работы было изучить влияние ГФ на интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) и уровень хлорофилла а в биопленках цианобактерий (ЦБ) *Nostoc commune*.

Культура ЦБ для опыта была взята из музея фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА. Возраст культуры 2 месяца. Титр – $8,5 \cdot 10^7$. В модельном опыте изучали влияние ГФ в концентрациях $1 \cdot 10^{-4}$; $5 \cdot 10^{-4}$; $1 \cdot 10^{-3}$; $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л на биохимические показатели ЦБ. В опыте использовали водный раствор кислоты ГФ с концентрацией 360 г/л.

Культуру ЦБ инкубировали в растворах ГФ в течение суток, далее оценивали содержание хлорофилла а и интенсивность процессов ПОЛ в клетках. Содержание хлорофилла а оценивали фотометрически в ацетоновой вытяжке при длинах волн 665 и 750 нм (Standard procedure ..., 2000), интенсивность ПОЛ оценивали фотометрически по накоплению малонового диальдегида (МДА) – продукта ПОЛ по методике (Лукаткин, 2002), которая была модифицирована

нами для ЦБ. Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных статистических методов.

ЦБ содержат в своих клетках только хлорофилл а, который активно участвует в процессе фотосинтеза. Установлено, что в изучаемых концентрациях ГФ не оказывал летального действия на *N. commune*, однако вызывал снижение уровня хлорофилла в клетках (рис.).

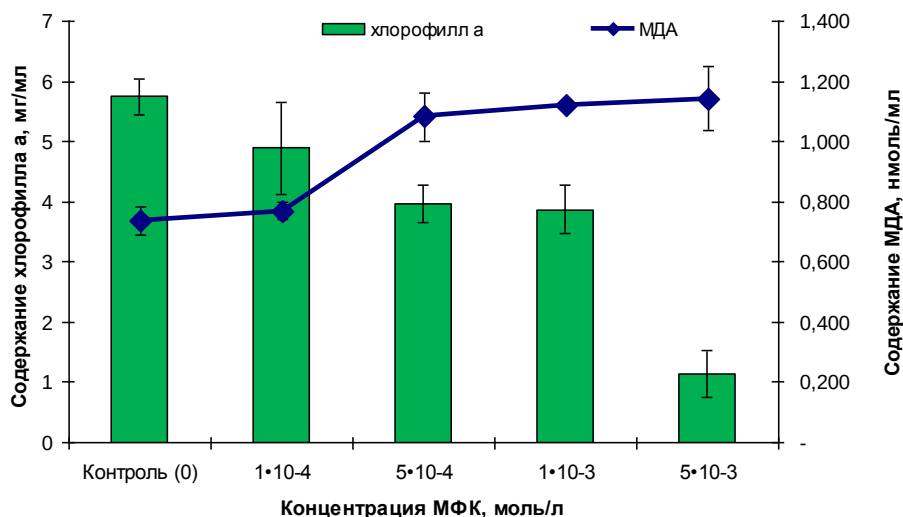


Рис. Влияние глифосата на содержание хлорофилла а и МДА в культуре *N. commune*

ГФ в концентрации $1 \cdot 10^{-4}$ моль/л в меньшей степени оказывал влияние на пигментный комплекс ЦБ. В вариантах с действием ГФ в концентрациях $5 \cdot 10^{-4}$ и $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л отмечали снижение уровня хлорофилла а в культуре ЦБ на 30% по сравнению с контролем. Действие ГФ самой высокой концентрации $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л приводило к значительному, в 5 раз, уменьшению содержания хлорофилла в культуре ЦБ. Снижение количества хлорофилла может происходить в результате торможения процессов биосинтеза пигмента в присутствии ГФ. Известно, что ГФ ингибирует синтез предшественника хлорофилла – 5-аминолевулиновой кислоты (Гольдфельд, Карапетян, 1989). Кроме того, снижение накопления пигмента в клетках ЦБ в присутствии ГФ может происходить в результате окислительной деградации молекул хлорофилла. Это предположение подтверждается данными по изучению интенсивности окислительных процессов в клетках ЦБ, которые изучали по накоплению МДА – продукта перекисного окисления липидов.

Реакции ПОЛ – цепной процесс, свободнорадикальное окисление, которое нарушает структуру многих молекул, прекращаются процессы синтеза в клетке, нарушается структура ДНК (Лукаткин, 2002). Содержание МДА отражает интенсивность протекающих окислительных процессов в клетке. В опыте с действием ГФ самой низкой концентрации ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) интенсивность процессов ПОЛ в клетках ЦБ была на том же уровне, что и в контроле. Значительное, в 1,5 раза, возрастание интенсивности процессов ПОЛ в клетках ЦБ вызывал ГФ

в концентрациях $5 \cdot 10^{-4}$ моль/л и более. Выявлена тесная отрицательная корреляция ($r=-0,8$) между изученными биохимическими показателями: содержание хлорофилла а и интенсивность процессов ПОЛ в клетках ЦБ.

Таким образом, можно сделать вывод, что ГФ инициирует окислительный стресс в клетках, индуцирует активацию процессов ПОЛ и вызывает снижение уровня хлорофилла. Значительные изменения биохимических процессов в ЦБ вызывает ГФ в концентрациях $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л и более, что ниже рекомендуемых. ЦБ *N. commune* чувствительны к воздействию ГФ и изученные биохимические показатели могут быть использованы при проведении биотестирования природных сред, загрязненных изученным пестицидом.

Литература

Гольдфельд М. Г., Карапетян Н. В. Физико-химические основы действия гербицидов // Итоги науки и техники. Биологическая химия. 1989. Т. 30. 164 с.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В. Биоремедиационные возможности почвенных цианобактерий // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар. 2011. С. 26–38.

Захаренко В. А. Гербициды. М: Агропромиздат, 1990. 240 с.

Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. 208 с.

Папченкова Г. А., Гребенюк Л. П. Влияние сублетальных концентраций гербицида раундап на размеры, плодовитость и морфологические параметры *Daphnia magna* Straus (Cladocera) // Токсикологический вестник. 2008. № 4. С. 27–30.

Шушкова Т. В., Васильева Г. К., Ермакова И. Т., Леонтьевский А. А. Сорбция глифосата и его микробная деградация в почвенных суспензиях // Прикладная биохимия и микробиология. 2009. Т. 45. № 6. С. 664–670.

Krüger M, Shehata AA, Schrödl W, Rodloff A. Glyphosate suppresses the antagonistic effect of *Enterococcus* spp. on *Clostridium botulinum* // Anaerobe. 2013. Feb 6. pii: S1075-9964(13)00018-8.

Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods. Institute of Marine Research. Norway, 2000. 25 p.

СОХРАНЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ У ВЫСУШЕННЫХ КУЛЬТУР ЦИАНОБАКТЕРИЙ

Ю. Н. Зыкова, Л. В. Трефилова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nm-flora@rambler.ru*

Физиологические особенности многих видов цианобактерий (ЦБ) таковы, что позволяют сохранять клетки в жизнеспособном состоянии в течение многих лет. Впервые это было установлено при оживлении образцов культуры *Nostoc commune* после 107-летнего хранения в гербарии (Cameron, 1962). Более того, именно для этой культуры доказано, что при обезвоживании у *N. commune* сохраняется вся организация клеток, происходит гелификация цитоплазмы при полном сохранении жизнеспособности (Генкель, 1972). По классификации Э. А. Штиной и М. М. Голлербах *N. commune* относится к N-форме, для кото-

рой характерны повышенная световыносливость и засухоустойчивость, при этом *N. commune* способен к быстрому набуханию слизи и к удержанию поглощенной воды (Штина, 1976).

При исследовании почвы, сохранившейся в гербарии, только в 46 пробах из 124 получил рост водорослей. При этом зеленые водоросли чаще встречались в пробах не старше 30 лет, ЦБ были обнаружены вплоть до 60-летнего срока хранения образцов (Parker et al., 1969). В настоящее время для биотехнологических целей в основном используют два способа заготовки ЦБ: замораживание и сушка с дальнейшим приготовлением гелей из предварительно высушенных и замороженных ЦБ (Чмыхалова и др., 2014). На наш взгляд, наиболее удобным и дешевым приемом сохранности ЦБ является простое, а не лиофильное их высушивание, что позволяет создать достаточно музейного материала из культур ЦБ, а по мере практического использования отбирать необходимые сухие образцы для дальнейшего их оживления и практического применения, хотя попытки использования ЦБ в агробиотехнологии эпизодичны (Трефилова, 2008).

Цель нашей работы – определить уровень жизнеспособности культур ЦБ, находившихся в высушенном состоянии в течении 3 лет.

Для исследования были использованы музейные культуры ЦБ кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии, которые с 2012 г. находились в высушенном состоянии: *Nostoc paludosum* шт. 18, *N. linckia* шт. 271, *N. muscorum* шт. 272, *Fischerella muscicola* шт. 300, *Microchaeta tenera* шт. 265. Предварительно эти культуры замачивали в среде Громова № 6 без азота.

Жизнеспособность клеток определяли по активности дегидрогеназы тетразолю-топографическим методом (Домрачева и др., 2008). Для этого гомогенизированную культуру ЦБ после отмывания водой выдерживали в 0,075% растворе трифенилтетразолий хлорида (ТТХ) 3 часа. За этот период бесцветный ТТХ, акцептируя мобилизованный дегидрогеназой водород, превращается в 2,3,5-трифенилформаза, имеющий красную или малиновую окраску. Чтобы определить соотношение жизнеспособных и неживых клеток в культуре, готовили мазки на предметных стеклах (по 9 мазков на каждый вариант опыта) и с помощью иммерсионного микроскопа просчитывали не менее 500 клеток в каждой повторности. При количественном учете дифференцировали клетки с ярко-красными кристаллами формаза внутри (считая их жизнеспособными с выраженной дегидрогеназной активностью) и клетки без кристаллов (считая их неактивными и нежизнеспособными).

В результате проведенных исследований было установлено, что разные виды ЦБ по-разному реагируют на процедуру высушивания. Наибольший процент жизнеспособных клеток был обнаружен в культурах *Nostoc linckia* и *Fischerella muscicola*, который колебался в пределах 91–95% соответственно (табл.). Вероятно, именно для этих культур можно использовать высушивание как форму длительного и наиболее дешевого способа хранения музейных штаммов.

Уровень жизнеспособности культур цианобактерий, %

Культуры	Жизнеспособность, %	
	жизнеспособные	нежизнеспособные
<i>Nostoc paludosum</i>	3,69	96,31
<i>Nostoc linckia</i>	91,38	8,62
<i>Nostoc muscorum</i>	6,22	93,78
<i>Fischerella muscicola</i>	95,95	4,05
<i>Microchaeta tenera</i>	2,89	97,11

Но, не смотря на то, что не все культуры имеют большой процент жизнеспособных клеток, можно с уверенностью говорить о способности всех рассмотренных видов ЦБ сохранять длительное время жизнеспособность клеток в высушенном состоянии. Даже при небольшом количестве жизнеспособных клеток можно, регулируя условия инкубирования, нарастить необходимую биомассу ЦБ для дальнейшего их использования в различных направлениях агробиотехнологии.

Литература

Генкель П. А., Пронина Н. Д. Физиология анабиоза при высыхании у некоторых водорослей, лишайников и мхов // Методы изучения и практического использования водорослей. Тр. Кировского с.-х. ин-та. Киров, 1972. С. 106–113.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязнённых средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23–28.

Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии. Дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 2008. 162 с.

Чмыхалова В. Б., Кучумова Е. С., Шульгина А. Г. Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Матер. 5 Всерос. науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский, 2014. С. 126–129.

Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

Parker B., Schanen N., Renner R. 1969. Viable soil algae from herbarium of the Missouri Botanical Garden. Ann. Missouri Bot. Garden, V. 56. № 2.

Cameron R. E. Species of *Nostoc* Vaucher occurring in the Sonoran desert in Arisona. Trans. Amer. Microscop. Soc., 81. № 4.

ВИДОВАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МИКРОМИЦЕТОВ ЧЕРНОЗЕМА В ПРИКОРНЕВОЙ ЗОНЕ РАСТЕНИЙ- ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ

Н. М. Кувшинова, И. Д. Свистова

Воронежский государственный педагогический университет,
natali_7.09@mail.ru

В процессе жизнедеятельности растения активно выделяют ризодепозиты, которые включают корневые экссудаты, полимерные соединения (сли-

зи, ферменты), а также корневой опад (слющивающиеся клетки корневого чехлика и корневые волоски) (Звягинцев и др., 2005). Выделение ризодепозитов изменяет микроокружение почвы вблизи корней растений, формируя зону ризосферы с повышенной активностью микробиологических процессов, что способствует улучшению роста и защите растений (Носов, 1994).

Широкое применение в диетическом питании находят растения, синтезирующие натуральные подсластители. К ним относятся растения разных семейств (Валягина, Малютина, 1996), а вещества сладкого вкуса могут быть различной химической природы, относящиеся как к моносахаридам (но не глюкоза), так и к неметаболизируемым гликозидам. По нашему предположению, выделение подсластителей может заметно изменять состав и активность микробиологических процессов в прикорневой зоне почвы.

Целью работы явилось изучение комплекса микромицетов чернозема выщелоченного в прикорневой зоне растений-продуцентов натуральных подсластителей.

На территории ботанического сада им. Келлера ВГАУ был заложен полевой мелкоделяночный опыт, где в монокультуре выращивались растения, содержащие натуральные подсластители (табл. 1).

Таблица 1

Вторичные метаболиты растений-подсластителей

Растения-продуценты		Подсластители	
Семейство	вид	вещество	класс
Астровые	Стевия медовая	стевиозид, ребаудиозид	гликозиды
	Топинамбур клубненосный	инулин	полисахарид, полимер фруктозы
	Якон осотolistный		
Бобовые	Солодка голая	глицерризин	гликозид

Объект исследования – чернозем выщелоченный малогумусный среднеспособный среднесуглинистый. Пробы почвы отбирали в динамике по сезону из слоя 0–20 см под растениями, контроль – парующая почва.

Микромицеты выделяли на агаризованной среде Чапека pH 4,5 (Теппер и др., 1986). Их таксономическую принадлежность устанавливали до вида с помощью определителей для разных классов грибов. Видовую структуру микромицетов определяли, опираясь на критерии, предложенные Т. Г. Мирчинк (1988).

В вариантах опыта было выделено 34 вида микромицетов, являющихся представителями 20 родов, 7 семейств и 3 классов. Для каждой растительной ассоциации характерен специфический состав микроскопических грибов - виды доминирующие, часто и редко встречающиеся, «случайные» (Билай и др., 1984). Структура комплекса микромицетов по данным результатов опыта представлена в таблице 2.

Структура комплекса микромицетов

Виды грибов	Контроль*	Стевия	Солодка	Якон	Топинамбур
<i>Penicillium tardum</i>	Д	–	–	–	–
<i>Paecilomyces lilacinim</i>	Д	–	–	–	–
<i>Acremonium alternatum</i>	Д	–	–	–	–
<i>Trichoderma koningii</i>	Ч	–	–	–	–
<i>Penicillium daleae</i>	Ч	Д	Д	Ч	Р
<i>Aspergillus terreus</i>	Ч	Р	–	–	С
<i>Cephalosporium acremonium</i>	Р	–	–	–	–
<i>Mucor hiemalis</i>	Р	Р	Р	–	Р
<i>Fusarium solani</i>	Р	–	–	Р	С
<i>Fusarium oxysporum</i>	Р	–	–	–	–
<i>Chaetomium piluliferum</i>	Р	–	Р	–	–
<i>Penicillium funiculosum</i>	Р	–	Д	Д	–
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Р	С	Р	–	–
<i>Penicillium notatum</i>	Р	Р	Ч	С	С
<i>Aspergillus ustus</i>	Р	–	–	Ч	Д
<i>Aspergillus niger</i>	Р	Ч	–	–	–
<i>Penicillium simplicissimus</i>	Р	–	–	Р	–
<i>Botr. piluliferum</i>	Р	Ч	Р	–	–
<i>Aspergillus niger</i>	Р	–	Ч	–	–
<i>Trichoderma harzianum</i>	С	Д	Д	–	–
<i>Aspergillus wentii</i>	–	Р	–	–	Ч
<i>Stahybotrys chartarum</i>	–	С	–	С	Р
<i>Aspergillus ochraceus</i>	–	–	–	Д	Ч
<i>Humicola. grisea</i>	–	–	–	С	С
<i>Penicillium viridicatum</i>	–	–	–	С	С
<i>Rhizoctonia solani</i>	–	–	–	С	С

Примечание: Д – доминанты, Ч – часто встречающиеся, Р – редко встречающиеся, С – случайные, * указаны не все случайные виды.

В контрольном варианте опыта выделены 26 видов почвенных грибов, преимущественно из кл. *Deuteromycetes*. Доминантами являлись представители семейства *Moniliaceae*: *Paecilomyces lilacinim*, *Acremonium alternatum*, *Penicillium tardum*.

На пару комплекс микромицетов чернозема выщелоченного отличался высокими показателями α -разнообразия и выравненности. Половина видов относятся к рангу случайных, плотность их достигает 47%. Доминанты, которые были выделены в парующей почве, а так же *Trichoderma koningii*, *Cephalosporium acremonium* – чувствительные виды, так как в вариантах опыта с почвой прикорневой зоны растений исчезли.

В корневой зоне растений-подсластителей общей закономерностью было снижение видового богатства комплекса почвенных микромицетов примерно в 2 раза (6–10 видов) (табл. 3).

Второй особенностью является резкое возрастание плотности типичных видов грибов с 53 до 79–88% за счет элиминации не только случайных, но и

многих типичных видов. Это явление, называемое «концентрацией доминирования», указывает на стрессовое состояние микробного сообщества почвы.

Третьей закономерностью является нарушение видового состава почвенных грибов. Показатель β -разнообразия Ксх. Серенсена составляет 0,4–0,6 по сравнению с контролем.

Таблица 3

**Показатели видового разнообразия комплексов микромицетов
чернозема в вариантах опыта**

Показатели	Контроль	Стевия	Солодка	Якон	Топинамбур
Численность, 10^3 КОЕ/г	12,5	7,5	22	19,5	23
Общее количество видов	26	11	14	12	12
Количество типичных видов	13	8	10	6	6
Суммарная плотность типичных видов	53	85	88	79	81
К сходства Серенсена	1,0	0,5	0,6	0,4	0,4

Виды почвенных грибов, которые в контроле были случайными, в монокультурах повышали свой ранг до часто встречающихся или доминантов. Это представители рода *Penicillium* (*P. funiculosum*, *P. notatum*, *P. daleae*), *Aspergillus* (*A. ustus*, *A. niger*), *Botryotrichum* (*Botr. piluliferum*). Кроме того, в ранге типичных частых и даже доминантов выделялись грибы, не встречающиеся в контроле: из сем. *Moniliaceae* виды *A. wentii* и *A. ochraceus*, *Penicillium viridicatum*, из сем. *Dematiaceae* виды *Humicola grisea*, *Stachybotrys artarum*, а также стерильный мицелий *Rhizoctonia solani*.

Интересно отметить, что ряд факультативных фитопатогенов (*Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *F. sambucinum*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*; *Drechslera sorokiniana*) не выделялись из почвы под исследуемыми растениями, в отличие от контроля. Снижение инфекционного потенциала фитопатогенов указывает на возможное использование изученных растений для фиторемедиации почвы.

В почве под различными растениями-продуцентами подсластителей наблюдали разнонаправленные нарушения видового состава микромицетов чернозема. По всей видимости, вторичные метаболиты растений заметно меняют структуру микробного сообщества почвы.

Литература

- Билай В. И., Элланская И. А., Кириленко Т. С. Микромицеты почвы. Киев: Наукова думка, 1984. 264 с.
- Валягина Е. Т., Малютина А. И. Лекарственные растения. СПб: Специальная литература, 1996. 425 с.
- Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М: Академия, 2005. 445 с.
- Мирчинк Т. Г. Почвенная микология. М.: МГУ, 1988. 220 с.
- Носов А. М. Функции вторичных метаболитов растений *in vivo* и *in vitro* // Физиология растений. 1994. Т. 41. № 6. С. 873–878.
- Теппер З. Е., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Методы почвенной микробиологии. М: Колос, 1986. 180 с.

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИЦЕЛИЯ *GANODERMA LUCIDUM*

Т. А. Николаева¹, И. Г. Широких^{1, 2, 3}

¹ Вятский государственный университет,

² Лаборатория биомониторинга Института биологии

Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,

³ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
irgenal@mail.ru

Гриб *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst – один из перспективных источников биологически активных соединений в современной биотехнологии базидиомицетов (Бабицкая и др., 2003). Этот гриб широко используется в восточной медицине в качестве иммуномодулятора, средства для стабилизации кровяного давления, лечения заболеваний сердечно-сосудистой и нервной системы (Гарибова и др., 2003; Краснопольская и др., 2003; Ли Юй и др., 2009).

Использование биологически активных метаболитов базидиальных грибов перспективно для создания лекарственных средств и биологически активных добавок к пище. В качестве основы биотехнологий получения таких субстанций целесообразно использовать погруженное культивирование продуцентов. В отличие от твердофазного культивирования, погруженное позволяет в кратчайшие сроки и с наименьшими затратами накапливать целевой продукт, соблюдая условия культивирования, обеспечивающие стабильность химического состава получаемого материала (Евсенко и др., 2009).

G. lucidum представляет интерес, прежде всего, как источник полисахаридов (β -глюканов), а также стероидов, терпеноидов и микроэлементов. В настоящее время структуру и фармакологическое действие полисахаридов, извлекаемых из плодовых тел гриба, активно изучают, тогда как данных о составе полисахаридов, образуемых грибом при выращивании в мицелиальной культуре, недостаточно. В значительной степени это обусловлено отсутствием данных о влиянии различных факторов среды на рост гриба *G. lucidum* в условиях глубоинной культуры, необходимых для оптимизации режимов его роста. Эффективность процесса глубинного культивирования может определяться характеристиками жидкой питательной среды – её кислотностью, а также количеством и качеством источников углеродного и азотного питания. Немаловажными факторами продуктивности ферментационного процесса являются температура культивирования и активность посевного мицелия.

Цель работы – подбор оптимальных режимов (продолжительность культивирования, количество посевного материала, температура, аэрация, pH, источники углерода и азота) для роста мицелия *Ganoderma lucidum*, обеспечивающих максимальный выход биомассы.

В работе использовали штамм № 1 гриба *G. lucidum*, полученный из Института биотехнологии провинции Цзилинь (г. Чанчунь, КНР) и поддерживаемый в коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока».

Мицелий выращивали в жидкой глюкозо-пептонной среде следующего состава (г/л): глюкоза – 20,0; пептон – 1,0; дрожжевой экстракт – 2,0; K_2HPO_4 – 1,0; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,2; $(NH_4)_2SO_4$ – 5,0. Засев производили путем помещения в колбу с жидкой средой агаровых блоков диаметром 10 мм, вырезанных стерильным пробочным сверлом из периферической части колоний, предварительно выращенных на сусло-агаре. Инкубацию вели в колбах Эрленмейера объемом 250 мл с 50 мл среды на качалке при 180 об./мин, а также стационарно, для выявления оптимального режима аэрации. Выход биомассы определяли гравиметрически после фильтрования жидкой культуры через бумажный фильтр и его высушивания при 70°C до постоянного веса.

Влияние температуры на рост мицелия гриба изучали на сусло-агаре и картофельно-глюкозном агаре в чашках Петри. Посев гриба осуществляли уколом в центр агаровой пластинки. Радиальную скорость роста (K_r) определяли по формуле: $K_r = (d_2 - d_1) / (t_2 - t_1)$, где d_1 и d_2 – диаметр колоний (мм) в начальный (t_1) и конечный (t_2) моменты времени измерения соответственно (час.). Измерения проводили в 3-кратной повторности.

На первом этапе экспериментов была изучена динамика накопления биомассы гриба *G. lucidum* 1 при выращивании мицелия в жидкой глюкозо-пептонной среде. Биомасса грибного мицелия нарастала вплоть до 10 суток культивирования, и достигала 4,894 г/л, наиболее существенно (в 1,5 раза) увеличиваясь в период с 9 по 10 сутки (рис. 1).

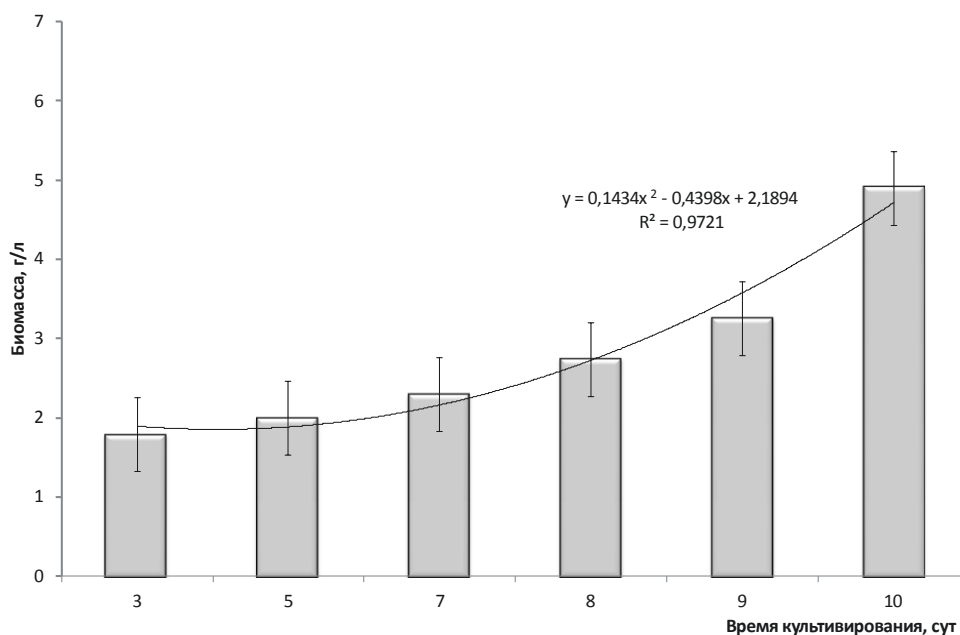


Рис. 1. Динамика накопления биомассы гриба *G.lucidum* в погруженной культуре

Для выявления оптимального количества посевного материала исследуемый штамм выращивали в жидкой культуре, производя засев 1, 2 или 3-мя агаровыми блоками из периферической части колоний, полученных на сусло-агаре. Определение биомассы гриба у *G.lucidum* 1 на 8-е сутки роста показало, что она увеличивалась пропорционально исходному количеству внесенных в жидкую среду блоков. Различия между вариантами с одним и двумя блоками

оценивались как недостоверные, а между вариантами с двумя и тремя блоками – уже как существенные (рис. 2).

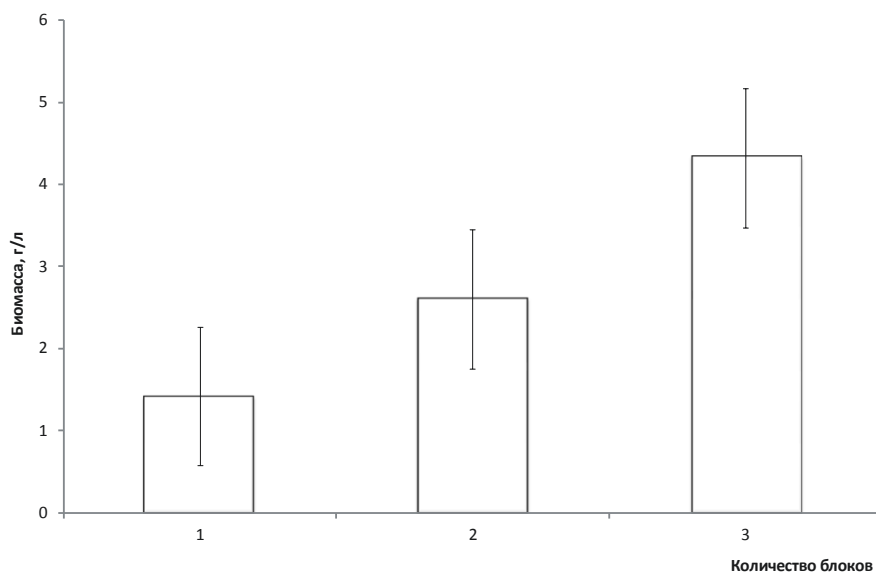


Рис. 2. Накопление мицелиальной биомассы гриба *G.lucidum* в погруженной культуре в зависимости от количества посевного материала

Сравнение накопления биомассы за 11 сут. в качалочной ($6,40 \pm 0,83$ г/л) и стационарной ($2,94 \pm 0,02$ г/л) культурах показало, что более благоприятные условия создаются при выращивании гриба с дополнительной аэрацией.

Оптимальное для роста и накопления биомассы в условиях глубинного культивирования исходное значение кислотности среды следует устанавливать на уровне pH 5,5 (рис. 3).

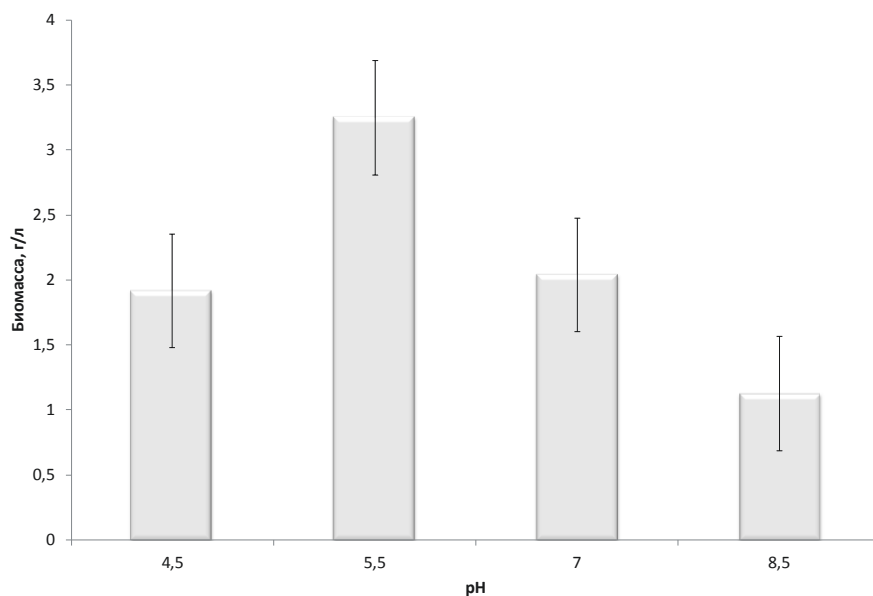


Рис. 3. Накопление мицелиальной биомассы гриба *G.lucidum* в погруженной культуре в зависимости от исходного значения pH питательной среды

Кроме того, было выявлено, что рост гриба сопровождался некоторым снижением pH культуральной жидкости. На девятый день культивирования

G. lucidum 1 значение кислотности по вариантам опыта изменялось от 3,7 до 5 ед. рН, в зависимости от исходного (от 4,5 до 8,5 ед.) значения рН среды.

В ходе определения оптимальных температурных условий для роста штамма *G. lucidum* 1 показано, что наиболее благоприятной является температура +28°C (0,32±0, 01 мм/час). Выращивание гриба при температуре +37°C обеспечило лишь незначительную (0,01 мм/час) радиальную скорость роста мицелия по сравнению с вариантом +28°C. Рост гриба *G. lucidum* 1 при +4°C в наших экспериментах отсутствовал.

Полученные результаты представляют собой необходимую основу для проведения дальнейшей оптимизации режимов культивирования лекарственного гриба *G. lucidum* 1.

Литература

Бабицкая В. Г., Хлюстов С. В., Пленина Л. В., Щерба В. В., Бисько Н. А., Деревнина О. Н., Рожкова З. А., Лопатенко Ю. С. Физиологически активные соединения и биологическое действие глубинного мицелия базидиомицета *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst // Биотехнология. 2003. № 4. С. 35–44.

Гарибова Л. В., Антимонова А. В., Завьялова Л. А., Краснопольская Л. М. Рост и морфологические признаки мицелия трутовика лакированного *Ganoderma lucidum* в зависимости от условий культивирования // Микология и фитопатология. 2003. Т. 37. № 3. С. 14–19.

Евсенко М. С., Шашков А. С., Автономова А. В., Краснопольская Л. М., Усов А. И. Полисахариды базидиальных грибов. Растворимые в щелочи полисахариды из мицелия трутовика лакированного *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst // Биохимия. 2009. Т. 74. № 5. С. 657.

Краснопольская Л. М., Антимонова А. В., Белицкий И. В., Соболева Н. Ю., Гарибова Л. В. Получение биомассы лекарственных грибов трутовика лакированного *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst и шиитаке *Lentinus edodes* (Berk.) Singe в погруженной культуре // Успехи медицинской микологии. Материалы I Всерос. конгр. по мед. микологии. М.: Нац. Академия микологии, 2003. Т. 1. С. 281–283.

Ли Юй, Тулигуэл, Бао Хайин, Широких А. А., Широких И. Г., Егошина Т. Л., Кириллов Д. В. Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях / Под общ. ред. В. А. Сысуева. НИИ сельского хозяйства Северо-Востока. Киров: О-Краткое, 2009. 320 с.

СТРЕПТОМИЦЕТЫ В ПОЧВАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ЛЕСНОГО ПАРКА г. ЧАНЧУНЬ (СЕВЕРО-ВОСТОК КИТАЯ)

О. В. Кокорина¹, И. Г. Широких^{1, 2, 3}

¹ Вятский государственный университет,

² Лаборатория биомониторинга Института биологии
Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,

³ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
irgenal@mail.ru

Для леса, как климаксной экосистемы, характерно наличие двух уравновешенных процессов синтеза и деструкции органического вещества. Если синтез основной массы органического вещества осуществляют растения, то де-

струкцию – микроорганизмы и животные. Актиномицеты, как представители прокариотного комплекса почвенной микробной системы, участвуют в процессе деструкции органического вещества, включаясь в процесс конвейерной переработки растительного опада на сравнительно поздних этапах разложения (Зенова и др., 1996).

В ландшафтах северо-восточного Китая – Манчжурской ботанико-географической подобласти – господствуют хвойно-широколиственные леса, которые совмещают в себе признаки неморальной и бореальной растительности – широколиственных листопадных лесов и хвойной тайги. Такое совмещение обусловлено физико-географическими особенностями Дальнего Востока, где в состоянии взаимопроникновения находится материковый умеренно холодный климат континентальной Сибири с влажным умеренно холодным климатом северотихоокеанского муссона (Ивашкевич, 1933).

Исходные природные ландшафты Манчжурии в значительной мере изменены человеком в результате его хозяйственной деятельности. Вокруг крупных городов леса почти полностью вырублены. На Нижне-Сунгарийской низменности, благодаря широкому развитию земледелия, почти не сохранилось участков с первичной растительностью. Однако, не смотря на огромную численность населения и нехватку пригодных для развития земледелия земель, в последние годы народы Китая проводят большую работу по изменению природных условий в экологически благоприятную сторону. Обширные площади склонов Большого и Малого Хингана и прилегающих к нему с востока равнин покрываются лесными посадками. Площадь под искусственными лесами из года в год увеличивается (Северо-Восточный Китай http://www.indianart.ru/art/Severo-Vostochnyi_Kitai/p2_articleid/385). Крупнейший в Азии рукотворный лесной массив – Национальный лесной парк Jingyuetan, площадью 90 кв. км, расположен всего в 18 км от центра г. Чанчунь и известен под названием «городской лес Чанчуня». Здесь высажено более 30 различных видов древесных пород, включая кедр корейский (*Pinus koraiensis*) и дуб монгольский (*Quercus mongolica*). Кедр, как и в естественных лесах, образует чистые насаждения и является господствующей породой среди хвойных. Почвенный покров парка представлен типичными для китайской части Малого Хингана подзолистыми и бурыми лесными почвами (Пшеничников, Пшеничникова, 2008).

Цель работы – исследовать комплексы почвенных стрептомицетов в искусственной лесной экосистеме центральной Манчжурии и сравнить полученные результаты с данными по лесным биотам европейской части России.

Сбор образцов выполнен в августе 2014 г. в юго-восточной части искусственного лесного массива Jingyuetan (43°41'23"с.ш. 125°24'11"в.д.) под пологом кедра корейского и дуба монгольского с выделением подстилки (0–4 см) и верхнего почвенного горизонта (4–10 см). Анализировали в каждом случае по два смешанных образца, составленных объединением пяти индивидуальных проб, отобранных на площади 100 кв. м.

Выделение состава и учет численности стрептомицетов проводили путем посева образцов на казеин-глицериновый агар с применением селективных приемов выделения. Осуществляли дифференцированный учёт колоний по

морфотипам и выделяли представителей различных цветовых секций и серий для идентификации, которую выполняли по ключу Гаузе (Гаузе и др. 1983) на основании культуральных и морфологических признаков, используя увеличение микроскопа $\times 120$. Структуру комплекса характеризовали на основании показателей долевого участия и частоты встречаемости видов отдельных секций и серий (Звягинцев, Зенова, 2001).

В условиях Манчжурской подобласти Восточноазиатской ботанико-географической области численность почвенных стрептомицетов в подстилке и почве искусственного хвойно-широколиственного леса была сопоставима с аналогичными показателями, зафиксированными для хвойных и лиственных биомов в Окском и Центральном лесном государственных лесных заповедников (Зенова и др., 1996). Основным местом сосредоточения актиномицетов в исследованных лесных биомах явились подстилки, тогда как верхние горизонты почвы уступали им по количественной представленности мицелиальных прокариот. Под пологом дуба монгольского численность актиномицетов ($2,7-11,7 \times 10^5$ КОЕ/г) оказалась в 1,1–1,5 раза выше, чем в почве и подстилке под пологом корейского кедра ($3,1-7,4 \times 10^5$ КОЕ/г). Доля актиномицетов в почвенном прокариотном комплексе, под кедром (66–70%), напротив, была выше, чем под дубом (24–43%). Различались между собой по доле участия актиномицетов в прокариотном комплексе и подстилки сравниваемых древостоев: 26–44% под кроной хвойника и 9–28% под лиственной кроной.

Различная степень обогащенности пропеллами актиномицетов лесных почв по сравнению с подстилкой обусловлена разными свойствами исследованных почв. Так, опад в дубовой роще обильнее по сравнению с кедровником, поэтому максимум численности мицелиальных прокариот отмечен в подстилке под пологом дуба монгольского.

При анализе качественного состава актиномицетов было получено 26 изолятов, относящихся к 19 видам из 8 серий и 4 секций. Видовое разнообразие актиномицетов в почвах лесного парка относительно невелико. Под пологом кедра корейского в почве обнаружены 4 вида стрептомицетов *S. odorifer* 10J-2, *S. filamentosus* 10J-4, *S. roseolilacinus* 10J-3, 10J-5 и *S. albogriseolus* 10J-1, а под дубом монгольским – 3 вида: *S. aburaviensis* 4J-1, *S. wedmorensis* 4J-2, *S. gelaticus* 4J-3 из серии *Cinereus Achromogenes*.

Более разнообразна по составу актинобиота исследованных лесных подстилок. Преимущественная локализация актиномицетов в подстилках объясняется присущей актиномицетам экологической стратегией: значительное количественное увеличение и явное доминирование их отдельных представителей можно наблюдать в ситуациях, когда создаются условия для использования медленно разлагаемых субстратов при исчерпании легкодоступных источников питания. Так, из подстилки, сформированной опадом корейского кедра, выделено 8 штаммов стрептомицетов, относящихся к 6 видам из 4 серий и 3 секций, в том числе вид *S. griseolus*, способный продуцировать 8 различных антибиотиков (Гаузе и др., 1983).

Из образцов подстилки, отобранных под пологом монгольского дуба, изолировано 10 штаммов стрептомицетов, относящихся к 9 видам из 6 серий и

3 секций. Полученные из этого субстрата изоляты продуцируют в сумме более 47 видов антибиотиков (Гаузе и др., 1983). Особенно широким антибиотическим спектром отличается вид *S. griseus* (более 33 антибиотиков).

По частоте встречаемости в биоме *Pinus koraiensis* доминируют представители секций и серий Imperfectus, Cinereus Achromogenes и Cinereus Aureus, Albus Albus (по 83% каждая), а в биоме *Quercus mongolica* – только виды Cinereus Achromogenes (100%). По относительному обилию в почвенных субстратах, связанных с *Pinus koraiensis*, преобладают виды Imperfectus (до 56% в почве); в субстратах, связанных с *Quercus mongolica* – виды Cinereus Achromogenes (до 39% в почве). В числе минорных представителей почвенных комплексов стрептомицетов в искусственной лесной экосистеме Jingyuetan отмечены виды, принадлежащие к секциям и сериям Cinereus Violaceus, Roseus, Helvolus Helvolo-Flavus.

Литература

Зенова Г. М., Грачева Т. А., Манучарова Н. А., Звягинцев Д.Г. Актиномицетные сообщества лесных экосистем // Почвоведение. 1996. № 11. С. 1347–1351.

Ивашкевич Б. А. Дальневосточные леса и их промышленная будущность. Хабаровск: ДВ ОГИЗ, 1933. 286 с.

Северо-Восточный Китай http://www.indianart.ru/art/Severo-Vostochnyi_Kitai/p2_articleid/385.

Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н.Ф. Почвы // Геосистемы Дальнего Востока на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 144–171.

МИКОБИОТА ВЫСШИХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ В БИОТОПАХ г. КИРОВА

А. В. Щеклеина¹, А. А. Широких^{1,2,3}, И. Г. Широких^{2,3}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
irgenal@mail.ru

Урбоэкосистемы, формирующиеся в условиях города, существенно отличаются от природных зональных биоценозов по целому ряду факторов, наиболее важными из которых являются более тёплый микроклимат, искусственный растительный покров, ежегодное отчуждение значительной части растительного опада. В растительном покрове городских парков и скверов преобладают специально сформированные посадки растений, а природный биологический круговорот элементов нарушается уборкой листового опада и подстилки. Перечисленные факторы оказывают существенное влияние на формирование микобиоты высших базидиальных грибов в условиях города и обуславливают её отличие от микобиоты природных зональных биоценозов.

Целью данных исследований являлось изучение видового разнообразия высших базидиальных грибов в парках и скверах города Кирова.

Сбор плодовых тел грибов осуществляли в августе и сентябре в следующих биотопах: аллеи в районах промышленных предприятий ОАО «ОЦМ» и ОАО «ЭМСЗ «ЛЕПСЕ», городские парки – «Александровский сад», парк им. С. М. Кирова, парк им. Ю. А. Гагарина. Всего было собрано более 60 образцов. Определение образцов осуществляли с помощью светового микроскопа «Leica DM 2500» с применением стандартного набора реактивов (Вассер, 1985). Название таксонов приводятся в соответствии с системой, принятой в 10 издании «Словаря грибов Айнсворта и Бисби» (Dictionary ..., 2008).

В результате проведённых исследований на территории, включающей пять указанных выше участков, выявлено 58 видов высших базидиальных грибов. Все грибы относятся к отделу Basidiomycota, классу Basidiomycetes, распределены между 4 порядками, 26 семействами и 40 родами. Самыми крупными по числу родов являются семейства Polyporaceae (5 родов, что составляет 12,5%) и Tricholomataceae (4 рода, 10%). Доминирование представителей этих семейств в составе сообщества высших базидиальных грибов урбоэкосистемы может характеризовать микобиоту города как бореальную.

При рассмотрении таксонов в ранге семейств установлено, что ведущими по числу видов являются Polyporaceae (9 видов, или 15,5% от общего числа видов), Tricholomataceae (8 видов, 13,8%), Psathyrellaceae (4 вида, 6,9%), Russulaceae (4 вида, 6,9%), Meruliaceae и Strophariaceae (3 вида, 5,2%), Agaricaceae, Cortinariaceae, Inocybaceae, Paxillaceae, Fomitopsidaceae и другие (по 2 вида, по 3,4%). На долю представителей остальных семейств, которые включают по одному виду, приходится по 1,7% от общего числа видов. Следует отметить значительное видовое разнообразие грибов в семействах Agaricaceae и Psathyrellaceae, характерных для рудеральных сообществ, городских ландшафтов и лесов с нарушенной экологической обстановкой. Виды, входящие в состав этих семейств, встречаются не только в парках, но и на газонах города.

При изучении распределения видов базидиальных грибов по биотопам установлено, что парк им. С. М. Кирова обладает наибольшим видовым разнообразием грибов. Всего в этом парке выявлено 29 видов грибов, что составляет 50% всех видов обнаруженных на обследованных территориях города. Широкое видовое разнообразие в этом биотопе можно объяснить сочетанием разнообразных условий местообитаний грибов и относительно «молодым» возрастом парка. Парк им. С. М. Кирова основан в 1966 г., а на его территории произрастают деревья разных видов и возрастов, что и определяет разнообразие экологических ниш для базидиальных грибов. В парке им. Ю. А. Гагарина выявлено 24 вида базидиомицетов, большинство из которых являлись ксилотрофами. В старейшем парке города – «Александровском саду», который был заложен ещё в 1824 г., было обнаружено всего 19 видов грибов, большинство из которых относились к экологической группе ксилотрофов, в основном – представителей семейства Polyporaceae. В этом парке активно собирается лиственный опад, что ведёт к сокращению количества видов подстилочных сапротрофов, а проведённые относительно недавно рубки старых деревьев обеспечили в составе микобиоты парка доминирование ксилотрофных грибов. Установлено, что в парках города доминируют представители 12 родов высших базидиомицетов:

Tricholoma, Trametes, Coprinellus, Bjerkandera, Cortinarius, Inocybe, Lactarius, Paxillus, Pholiota, Pleurotus, Polyporus, Russula. Наибольшее количество видов этих родов обнаружено в относительно молодом парке им. С.М. Кирова.

На аллеях города в районе промышленных предприятий выявлено всего 10 видов. В основном это были ксилотрофные грибы, представители всего трех родов: Polyporus, Trametes, Fomitopsis. Среди подстилочных сапротрофов, собранных на аллеях промышленных предприятий города выявлены представители семейств Paxillaceae, Tricholomataceae.

Таким образом, впервые на территории города Кирова проведено изучение видового состава сообществ высших базидиальных грибов. Показана роль антропогенного фактора в формировании микобиоты города и составлены списки видов базидиомицетов, занимающих в урбоэкосистеме определённые экологические ниши.

Литература

Вассер С. П. Агариковые грибы СССР. М.: Наука. 1985. 184 с.

Dictionary of the fungi / ed. by Kirk P.M. et al. 10th ed. Wallingford: CABI Publishing, 2008. 771 p. (Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi).

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ВЫСШИХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ В г. КИРОВЕ

А. В. Щеклеина¹, А. А. Широких²

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
irgenal@mail.ru*

Организмы в городских экосистемах вынуждены адаптироваться к определенным условиям среды, связанным, главным образом, со свойствами субстрата и антропогенной нагрузкой, что касается и высших базидиальных грибов.

Взаимоотношения грибов и растений еще недостаточно изучены, особенно плохо изучено видовое разнообразие базидиомицетов, поэтому целью настоящего исследования является изучение видового разнообразия высших базидиомицетов в г. Кирове.

Видовое разнообразие высших базидиомицетов изучали в рамках экологических исследований традиционным маршрутным методом. Сбор, описание и фиксацию гербарного материала проводили по стандартной методике, разработанной А. С. Бондарцевым и Р. А. Зингером (1950). Дополнительно к описанию макропризнаков собранных образцов были сделаны фотоснимки. Исследования по изучению видового разнообразия высших базидиомицетов г. Кирова проводили с 2012 по 2014 гг. Всего за период исследований было определено около 60 видов грибов.

Идентификацию грибов осуществляли в лаборатории Зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства северо-востока имени Н. В.

Рудницкого. Определение образцов осуществляли с помощью светового микроскопа LeucaDM-2500 с применением стандартного набора реактивов (Вассер, 1985). При этом использованы современные определители и атласы, а также монографии и статьи по отдельным таксонам отдела Basidiomycota российских и зарубежных авторов.

Объем и название таксонов даются в соответствии с системой, принятой в 10-м издании «Словаря грибов Айнсворта и Бисби» (Kirk et al., 2008).

Высшие базидиомицеты встречаются в пределах всех изучаемых участков. На обследованной территории, состоящей из 5 участков, а именно, парк им. Кирова, парк им. Гагарина, Александровский сад, аллея ОАО «ОЦМ», аллея ОАО «ЭМСЗ «ЛЕПСЕ», парк ОАО «ИСКОЖ» – выявлено 58 видов высших базидиальных грибов. Все грибы относятся к Царству Fungi, Отделу Basidiomycota, Классу Basidiomycetes, распределены между 4 порядками, 26 семействами и 40 родами.

Таксономический анализ показал, что самым крупным по числу родов являются семейства Polyporaceae (5 родов, что составляет 12,5% от общего числа родов) и Tricholomataceae (4 рода, 10%), что характеризует изученную микобиоту как бореальную.

При рассмотрении систематических таксонов в ранге семейств установлено, что ведущими по числу видов являются Polyporaceae (9 видов, 15,5% от общего числа видов), Tricholomataceae (8 видов, 13,8%), Psathyrellaceae (4 вида, 6,9%), Russulaceae (4 вида, 6,9%), Meruliaceae и Strophariaceae (3 вида, 5,2%), Agaricaceae, Cortinariaceae, Inocybaceae, Paxillaceae, Fomitopsidaceae (по 2 вида, 3,4%), остальные семейства, которые содержат по одному виду, составляет по 1,7%.

В экосистеме г. Кирова отмечено наличие таких видов, как *Russula cyanoxantha*, *Russula foetens*, *Lactarius vellereus*, *Pholiotas quarrosa*, что соответствует микобиотелесной зоны Голарктики (Нездоймино, 1970 и др.)

Следует отметить значительное видовое разнообразие грибов в семействах Agaricaceae и Psathyrellaceae, характерных для рудеральных сообществ, городских ландшафтов и лесов с нарушенной экологической обстановкой. Виды, входящие в состав этих семейств, встречаются не только в городских парках, но и на газонах.

Количество видов в родах сильно варьирует. В парках явно доминируют 7 родов высших базидиомицетов, среди ксилотрофных грибов: *Bjerkandera*, *Polyporus*, *Pleurotus*, а среди подстилочных сапротрофов: *Paxillus*, *Pholiota*, *Tricholoma* *Coprinellus*, что в основном определяется составом древостоя, «возрастом» парка и антропогенной нагрузкой.

Впервые проведенное нами целенаправленное исследование микобиоты г. Кирова позволило существенно пополнить списки видов грибов Кировской области.

В ходе исследований также установлено, что наибольшим видовым разнообразием отличается парк им. Кирова (29 видов базидиальных грибов, что составляет 50% от общего числа обнаруженных видов). Это связано с сочетанием разнообразных условий местообитаний грибов и «возрастом» парка. Этот

парк организован в 1966 г. и является относительно молодым. В фитоценозе парка встречаются деревья разных возрастов и видов, что определяет разнообразие экологических ниш для различных видов базидиомицетов.

Александровский сад, напротив, является относительно старым. Первые посадки в парке были осуществлены в 1824 г. К тому же он занимает небольшую площадь, по сравнению с парком им. Кирова, и характеризуется низким разнообразием условий обитания. В этом парке активно убирается подстилка, что значительно влияет на микобиоту подстилочных сапроторофов. По этим причинам в Александровском саду в результате исследования было обнаружено только 19 видов базидиомицетов, что составляет 32,8% от общего числа видов.

В парке им. Гагарина обнаружено 24 вида грибов, что составляет 41% от общего числа видов, а в аллеях в районе ОАО «ОЦМ» и ОАО «ЭМСЗ «ЛЕПСЕ» количество видов грибов уменьшается (около 10 видов, 17%), что можно объяснить наименьшей площадью и наибольшей техногенной нагрузкой. Так, в городских экосистемах с повышенной антропогенной нагрузкой встречается меньшее количество видов высших базидиомицетов, главным образом в силу разрушения местообитаний для этих организмов.

Таким образом, исследование видового разнообразия высших базидиомицетов в городе Кирове было проведено впервые, что позволило существенно пополнить списки видов грибов Кировской области. Таксономическая структура ведущих семейств и родов изученной микобиоты на всей территории остается схожей и в основном определяется составом древостоя, «возрастом» парка и антропогенной нагрузкой.

Литература

- Бондарцев А. С., Зингер Р. А. Руководство по сбору высших базидиальных грибов для научного их изучения // Тр. ботан. ин-та АН СССР. 1950. С. 499–543.
- Вассер С. П. Агариковые грибы СССР. Киев: Наук. думка, 1985. 183 с.
- Нездоймино Э. Л. Шляпочные грибы северо-восточного побережья Байкала: Дис. ... канд. биол. наук. Л.: БИНРАН, 1970. 269 с.
- Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. Ainsworth et Bisby's Dictionary of the Fungi. 10th Ed. Wallingford: CAB International, 2008. 771 p.

МИКРОБИОИНДИКАЦИЯ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АВТОМАГИСТРАЛИ: САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

И. Д. Свистова, И. И. Корецкая

*Воронежский государственный педагогический университет,
i.svistova@mail.ru, innakoreckaja@rambler.ru*

В последние годы расширяются исследования по биоиндикации почв (Звягинцев и др., 2005). Важной частью почвенного микробного сообщества являются микроскопические грибы. Рядом авторов установлено, что состав и структура комплекса микромицетов может служить информативным параметром биоиндикации почв (Хабибуллина, 2009; Свистова, 2005).

Среди почвенных микромицетов многие виды представляют серьезную угрозу для здоровья человека. У людей с пониженным иммунным статусом потенциально патогенные (оппортунистические) грибы могут вызывать микозы (Озерская и др., 2011), доказано значение микогенной сенсibilизации в патогенезе аллергических заболеваний (Марфенина, 2002). Серьезную проблему представляют также микотоксикозы, связанные с накоплением грибных токсинов в растениеводческой продукции (Елинов, 2002).

Ранее было показано, что в условиях интенсивной урбаногенной нагрузки городские почвы могут быть резервуаром санитарно-опасных микромицетов. Наиболее нарушен комплекс микромицетов вблизи транспортных развязок, так как почвы, подверженные автотранспортной нагрузке, загрязнены нефтепродуктами, тяжелыми металлами, бензапиреном и т.д. Представляется актуальным оценить нарушения комплекса почвенных микромицетов в естественных экосистемах вне городской черты в зоне влияния крупных автомагистралей федерального значения. Биоиндикация почвы важна также при оценке размеров отчуждения земель из сельскохозяйственного использования вдоль автотрасс для получения экологически безопасной продукции растениеводства.

Целью работы было изучение нарушения комплекса почвенных микромицетов в зоне влияния автомагистрали федерального значения М4 «Дон» и определение информативных параметров для санитарно-гигиенического мониторинга.

Биоиндикацию почвы проводили в течение 3-х лет в динамике по сезону. Почва – чернозем выщелоченный и обыкновенный. Пробы отбирали на расстоянии 10 м от полотна дороги, контроль – на расстоянии 100 м в 5 пунктах (Липецкая – юг Воронежской области).

Численность почвенных грибов определяли на среде Чапека. Всего идентифицировано 75 изолятов грибов, относящихся к 26 родам. Типичные виды грибов выявляли на основании критериев пространственной и временной встречаемости, рассчитывали индексы видового разнообразия комплексов микромицетов (Звягинцев и др., 2005).

Численность почвенных грибов у полотна дороги снижалась в среднем по сезону и по точкам отбора примерно в 3 раза (табл. 1), что связано с нарушением и загрязнением техногенно-измененной почвы.

В контроле (100 м от полотна автотрассы) в комплекс типичных видов чернозема входили 18 видов микромицетов: *Acremonium alternatum* Lk. ex Fries; *Cephalosporium acremonium* Corda; *Fusarium solani* (Mart) Appl. et Wr.; *F. oxysporum* (Schlecht) Snyder et Hans; *Paecilomyces lilacinum* Thom.; *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb. ex Link) Lind; *Botrytis cinerea* Persoon ex Fries; *Penicillium tardum* Thom.; *P. expansum* Link.; *P. notatum* West; *P. daleae* Westling; *Trichoderma koningii* Oudem; *T. harzianum* Rifai; *Humicola grisea* Traaen; *Aspergillus ustus* (Bain) Thom. et Church.; *Gliocladium virens* Miller, Giddens et Foster; *Alternaria alternata* Ness., *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link. Кроме того, более 40 видов грибов выделялись из контрольной почвы в ранге редко встречающихся или случайных (Свистова, 2005).

На расстоянии 10 м от полотна автотрассы видовое богатство комплекса микромицетов снижалось за счет элиминации редких и случайных видов, плотность которых была ниже контроля примерно в 3 раза. Это явление известно как «концентрация доминирования», в результате снижаются показатели видового разнообразия и выравненности комплекса и возрастает индекс доминирования.

Таблица 1

Структура комплекса микромицетов в зоне влияния автомагистрали

Показатели	Расстояние от дороги	
	100 м	10 м
Численность микромицетов, тыс. КОЕ/г (минимум-максимум/средняя по сезону)	<u>12-65</u> 26,5	<u>1-20</u> 9,1
Количество типичных видов	25	16
Из них часто встречающихся	10-13	14-15
Общих с контролем видов	-	8-10
Из них токсигенных (%)	15	80
Не характерных для контроля видов	-	5-6
Из них токсигенных (%)	-	100
Суммарная плотность типичных видов (%)	43-48	77-81
Из них токсигенных (%)	24-27	93-96
Индекс биоразнообразия Шеннона	3,90-3,95	3,10-3,40
Индекс выравненности Пиелу	0,89	0,61-0,64
Индекс доминирования Симпсона	0,08-0,09	0,11-0,17
К сходства Серенсена	1	0,44-0,65

Комплекс почвенных грибов не только обеднялся, но изменялся и его видовой состав. Вблизи автотрассы некоторые из часто встречающихся видов почвенных грибов переходили в ранг случайных или вообще не выделялись. Другие виды микромицетов, напротив, повышали свой ранг доминирования. Кроме того, из почвы вблизи автомагистрали были выделены такие виды, как *A. clavatus* Desmaz.; *A. ochraceus* Wilhelm; *A. terreus* Thom.; *A. terricola* March.; *A. fumigates* Sacc. et March.; *Citromyces* sp., *P. funiculosum* Thom.; *P. rubrum* Stoll.; *P. viridicatum* Westling; *Talaromyces flavus* (Klocker) Stolk et Samson; *Botryotrichum piluliferum* Sacc. et March.; *Stachybotrys chartarum* (Ehrenb. ex Link) Hugnes, которые в контроле не встречались.

Следовательно, нарушения комплекса почвенных микромицетов в техногенно-измененной почве вблизи полотна автомагистрали федерального значения М4 «Дон» связаны не только с его обеднением и перегруппировкой видов по частотам встречаемости, но и с изменением его видового состава. Коэффициент сходства Сьеренсена естественного и нарушенного чернозема не превышал 0,44-0,65.

К чувствительным к автотранспортной нагрузке видам, которые резко снижают свою частоту встречаемости или исчезают, относятся стенотопные для чернозема лесостепной зоны почвенные грибы или эпифиты растений (табл. 2). Для целей биоиндикации можно использовать устойчивые виды, частота встречаемости которых остается неизменной, а более надежно – индикаторы

торные виды, доля которых резко возрастает или же они выделяются только у полотна автотрассы.

Таблица 2

Реакция почвенных микромицетов на автотранспортную нагрузку

Виды микромицетов	Группы видов
<i>Acremonium alternatum</i> , <i>Cephalosporium acremonium</i> , <i>Fusarium spp.*</i> , <i>Paecilomyces lilacinum</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Botrytis cinerea</i>	Чувствительные
<i>Penicillium tardum</i> , <i>P. expansum*</i> , <i>P. notatum*</i> , <i>P. daleae</i> , <i>Trichoderma koningii*</i> , <i>T. harzianum*</i> , <i>Humicola grisea*</i> , <i>Aspergillus ustus*</i> , <i>Gliocladium virens*</i> , <i>Alternaria alternata*</i> , <i>Cladosporium herbarum*</i>	Устойчивые
<i>A. clavatus*</i> , <i>A. ochraceus*</i> , <i>A. terreus*</i> , <i>A. terricola*</i> , <i>A. fumigatus*</i> , <i>Citromyces sp.</i> , <i>P. funiculosum*</i> , <i>P. rubrum*</i> , <i>P. viridicatum*</i> , <i>Talaromyces flavus*</i> , <i>Botryotrichum piluliferum*</i> , <i>Stachybotrys chartarum*</i>	Индикаторные

* Токсигенные виды, жирным шрифтом выделены патогенные и аллергенные виды.

Обращает на себя внимание тот факт, что большинство устойчивых и все индикаторные на автотранспортную нагрузку виды микроскопических грибов относятся к токсигенным. Доля токсигенных видов в почве у полотна дороги возросла в 3,5 раза и достигала 93–97%. Большинство видов, доминирующих в почве на расстоянии 10 м от автотрассы, как показано нами ранее (Свистова, 2005), проявляют широкий спектр биологического действия (антибиотики, фунгициды, фитотоксины). Среди чувствительных к автотранспортной нагрузке видов практически нет токсигенных. По-видимому, синтез токсичных вторичных метаболитов помогает индикаторным видам микромицетов выигрывать обостряющуюся конкурентную борьбу в техногенно-измененных почвах в условиях лимитирования и ингибирования роста.

Кроме того, среди почвенных грибов из групп устойчивых и индикаторных на автотранспортную нагрузку многие известны как условно-патогенные виды или обладают аллергенными свойствами, что представляет опасность для здоровья городского населения с ослабленным иммунным статусом (Ашихмина, Алалыкина, 2011; Озерская и др., 2011). Для *Aspergillus niger*, *A. fumigatus*, *A. clavatus*, *A. ustus*, *Alternaria alternata* доказана роль в развитии аспергиллезов легких, плевритов, бронхопневмонии, отомикозов, микотических ангин, абсцессов. Аллергические реакции: дерматиты, бронхиальную астму, риниты, конъюнктивиты, сенсibilизацию организма вызывают *Cladosporium herbarum* и многие виды рода *Penicillium* (*P. expansum*, *P. notatum*, *P. funiculosum*, *P. viridicatum*), рода *Trichoderma* (*T. koningii*, *T. harzianum*) и рода *Gliocladium* (Озерская и др., 2011; Марфенина, 2002).

Важную проблему представляет оценка размеров отчуждения земель из сельскохозяйственного использования вдоль автотрасс. Накопление токсигенных видов грибов в почве вдоль оживленных автомагистралей может привести к накоплению опасных для здоровья человека микотоксинов в сельскохозяй-

ственной продукции (Марфенина, 2002). По нашим данным, зона нарушения комплекса почвенных микромицетов чернозема под действием автотранспортной нагрузки автомагистрали федерального значения М4 «Дон» оценивается в 50 м на ровном рельефе местности и в 100 м на рельефе понижения (Свистова, 2005). Эта зона должна быть исключена из сельскохозяйственного использования для получения экологически чистой растениеводческой продукции.

Таким образом, нами обнаружены значительные нарушения состава и структуры комплекса микромицетов чернозема в условиях интенсивной автотранспортной нагрузки в зоне влияния автомагистрали «Дон». Экологическая направленность сукцессии почвенных грибов состоит в отборе видов, синтезирующих микотоксины с широким спектром биологического действия, что позволяет им выигрывать обостряющуюся в условиях загрязнения конкурентную борьбу. Выявленные нарушения представляют непосредственную опасность для здоровья человека, накапливаемые виды грибов могут вызывать микотоксикозы, а у людей с пониженным иммунным статусом – микозы и аллергические реакции. Следовательно, не только в городах, но и в естественных экосистемах вне городской черты – в придорожной полосе крупных автомагистралей – в техногенно нарушенной почве наблюдаются однотипные нарушения микробного сообщества.

Биоиндикация дает важную информацию для санитарно-гигиенического мониторинга почвы. Микробиологические показатели (списки индикаторных видов грибов) необходимо использовать для мониторинга почв, подверженных автотранспортной нагрузке.

Литература

- Биологический мониторинг природно-техногенных систем. / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2011. 388 с.
- Елинов Н. П. Токсигенные грибы в патологии человека // Проблемы мед. микологии. 2002. Т. 4. № 3. С. 3–7.
- Звягинцев Д. Г., Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: Академия, 2005. 445 с.
- Марфенина О. Е. Распространение потенциально патогенных микромицетов в окружающей среде // Проблемы мед. микологии. 2002. Т. 2. № 2. С. 36–37.
- Озерская С. М., Иванушкина Н. Е., Кочкина Г. А. Микроскопические грибы в связи с проблемами биологической безопасности (обзор) // Проблемы мед. микологии. 2011. Т. 13. № 3. С. 3–12.
- Свистова И. Д. Биодинамика микробного сообщества чернозема в антропогенных экосистемах лесостепи: Автореф. дис. ... док. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 50 с.
- Хабибуллина Ф. М. Почвенная микобиота естественных и антропогенно нарушенных экосистем северо-востока европейской части России: Автореф. дис. ... док. биол. наук. Сыктывкар, 2009. 40 с.

СЕКЦИЯ 3

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ И ИХ СООБЩЕСТВ КАК АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ В УСЛОВИЯХ РЕКРЕАЦИОННО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

М. В. Ермакова

Ботанический сад УрО РАН, M58_07E@mail.ru

К настоящему времени леса России продолжают подвергаться все возрастающему комплексному антропогенному воздействию. Одним из важнейших составляющих этого комплекса является рекреационно-хозяйственное воздействие, включая массовое создание коттеджных поселков и садоводческих товариществ. Помимо объектов, где собственно производится строительство и функционирование различных поселений, под рекреационно-хозяйственным воздействием оказываются и обширные прилегающие территории. Особенность этого воздействия, в данный период, в значительной степени заключается в его слабо, а чаще всего, неконтролируемом характере.

Для отдельно выделенных рекреационных лесов России разработана соответствующая система оценки деградации лесных комплексов. В определенной степени, она может быть применима и к оценке состояния лесов, находящихся в непосредственной зоне функционирующих и вновь создаваемых поселений, а также более отдаленных лесных территорий. Однако, в целом, как показали наши исследования, существующая система оценки состояния лесных насаждений, по многим аспектам, должна быть адаптирована к существующим реалиям.

В первую очередь, это касается оценки состояния молодняков хозяйственно-ценных хвойных древесных видов, являющихся основой воспроизводства поврежденных или уничтоженных лесных насаждений.

В рамках разработки указанной проблемы, нами были проведены исследования состояния подроста и лесных культур сосны обыкновенной в различных почвенно-климатических условиях Урала.

Объекты исследования (участки подроста и культур сосны в возрасте 5–15 лет) располагались в условиях, которые по состоянию живого напочвенного покрова, степени минерализации почвы и тропиночной сети относились к ненарушенным и слабонарушенным лесным фитоценозам (ОСТ 56-100-95, 1995). ПП подроста и культур сосны находились в пределах 1–3 км от отдельных коттеджных поселков и дачных товариществ. Такое расстояние от поселений определялось тем, что, по нашим данным, рекреационно-хозяйственная деятельность на данных объектах носит нерегулярный и сезонный характер. Отме-

тим также, что, согласно ОСТ 56-100-95, на данных стадиях рекреационной дигрессии не предусматривается проведение лесохозяйственных и ограничительных мероприятий.

Для оценки морфологического состояния деревьев нами была использована разработанная оригинальная методика (Ермакова, 2008, 2010). Согласно этой методики все деревья подразделялись на 3 морфологические группы: **Н** – без нарушений, **Нс** – нарушение моноподиальности (замена осевого побега) при сохранении одноствольности и **Ан** – нарушение одноствольности и нарушение моноподиальности. Необходимо отметить, что отмеченные морфологические нарушения у деревьев групп **Нс** и **Ан** представляют собой конечный результат сложного, многоступенчатого процесса регенерации ствола сосны обыкновенной после повреждения (гибели или облома центрального побега или центральной почки).

Как показали результаты наших исследований в молодняках сосны, в достаточно отдаленной от поселений зоне, общее количество деревьев группы **Ан** и **Нс** достигало 60% и более от общей численности деревьев на ПП.

Было установлено, что наибольшее количество деревьев морфологической группы **Ан** и, в существенной степени группы **Нс**, отмечено в условиях наибольшего (для наших исследований) рекреационного воздействия (наличие более чем 2 тропинок), а наименьшее – при его фактическом отсутствии (травяной покров не поврежден и отсутствуют тропинки).

Следовательно, даже в условиях, когда повреждение травяного покрова и нарушение процессов минерализации почвы, отсутствовали, количество деревьев, имеющих морфологические нарушения, возникшие в результате повреждения ствола, оказалось весьма значительным. Следовательно, для дальнейшего формирования полноценных лесных насаждений здесь требуется проведение значительных лесохозяйственных мероприятий. Во многом, это подтверждает серьезное несоответствие существующих методов оценки дигрессии лесных территорий, сложившейся в настоящее время ситуации.

Кроме того, на наш взгляд, само понятие «поврежденные деревья» нуждается в значительно большей конкретизации и разработке критериев, позволяющих относить деревья к данной категории. К поврежденным деревьям, чаще всего, относятся имеющие недавний облом или гибель побега. Но в тоже время считаем необходимым, что деревья, находящиеся на любом этапе посттравматической (репаративной) регенерации ствола, также должны относиться к категории поврежденных.

Таким образом, в современных условиях масштабной неконтролируемой антропогенной деятельности, требуется разработка адекватных методов и способов оценки состояния лесовозобновления, позволяющих в дальнейшем определить пути и направления корректировки как естественного, так и искусственного лесовосстановления.

Литература

Ермакова М. В. Связь морфологических нарушений ствола с характеристиками древесины и размерами междоузлий у деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) I класса возраста // Аграрный вестник Урала. 2010. № 1. С. 70–72.

Ермакова М. В. Характеристика деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) I класса возраста с пороками формы ствола // Аграрный вестник Урала. 2008. № 12. С. 81–84.

ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. М., 1995. 8 с.

ЭКОЛОГО-КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

В. А. Снытко¹, А. П. Сизых²

¹ *Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН,
vsnytko@yandex.ru*

² *Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
alexander.sizykh@gmail.com*

Карты природных систем позволяют провести характеристику того или иного их компонента на определенный период времени. Поскольку картографические материалы любого отраслевого назначения являются одними из основных методов наблюдений за процессами в природных системах во времени и пространстве, получаемая, посредством крупномасштабного картографирования, информация статистического характера отражает современную ситуацию (экспресс-информацию) состояния компонента. При этом учитывается специфика физико-географических условий и история региона, а также и природно-социальные отношения, сложившиеся на конкретный период времени.

Известно, что острота экологических проблем наступает в связи со слабой изученностью структурно-динамических и функциональных свойств конкретных компонентов природных систем, законов их развития в условиях определенного типа использования, когда имеется информация большей частью описательного характера.

Описания растительности могут производиться в течении десятилетий, но если мы не имеем материалов, визуально отражающих те или иные структурно-динамические параметры растительных сообществ любого ранга их организации, то достаточно трудно оперировать такой информацией для целей выяснения того, к каким последствиям привела конкретная форма или тип использования участка растительности во времени и пространстве. Описательный (текстовой) материал часто носит поверхностный характер и не всегда пригоден для аналитических построений, а иногда приводит и к ошибочным выводам и, в результате, к неверным рекомендациям в установке использования ресурса природных систем.

Если рассматривать проблему лесопользования в Байкальском регионе, к примеру, на территории западного побережья озера Байкал, то мы можем констатировать, что достаточно информативно приближенные к природной обстановке, картографические материалы учета лесных угодий появились в начале

50-х годов прошлого века (первые лесотаксационные картосхемы). При этом учет лесосырьевой базы и организация лесоразработок базировались на оценке лесов по породному составу, бонитету и возрасту. В большинстве своем это картосхемы чисто хозяйственной характеристики древостоев статистического характера, которая и послужила основой того, где и сколько можно взять древесины при минимальных финансовых затратах.

Карты таксации лесов 1970-х годов дают такие же характеристики, но уже имеется более подробная информация о характере пространственной дифференциации древостоев с учетом их запасов и возможных объемов лесозаготовок.

Лесотаксационные карты 1985-х годов представляет собой практически повторение структуры построения карт 1970-х годов, но с более крупным дроблением лесотаксационных выделов и квартальной сетки. Здесь возможно отметить, что даже при беглом взгляде обнаруживается несовпадение выделенных ареалов за 35 лет учета лесов, особенно это заметно на лесотаксационных картах 80-х годов прошлого столетия. Это обстоятельство позволяет предположить, что оценка запасов древесины (в том числе и объемов заготовок) производилась с точки зрения существования годных для рубки древостоев на основе материалов учета на конкретный период. То есть, каждый учетный период служил основанием определения объемов рубок, тогда как состояние древостоев учетной площади после рубки никак не учитывалось.

Следовательно, оценивалось состояние древостоев на время учета, и совсем было не обязательно иметь информацию о том, что же происходило в процессе восстановления лесов между учетными периодами. Отсутствие информации о формировании древостоев в динамике за столь продолжительный период вызывает ситуацию, когда мы не можем объективно подходить к природно-хозяйственной оценке лесов при следующей таксации. И при очередной таксации учитывались уже несколько другие характеристики древостоев, с учетом других критериев, хотя взяты тот же регион, те же леса и та же форма лесопользования (категория рубок). По сути, точка отчета оценки реальной ситуации в потенциальных лесосеках сдвигается на десятки лет. И проведенные последующие лесотаксационные мероприятия (по сути «переписка» карт) в регионе базировались на вышеуказанных критериях оценки состояний лесных сообществ, ну разве что более детально используется аэрокосмическая съемка лесопокрываемых территорий последних лет (Ващук, 2014). Однако, в этом случае, реперная сеть при индикации дешифровочных признаков структуры древостоев на снимках часто не охватывает весь спектр типологического разнообразия (а это основа и цель таксации) пространственной стратиграфии лесов, условий мест произрастания, степени природной и антропогенной нарушенности и стадий восстановления лесных сообществ.

Имея картографические материалы, полученные на основе анализа особенностей и разнообразия эдафических условий геосистем любой размерности (Снытко, 1978; Снытко и др., 1983; Кузьмин, Снытко, 1988; Снытко и др., 1989; Снытко и др., 2001), а также используя принцип таксации лесов на ландшафтной основе (Зиганшин, 1997) промежуточного, между учетными периода-

ми, характера, мы сможем более точно оценить реальное состояние лесных угодий.

Дать характеристику их развития и оценить реальные запасы и объемы того, где возможно, а где недопустимо проводить лесозаготовки в целях сохранения естественной основы лесовосстановительного потенциала территории. Это возможно путем составления экспресс-картосхем состояний лесов в динамике. Такие картографические материалы (ситуационные картосхемы) состояния лесов между периодами их таксации отражают конкретные пространственно-временные характеристики формирования древостоев любой территории во времени и пространстве.

Достаточно информативными материалами состояния лесов могут выступать эколого-геоботанические карты крупного масштаба, поскольку они являются и носителями статистических данных и отражают особенности структурно-динамической организации лесных сообществ непосредственно в процессе их развития в определенных климатических условиях при установленной форме лесозаготовок на конкретное время. Хотя ввод в процесс построения карт динамических категорий и носит интуитивно-предполагаемый характер на основе суммы знаний исследователя об «объекте», но они могут (и являются) основой оценки состояния «объекта» исследований в целях выработки рекомендаций для установления конкретных форм природопользования, в том числе и лесопользования.

В этой связи, эколого-картографический мониторинг лесопользования с составлением крупномасштабных экспресс-картосхем (ситуационных) и эколого-геоботанических на конкретные участки леса, позволит более объективно подходить к определению форм лесозаготовок с оценкой состояния леса в реальном времени. Одновременно, при таком подходе в организации использования лесных ресурсов, мы способствуем сохранению не только (и не столько) лесосырьевой базы, но сохранению естественного лесовосстановительного потенциала территории. При этом максимально сохраняются межэкосистемные и внутриэкосистемные связи, которые создают стабильность (устойчивость) функционирования лесных сообществ как системы, а, следовательно, стабильность и долговременность использования и восстановления лесных ресурсов (Boedhihartono, Sayer, 2012).

Периодичность наблюдений, данные которых послужат основой составления эколого-геоботанических и экспресс-картосхем (ситуационных) состояния лесов может зависеть от следующих положений:

- характера физико-географических условий региона,
- установленных ранее форм и режимов использования ресурса,
- структуры и динамики природных систем при определенном типе использования ресурса,
- анализа ситуации, при которой осуществлялась организация той или иной формы использования ресурса в историческом аспекте,
- исходных данных по состоянию древостоев последней, по времени, таксации лесов.

Данная работа носит методический аспект (эколого-картографический мониторинг) в целях оптимизации использования лесных ресурсов для конкретных физико-географических условий любой территории.

Литература

Ващук Л. Н. Иркутскому лесоустройству 120 лет: этапы развития лесоучетных работ. Иркутск: Изд-во ООО «Форвард», 2014. 376 с.

Зиганшин Р. А. Таксация горных лесов на природной основе. Красноярск: Изд-во Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1997. 203 с.

Кузьмин В. А., Снытко В. А. Геохимические различия почв контрастных ландшафтов в пределах Прибайкальского национального парка // География почв и геохимия ландшафтов Сибири. Иркутск, 1988. С. 41–55.

Снытко В. А. Геохимические исследования метаболизма в геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 149 с.

Снытко В. А., Семенов Ю. М., Мартынов А. В. Ландшафтно-геохимическое районирование как основа оптимизации природопользования // Геохимия ландшафтов при поисках месторождений полезных ископаемых и охране окружающей среды. Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1983. С. 210–211.

Снытко В. А., Мартынов А. В., Матвеев Л. Е. О ландшафтном потенциале и антропогенных нагрузках на геосистемы Прибайкалья // Потенциал геосистем и пути его реализации. Иркутск: Ин-т географии СО РАН, 1989. С. 127–133.

Снытко В. А., Данько Л. В., Кузьмин С. Б., Сизых А. П. Разнообразие геосистем контакта тайги и степи западного побережья Байкала // География и природные ресурсы. 2001. № 2. С. 61–68.

Boedhihartono A. K., Sayer J. Forest Landscape Restoration: Restoring What and for Whom? // Forest Landscape Restoration. Integrating Natural and Social Sciences. New York – London: Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. P. 309-324.

ПОПУЛЯЦИЯ *GYPSOPHILA PANICULATA* L. В ВЯТСКОПОЛЯНСКОМ РАЙОНЕ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

К. С. Журавлева, Е. В. Рябова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
ryapitschi@yandex.ru*

В Кировской области произрастают нетипичные для подзоны хвойных и хвойно-широколиственных лесов виды растений. Одним из них является качим метельчатый (*Gypsophila paniculata* L.) – растение семейства Гвоздичные (*Caryophyllaceae*). Качим метельчатый произрастает в основном в степях, на сухих лугах, а также на известняках, реже его можно обнаружить в светлых сосновых лесах (Губанов и др., 2003). Распространен в лесостепных и степных районах европейской части, в Западной Сибири, на Дальнем Востоке. На территории Кировской области встречается в Нолинском, Кильмезском и Вятскополянском районах, также известны случаи заноса вида в окрестности городов Котельнич и Луза. Качим метельчатый имеет III категорию редкости (Красная книга ..., 2014).

Популяцию качима метельчатого исследовали в 2010, 2012, 2014 гг. напротив железнодорожной станции Заструг на левом коренном берегу реки

Вятки в Вятскополянском районе Кировской области. Левый берег пологий, почти низменный, местами с крутыми откосами. На нем находятся значительные лесные массивы и заливные луга Вятскополянского района. Почвы дерново-среднеподзолистые, дерново-луговые, песчаные.

Структуру популяции качима метельчатого изучали согласно методике исследования редких и охраняемых видов сосудистых растений (Денисова и др., 1986; Тетерюк, 2009). В ценопопуляциях определяли занимаемую площадь, численность, плотность, жизненность, выявляли конкурентов в растительных сообществах.

Обнаруженная популяция качима метельчатого разрознена. Она образована четырьмя участками, заметно отличающимися друг от друга по экотопическим условиям. Мы называем их ценопопуляциями (ЦП). Площадь всей популяции неизменна на протяжении трех лет исследования и соответствует 0,63 га.

В 2010 г. популяция качима метельчатого состояла из 391 особи. ЦП № 1 расположена на обрыве и осыпи функционирующего песчаного карьера. Примерная площадь – 800 м². Территория сильно нарушена, вследствие постоянного антропогенного вмешательства. С одной стороны располагается смешанный лес, с другой проходит полевая дорога. Численность популяции по пятибалльной шкале составляет 2 балла (29 особей). Плотность равна 0,04 особей/м². ЦП №2 обнаружена на суходольном лугу. Примерная площадь – 1200 м². Территория средне нарушена (имеются противопожарные полосы). Граничит со смешанным лесом с одной стороны, с другой проходит грунтовая дорога. Численность составляет 4 балла (170 особей). Плотность 0,14 особей/м². ЦП № 3 находится на опушке соснового леса. С одной стороны граничит с сосновым лесом, с другой с грунтовой дорогой. Примерная площадь – 500 м². По территории также проходят противопожарные полосы. Численность оценивается в 3 балла (60 особей). Плотность 0,12 особей/м². ЦП №4 находится на участке между грунтовой и железнодорожной дорогой. Примерная площадь – 2000 м². Территория нарушена слабо. Граничит с одной стороны с грунтовой дорогой. Численность оценивается в 4 балла (132 особи). Плотность равна 0,07 особей/м².

Средняя высота растений 65 см, максимальная – 85–90 см. Максимальная окружность шаровидной надземной части растений 120–125 см, чаще встречающаяся окружность размером 65–70 см. Преобладают особи с хорошим жизненным состоянием (56%), меньше (41%) – удовлетворительным, 3% – особи с неудовлетворительным жизненным состоянием (Рябова, Шаброва, 2011; Рябова, 2011).

В 2012 г. в популяции качима метельчатого отмечено снижение числа особей до 171. Территория ЦП № 1 сильно нарушена в результате вывоза песка из карьера, отмечены всходы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Численность ценопопуляции оценивается в 3 балла (81 особь). Плотность равна 0,1 особей/м². ЦП № 2 находится в практически неизменных условиях по сравнению с 2010 г. Однако численность уменьшилась примерно в 9 раз и составляет 2 балла (19 особей). Плотность равна 0,02 особи/м². Мы объясняем это активным захватом территории растительными конкурентами, такими как вейник наземный (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth) и сосна обыкновенная. Численность

ЦП № 3 снижена и составляет 2 балла (26 особей). Плотность – 0,05 особей/м². ЦП № 4 состоит из 51 особи (3 балла). Плотность – 0,03 особи/м².

Средняя высота растений составляет 60 см, максимальная – 80 см. Максимальная окружность шаровидной надземной части растений 160 см, средняя окружность приблизительно 75–80 см. Преобладают особи с хорошим жизненным состоянием – 49%, с удовлетворительным состоянием – 37%, с неудовлетворительным жизненным состоянием – 14%. В популяции снижено количество растений прегенеративного возрастного периода. Основная масса – это генеративные и постгенеративные особи.

В 2014 г. популяция качима метельчатого состояла из 135 особей. ЦП № 1, расположенная на обрыве и осыпи функционирующего песчаного карьера, сильно нарушена (производится вывоз песка, образована свалка твердых бытовых отходов). На обрыве карьера формируется сосновый лес. Численность популяции равна 3 баллам (76 особи). Плотность популяции равна 0,09 особей/м². ЦП № 2 на суходольном лугу слабо нарушена. Однако вейник наземный формирует мощные куртины, не позволяя прорасти семенам качима метельчатого. Численность популяции оценивается в 2 балла (10 особей). Плотность популяции качима метельчатого – 0,01 особей/м². На территории ЦП № 3 заново проложены противопожарные полосы. Численность популяции – 2 балла (13 особей). Плотность популяции составила 0,03 особи/м². ЦП № 4 нарушена слабо. Численность популяции равна 2 баллам (36 особи). Плотность – 0,02 особи/м².

Средняя высота растений составила – 75 см, максимальная 90 см. Максимальная окружность шаровидной надземной части растений 175 см, средняя окружность приблизительно 80 см. Особей с хорошим жизненным состоянием – 40%, преобладают особи с удовлетворительным жизненным состоянием – 46%, особей с неудовлетворительным состоянием – 14%. В популяции неуклонно уменьшается количество растений прегенеративного возрастного периода.

Численность популяции качима метельчатого в 2010, 2012, 2014 гг. представлена на рисунке.

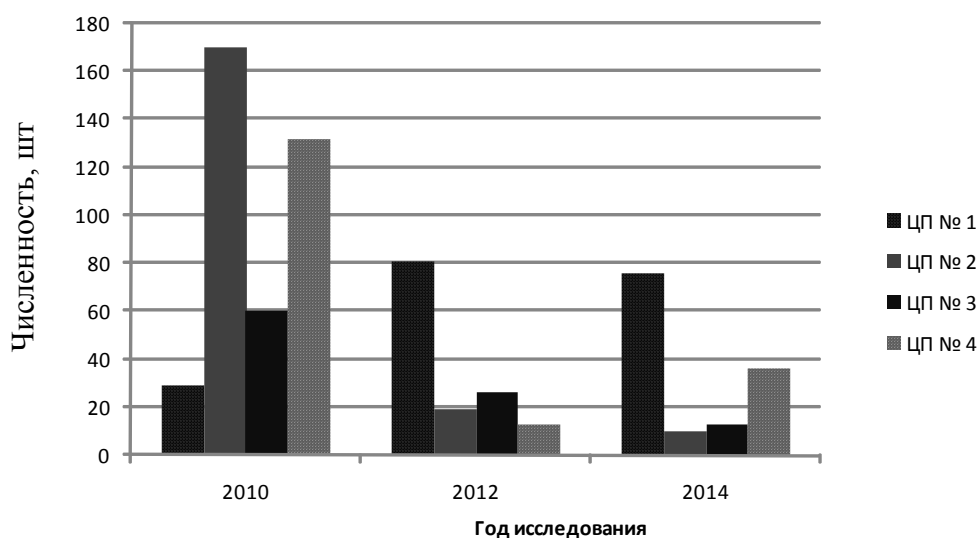


Рис. Численность популяции качима метельчатого в Вятскополянском районе Кировской области

Снижение численности качима метельчатого мы связываем с усиленным развитием и ростом растений-конкурентов, формированием мохово-лишайникового покрова и дернового слоя почвы. Прегенеративные особи не выдерживают конкуренцию и «выпадают» из состава популяции. Однако наличие генеративных растений с хорошей жизненностью и активным семенным возобновлением делает ее достаточно устойчивой в пространстве и времени.

Литература

Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. Т. 2: Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований. 2003. 665 с.

Денисова Л. В., Никитина С. В., Заугольнова Л. Б. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений «Красной книги СССР». М.: ВАСХНИЛ, 1986. 34 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачохи, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров. ООО Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Рябова Е. В., Шаброва Е. С. Популяция *Gypsophila paniculata* L. в Вятскополянском районе Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодежи. Киров: ООО «Лобань», 2011. С. 177–178.

Рябова Е. В. Ценопопуляции качима метельчатого (*Gypsophila paniculata* L.) на юго-востоке Кировской области // Биологический мониторинг природно-техногенных систем: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в 2 частях. Ч. 1. (г. Киров, 29–30 ноября 2011 г.). Киров: ООО «Лобань», 2011. С. 32–34.

Тетерюк Л. В. Практические рекомендации по проведению ценопопуляционных исследований редких и охраняемых видов сосудистых растений // Инновационные методы и подходы в изучении естественной и антропогенной динамики окружающей среды: Материалы Всерос. науч. школы для молодежи (в 3 частях). Ч. 2. Семинары. (Киров, 30 ноября–5 декабря 2009 г.). Киров: ООО «Лобань», 2009. С. 22–37.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ СИБИРСКОЙ ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ ПЕРИОДА ПОКОЯ

А. Ю. Гамаюнова¹, Н. Е. Коротаева², Г. Б. Боровский²

¹ Иркутский государственный университет, alena.gamaiunova@yandex.ru

² Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, matmod@sifibr.irk.ru

Цель экологической физиологии растений – выяснить, как именно происходит адаптация, как растения приспосабливаются к разным и постоянно меняющимся условиям среды. Хвоя вечнозеленых деревьев является уникальным объектом для изучения сезонной холодовой адаптации фотосинтезирующих органов растений, поскольку фотосинтезирующие клетки хвои способны переносить экстремальные условия зимы (мороз, обезвоживание) и восстанавливать свою структуру и способность к фотосинтезу к началу периода вегетации. Весной и осенью хвоя вечнозеленых деревьев должна претерпевать значительные структурные и метаболические изменения, связанные осенью с подготовкой к перезимовке, а весной с выходом из покоя и возвращением в активное вегети-

рующее состояние. Потеря воды клетками является неотъемлемой частью процесса холодовой акклимации хвой, что делает особенно важными адаптации, которые снизили бы отрицательное влияние охлаждения и обезвоживания на клетки (особенно на мембраны и белки) и позволили бы хвое вернуться весной в активное состояние. Углеводы или сахара не только играют роль запасных питательных веществ, но и выполняют защитные функции, обеспечивающие устойчивость дерева к различным неблагоприятным условиям среды (Туманов, 1979). Водорастворимые полисахариды (ВРПС), как типичные осмолиты, способствуют сохранению воды в растительных клетках, тем самым не позволяя образовываться льду (Трунова, 2007). ВРПС могут защитить мембраны и белки растительной клетки от повреждений вызванных обезвоживанием, заменяя молекулы воды собой для образования водородных мостиков с молекулами липидов (Трунова, 2007).

Сезонные изменения углеводов у хвойных пока изучены слабо. Между тем, изменение содержания ВРПС связано как с устойчивостью фотосинтезирующего органа, так с холодоустойчивостью дерева в целом. В переходное время года (осень, весна) в хвое сосны обыкновенной происходит накопление лабильных гемицеллюлоз и олигосахаров, на самые холодные месяцы приходится максимум накопления дисахаров (Новицкая, 1985). Робакидзе (2001) было показано, что у ели обыкновенной во время максимального накопления у формирующийся массы хвой происходит уменьшение суммарного содержания углеводов за счет снижения концентрации моносахаридов, гемицеллюлоз и водорастворимых полисахаридов. По мере затухания и прекращения ростовых процессов в хвое к осенне-зимнему периоду запасы углеводов возрастают. Для периода покоя ели характерен более разнообразный набор олигосахаридов и относительно высокое содержание их по сравнению с периодом роста хвой, что указывает на то, что они играют специализированную роль, а не являются запасными веществами (Робакидзе, 2001).

У хвойных деревьев, отличающихся по своим экологическим характеристикам, таких как ель (мезофит) и сосна (ксерофит), не проводилось сравнительных исследований сезонной динамики ВРПС. При этом, было показано, что по многим своим характеристикам (структура тканей хвой и соотношение защитных и фотосинтезирующих клеток, фотосинтетическая продуктивность хвой и зависимость между условиями среды и эффективностью фотосинтеза) эти хвойные отличаются, причем сосна проявляет лучшую приспособленность к условиям Восточной Сибири (сухой и холодный климат с высоким уровнем освещенности), чем ель, и можно ожидать различий в сезонной динамике сахаров между ними. В данной работе мы сопоставили изменения содержания ВРПС у сосны и ели при выходе из состояния покоя.

В работе использовали хвою второго года сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), собранную весной 2014 г. со средней части кроны южной экспозиции на высоте 3–3,5 м. В исследовании использовали хвою трех деревьев каждого вида. Для исследования использовали 22–23 летние деревья с экспериментального насаждения СИФИБР, расположенного на пологом склоне восточной экспозиции (1–2°). ВРПС определяли по

цветной реакции с реактивом антрон методом Дрейвуда с помощью спектрофотометрии. Для оценки водообеспеченности хвои, содержание общей воды определяли гравиметрическим методом. На протяжении эксперимента проводили мониторинг температур воздуха, по результатам которого вычислялась среднесуточная температура. Минимальная температура за период наблюдений была отмечена 25 апреля (-3°C), наибольшая 14 июля (23°C).

Как видно на рисунке 1, содержание общей воды за период измерений было примерно одинаковым у сосны и у ели. Содержание воды в апреле оказалось выше, чем в июле, однако, судя по доверительным интервалам, оно достоверно не отличалось от значения в июле. Снижение содержания свободной воды в мае-июне после небольшого повышения в апреле соответствует данным о весенних явлениях почвенной засухи (Суворова, 2009).

Судя по рисунку 2, содержание ВРПС в разные месяцы отличается для каждого вида дерева. Причем, наибольшее содержание за период наблюдений отмечено в апреле, затем оно снижается. Содержание ВРПС хвои сосны и ели было одинаковым в апреле и июле и отличалось в мае и июне. Снижение запаса ВРПС при выходе из состояния покоя в хвое сосны происходило плавно, а в хвое ели наблюдалось резкое снижение ВРПС в мае. Наши данные полностью соответствуют литературным данным о том, что углеводы запасаются с началом периода покоя, а весной, при наступлении благоприятных условий, расходуются на дыхание и рост. Интенсивный расход углеводов происходит в благоприятных условиях, когда активно происходит разрастание тканей. Накопление углеводов, напротив, свидетельствует о низком запросе на них вследствие прекращения роста (Судачкова, 2012). Показано, что весной температура почвы оказывает существенное влияние на баланс углеводов у хвойных (Судачкова, 2012). Например, депонирование крахмала в хвое сосны начинается только после оттаивания почвы, что позволяет предположить обусловленность баланса углеводов весной температурой почвы (Судачкова, 2012). Известно, что охлаждение ризосферы весной является для сосны главным фактором, подавляющим активизацию общего метаболизма, и в первую очередь, фотосинтеза (Иванова, Суворова, 2015).

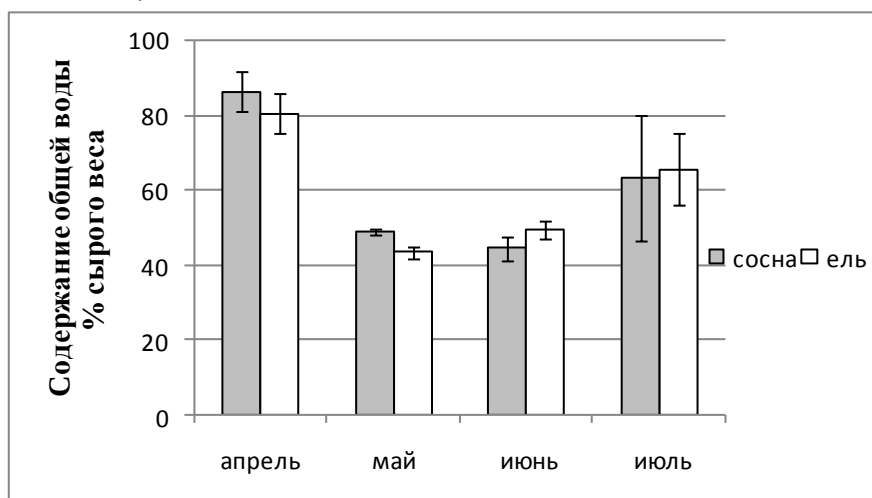


Рис. 1. Изменение содержания свободной воды в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb).

Приведены средние арифметические и доверительные интервалы (n=6)

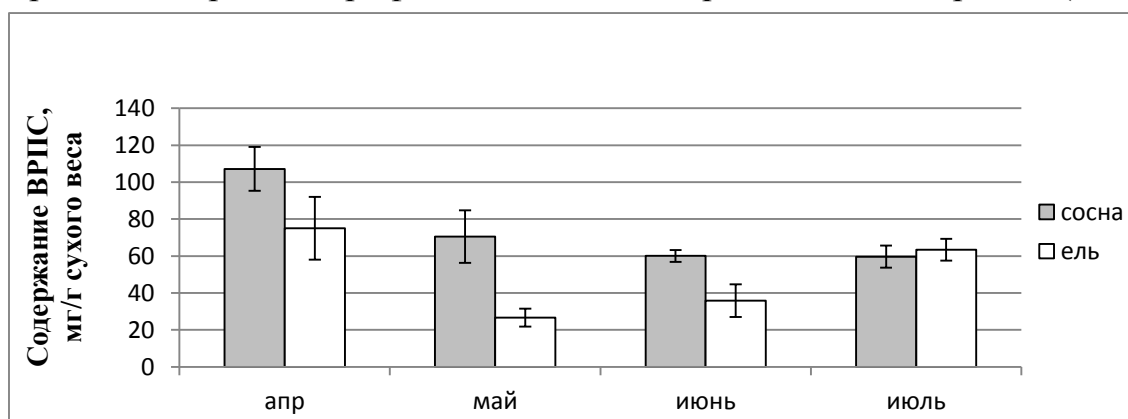


Рис. 2. Изменение содержания ВРПС в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) относительно сухого веса хвои. Приведены средние арифметические и доверительные интервалы (n=9)

Таким образом, можно объяснить разницу в содержании углеводов весной в хвое сосны и ели охлаждением корневой системы, тем более что корневая система сосны проникает в почву глубже, чем корневая система ели.

Итак, содержание свободной воды в период измерений оказалось одинаковым у обоих видов деревьев, наименьшее содержание свободной воды отмечалось в мае и июне. Возможно, снижение расхода ВРПС в хвое сосны в мае объясняется пониженной скоростью метаболических превращений из-за охлаждения ризосферы. В этом случае большая чувствительность к холоду ризосферы сосны по сравнению с елью может играть положительную роль в ее устойчивости к нестабильным температурным условиям весеннего периода.

Литература

- Иванова М. В., Суворова Г. Г. Структура и функция фотосинтетического аппарата хвойных в условиях юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Со-
чава СО РАН, 2014. 79 с.
- Новицкая Ю. Е. Физиолого-биохимические основы роста и адаптация сосны на Севере. М.: Наука, 1985. 156 с.
- Робакидзе Е. А. Динамика содержания углеводов в формирующейся хвое ели // Биопро-
дукционный процесс в лесных экосистемах Севера / Отв. ред. д.б.н. К. С. Бобкова, к.г.н.
Э. П. Галенко. СПб.: Наука, 2001. С. 162–174.
- Судачкова Н. Е., Милютина И. Л., Романова Л. И. Биохимическая адаптация хвойных
к стрессовым условиям Сибири. Новосибирск: Академиздат Гео, 2012. 178 с.
- Суворова Г. Г. Фотосинтез хвойных деревьев в условиях Сибири. Новосибирск: Ака-
демическое изд-во «Гео», 2009. 195 с.
- Трунова Т. И. Растение и низкотемпературный стресс. М.: Наука, 2007. 54 с.
- Туманов И. И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. М.: Наука, 1979.
352 с.

УСТОЙЧИВОСТЬ НАСАЖДЕНИЙ ЕЛИ К КАТАСТРОФИЧЕСКИМ ПРИРОДНЫМ ЯВЛЕНИЯМ

М. Б. Фардеева¹, Н. И. Сафиуллина²

¹ Казанский федеральный университет, orchis@inbox.ru,

² Лицей им. Н. И. Лобачевского при КФУ, n.i.safiullina@mail.ru

Важнейшей лесообразующей породой Республики Татарстан (РТ) является ель. За счет создания лесных культур и применения современных технологий при лесозаготовках, обеспечивающих сохранение ценного подроста, общая площадь насаждений ели в последнее время увеличилась. Однако, после летнего урагана 2007 г. и аномально жаркого и сухого лета 2010 г. особенно актуальной стала проблема массового усыхания ельников. Массовые усыхания ели отмечаются последние 100–150 лет (Маслов, 1972, 2010; Гаянов, 2001). По заданию Арского лесничества РТ необходимо было выявить устойчивость посадок ели к катастрофическим природным явлениям, оценить их состояние, а также способность к самовозобновлению в разных экологических условиях.

Для решения этой проблемы было проведено рекогносцировочное обследование и выделено 3 представительных участка (кв. 5) в насаждениях ели, которые отличались друг от друга эколого-фитоценотическими условиями, микрорельефом – склоновый, пониженный, центральный выровненный участок в культуре ели, составом древесных и кустарниковых пород, антропогенным воздействием – близкое расположение проселочных дорог, опушка посадки, санитарная рубка (табл. 1). На участках были закартированы площадки размером 10х20 м, выявлен видовой состав растений, возрастной состав разных видов деревьев, а также определены показатели численности и жизненности ели и пихты, рассчитаны потери объемов древесины за период 2010–2013 гг.

Таблица 1

Характеристика древостоев ели на пробных площадях

Показатели	Лесные культуры ели – пробные площади		
	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Состав	8Е1П1Б+С	8Е1П1Б+С	8Е1П1Б
Возраст генеративных, лет	35	35	35
Ср. диаметр/высота, м	0,149/17	0,152/19	0,15/ 17,8
Бонитет	1	1	1
Численность на 200/100 м ²	65/32,5	160/80	101/50,5
Тип леса	Ельник снытьево-осоковый	Ельник зелено-мошный	Ельник осоково-разнотравный
Особенности микрорельефа	склоновый	в понижение рельефа	центральный выровненный
Антропогенное воздействие	рекреация, дорога	опушка посадки	санитарная рубка

Наибольшая численность деревьев наблюдалась в ельнике зеленомошном (уч. 2), который в меньшей степени был подвержен антропогенному влиянию. Наименьшая численность выявлена в ельнике снытьево-осоковом (уч. 1), на пе-

рекрестке дорог, где отмечалась рекреационная нагрузка. На последнем участке в ельнике осоково-разнотравном (уч. 3), где проводилась санитарная рубка после урагана 2007 г., также отмечалось значительное усыхание ели, обусловленное высокой освещенностью и интенсивным разрастанием сорно-лугового разнотравья. Фитоценотический анализ еловых насаждений показал, что наименее нарушенным оказался ельник зеленомошный, где в травостое преобладали бореально-неморальные и лесо-луговые виды трав, 6 видов мхов с проективным покрытием 30–40%. Напротив, первый и третий участки насаждений ели, вследствие большей освещенности, характеризовались уменьшением бореально-неморального разнотравья, преобладанием сорных и луговых трав, и практически полным отсутствием мхов.

Для определения влияния катастрофических факторов – урагана 2007 г. и засухи 2010 г. на динамику численности ели, установили изначальную численность деревьев на период посадки 1977 г. (Проект организации..., 2001). Численность на период посадки составила 33 дерева на 100 м² (табл. 2). Возраст посаженных в 1977 г. деревьев на сегодняшний день составил около 40 лет. Количество деревьев в этом возрасте в норме на 1 га должно составлять 1830 штук («Основные положения...», 1984). Для анализа динамики численности в посадках ели за 2010 и 2013 гг. учитывались только генеративные особи. Численность деревьев в 2010 г. (до засухи) устанавливалась с учетом выпавших из древостоя к 2013 г. деревьев с баллом жизненности 5 и 6 – свежий и сухой сухостой.

Таблица 2

Динамика численности ели на изучаемых участках, за 2010-2013 гг.

Год	Участок 1	Участок 2	Участок 3
1977	33	33	33
2010	15	21	16
2013	9	15	4

Примечание: учитываются только генеративные ели в возрасте 35 лет (на 100 м²).

В культуре ели отмечались и взрослые генеративные пихты, семена которых, по-видимому, имелись в смеси семян, используемых для посадки 1977 г. Анализируя динамику численности ели, можно отметить сокращение численности деревьев вследствие урагана 2007 г. на всех участках, после чего были проведены выборочные санитарные рубки. Возвышенные и окраинные участки (уч. 1 и 3), пострадали от ветровала в наибольшей степени. В целом до сих пор отмечается опушечное усыхание ели, которое началось еще после ветровала 2007 г. и проведения санитарных рубок в приспевающих древостоях (уч. 3). Вследствие этого, насаждения ели, особенно пострадавшие от урагана, стали более освещенными и сухими, но это способствовало самовозобновлению ели и пихты, в связи, с чем численность имматурных и виргинильных деревьев к 2013 г. увеличилась. Однако засуха 2010 г., стала мощным фактором, приведшим к дальнейшему ослаблению ели и соответственно сокращению ее численности, в том числе и усыханию подроста. Это было обусловлено не только низ-

кой устойчивостью ели к недостатку влаги из-за поверхностной корневой системы, но и резким увеличением численности вредителей. Усохшие или сильно ослабленные деревья в течение последних 5–3 лет заселялись комплексом стволовых вредителей – жуки-короеды, жуки-дровосеки из рода *Monohamus*, синяя сосновая златка. В меньшей степени от засухи пострадали посадки ели на более увлажненном и пониженном в рельефе втором участке (рис.). Сокращение численности генеративных елей в результате влияния катастрофических факторов составило в среднем для всех изучаемых участков 71,7%.

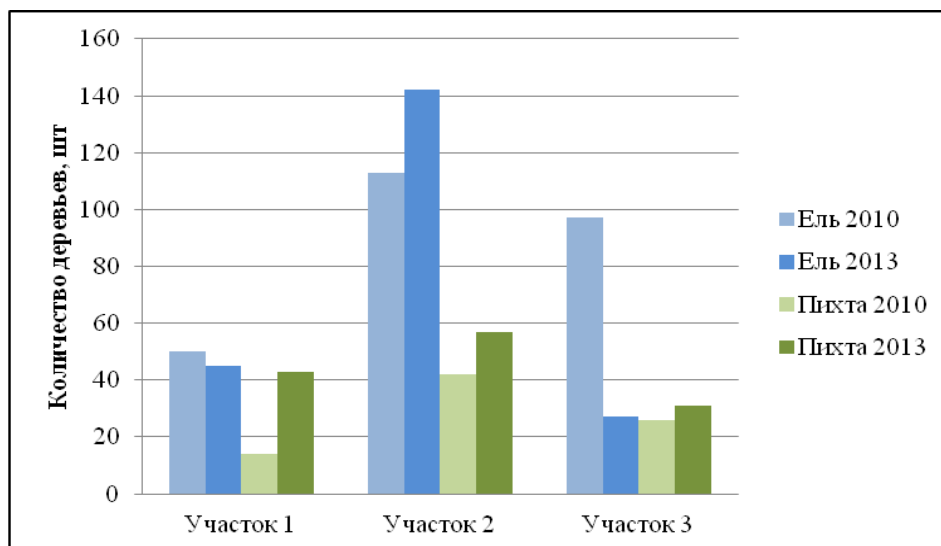


Рис. Численность ели и пихты на участках в 2010, 2013 гг.

Анализ онтогенетических спектров ели и пихты позволил выявить их полночленную возрастную структуру и хороший процесс самовозобновления только в ельнике зеленомошном. В 2013 г., наряду с имматурными 4–7 летними пихтами (23%) и елочками (21%), отмечаются проростки и ювенильные особи, при этом доля 1–3 летних пихт составляет 32%, а елей 10% в возрастном спектре их популяций. В целом, нарушенный после урагана полог древостоя, привел к интенсивному возобновлению ели и пихты в 2009 г. Однако, на возвышенном первом участке лучше возобновлялась пихта: доля проростков, ювенильных и имматурных особей пихты составила более 75%, подрост елей – только 20%. Можно сказать, что здесь наблюдается процесс инвазии пихты в культуру ели по освобожденным от выпавших деревьев прогалам. Засуха 2010 г. и постепенное задернение сорно-луговыми травами третьего участка привело к невозможности дальнейшего самовозобновления ели и пихты, поэтому здесь проростки и ювенильные особи обеих пород отсутствовали. Однако, в ельнике осоково-разнотравном (уч. 3) доля имматурных особей ели в возрастном спектре популяции к 2013 г. составила 45%, а пихты 60%. Таким образом, в сложившихся к 2013 г. условиях, вследствие ряда катастрофических факторов (ветровала, засухи, появления вредителей), пихта оказалась более устойчивой породой, с высокой степенью семенного возобновления и, особенно, выживания подрост.

Объем древесины – один из таксационных показателей в лесоводстве, связанный с показателями продуктивности, способный охарактеризовать не

только состояние посадки деревьев, но и благоприятность условий местообитания. Нами была предпринята попытка оценить потенциальный и утраченный в результате катастрофических явлений объем древесины ели на изучаемых участках. Потенциальный объем древесины – тот объем, который могло бы получить Арское лесничество с этих участков на 2013 г. при нормальных климатических условиях с учетом количества деревьев, которое должно было быть на участках к возрасту 40 лет («Основные положения...», 1984). Реальный объем древесины – тот объем, который может быть оценен на 2013 г. с учетом потерь древостоя вследствие катастрофических явлений. Утраченный объем древесины – разница между показателями потенциального и реального объема древесины. Расчет соотношения потенциального и реального объемов древесины ели и объем утраченной древесины представлены в таблице 3.

Таблица 3

Соотношение потенциального и реального объемов древесины ели

Участок	Потенциальный объем на 2013 год		Реальный объем на 2013 год		Утраченный объем на 2013 год	
	на 100м ² , м ³	на 1 га	на 100м ² , м ³	на 1 га	на 100м ² , м ³	на 1 га
1	2,36	236	1,26	126	1,1	110
2	3,94	394	3,15	315	0,79	79
3	2,65	265	0,58	58	2,07	207

В среднем, по оценки жизненности 48,5% деревьев ели являются ослабленными. В наибольшей степени пострадали ельники на третьем, более нарушенном участке. В то же время здоровые особи пихты составляют 80%. Полученные данные характеризуют ель как неустойчивую породу. Однако, состояние ельников и их способность к самовозобновлению после катастрофических явлений определяется не только климатическими факторами, но и абиотическими условиями участка, сложившимися фитоценоотическими характеристиками и жизненностью взрослых деревьев.

Литература

- Гаянов А. Г. Леса и лесное хозяйство Татарстана. Казань, 2001. 240 с.
- Маслов А. Д. Усыхание еловых лесов от засух на европейской территории СССР // Лесоведение. 1972. № 6. С. 77–87.
- Маслов А. Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ, 2010. 138 с.
- Основные положения организации и развития лесного хозяйства в Республике Татарстан. Казань: Поволжское лесотехническое предприятие, 1984. 370 с.
- Проект организации и ведения лесного хозяйства Арского лесничества Республики Татарстан. Казань, 2001.

СЕМЕЙСТВО ORCHIDACEAE КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Е. Рыболовлева, О. Н. Пересторонина

Вятский государственный гуманитарный университет, botany@vshu.kirov.ru

Многие виды семейства *Orchidaceae* – это редкие и исчезающие растения, нуждающиеся в охране. Основная масса представителей семейства *Orchidaceae* обитает в тропиках и субтропиках, но некоторые виды представлены и в умеренных широтах. Орхидеи очень чувствительны к изменениям экологических условий – вырубке леса, мелиоративным работам, внесению удобрений, вредным выбросам предприятий. Изучение орхидей необходимо в основном для выработки рекомендаций по охране редких видов и сохранению биоразнообразия растительного покрова. Многие виды орхидных балансируют на опасной грани вымирания из-за особенностей онтогенеза, морфологической организации и высокой декоративности.

Флора Кировской области насчитывает 29 видов орхидных из 18 родов (Тарасова, 2007; Красная книга Кировской области, 2014). Самый многочисленный род *Dactylorhiza*, который включает 8 видов, на втором месте *Epipactis* (3 вида), на третьем *Listera* и *Cypripedium* – по 2 вида. Остальные рода содержат по 1 виду.

Орхидные произрастают на сыроватых лугах, болотах (*Epipactis palustris* (L.) Crantz, *Dactylorhiza fuchsia* (Druce) Soo) и в хвойных, смешанных лесах (*Malaxis monophyllos* (L.) Sw., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich, *Calypso bulbosa* (L.) Oakes), по лесным полянам и лугам (*Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz). Из экологических групп орхидных преобладают гигрофиты (32,14 %), мезофиты и гигромезофиты составляют 28,57% и 25,01 % соответственно от общего количества представителей *Orchidaceae* (рис. 1). Среди гигрофитов *Neottia nidus-avis* (L.) Rich, *Goodyera repens* (L.) R. Br.; мезофиты – *Platanthera bifolia* (L.) Rich, *Listera cordata* (L.) R. Br.; гигромезофиты – *Dactylorhiza maculate* (L.) Soo, *Cypripedium calceolus* L., *Epipogium aphyllum* Sw.

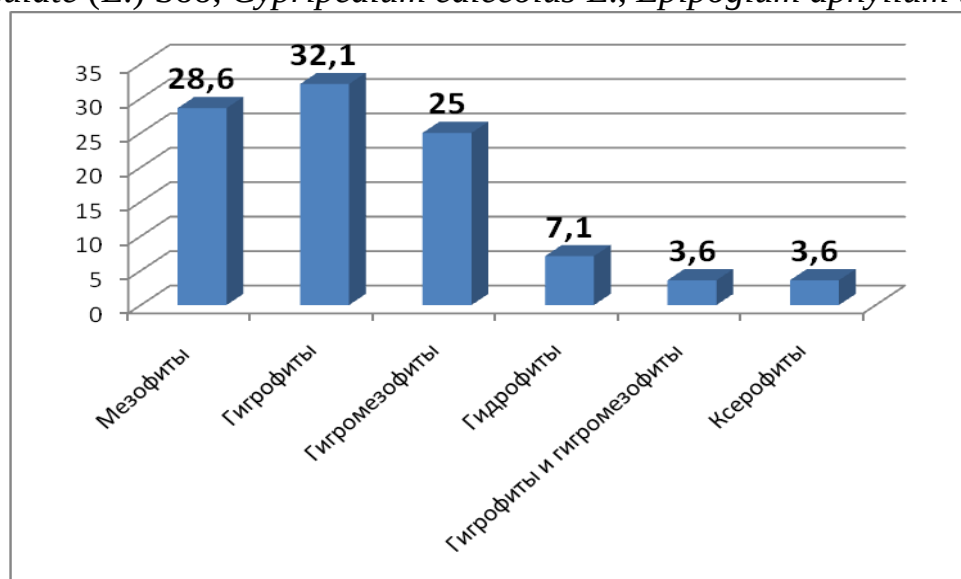


Рис. 1. Экологические группы *Orchidaceae* (в %)

В Красную книгу Кировской области (2014) занесено 20 видов представителей семейства, среди которых 15 видов (75 %) имеют III категорию охраны, 4 вида (20 %) – II и один вид (5 %) – I категорию охраны. Три вида включены в Приложение 2 Красной книги Кировской области (2014), как виды нуждающиеся на территории области в постоянном контроле и наблюдении: *Platanthera bifolia*, *Dactylorhiza incarnata*, *Dactylorhiza fuchsia*.

Большинство редких видов (75 %) охраняются на территориях памятников природы, заказников и в заповеднике. Девять видов (45 %) включены в Красную книгу РФ (1988): *Cypripedium calceolus*, *Calypso bulbosa*, *Epipogium aphyllum*, *Neottianthe cucullata*, *Dactylorhiza baltica*, *Dactylorhiza majalis*, *Dactylorhiza traunsteineri*, *Cephalanthera rubra*, *Orchis militaris*.

Гербарная коллекция кафедры биологии ВятГГУ уникальна для Волго-Вятского региона и России в целом; она содержит 273 гербарных листа представителей семейства *Orchidaceae*, принадлежащих 30 видам. Гербарная коллекция орхидных включает сборы с 1860 г.

По числу представленных экземпляров преобладает род *Dactylorhiza* – 137 экземпляров, на втором месте *Platanthera* – 37, на третьем *Goodyera* – 32 (рис. 2).

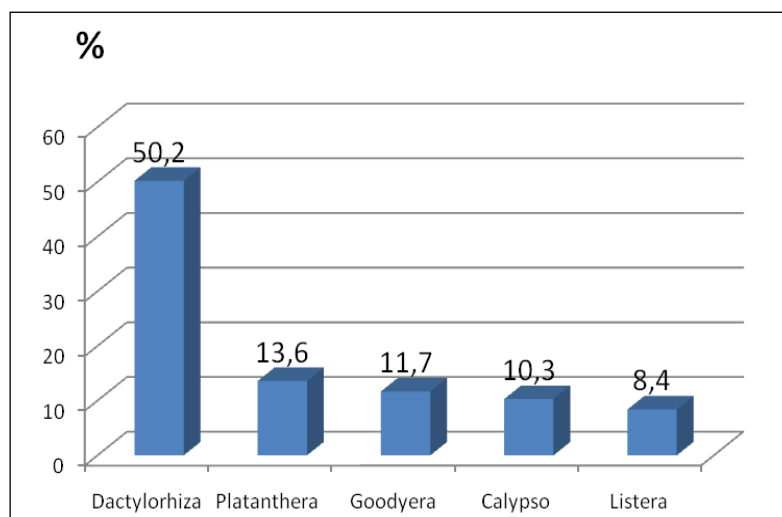


Рис. 2. Ведущие рода семейства *Orchidaceae* гербарной коллекции кафедры биологии ВятГГУ (в %)

По числу представленных экземпляров преобладает вид *Dactylorhiza maculate*(L.) Soo – 44 экземпляра, на втором месте *D. incarnata* (L.) Soo – 27, на третьем месте *D. latifolia* L. – 6 (рис. 3).

В Гербарии присутствуют виды семейства *Orchidaceae* других регионов: *Anacamptis pyramidalis*(L.) Rich. (Северный Кавказ), *Orchis latifolia* L. (Семипалатинская обл.), *Orchis pyramidalis* L. (г. Тифлис), *Goodyera repens* (L.) R. Br. (Республика Коми) и *Neottia nidus-avis* (L.) Rich (Украина, г. Киев).

Гербарий играет важную роль в хранении справочного материала, формировании банка данных о биоразнообразии и географическом распределении видов. Гербарные образцы содействуют учебному процессу, применяются на школьных биологических олимпиадах разного уровня. С использованием гербарных материалов проводятся учебные занятия по изучению многообразия

растительного мира, по морфологии и систематике растений, по экологической приуроченности видов семейства *Orchidaceae*, и др. Им пользуются студенты при выполнении научно-исследовательских, курсовых, выпускных квалификационных работ.

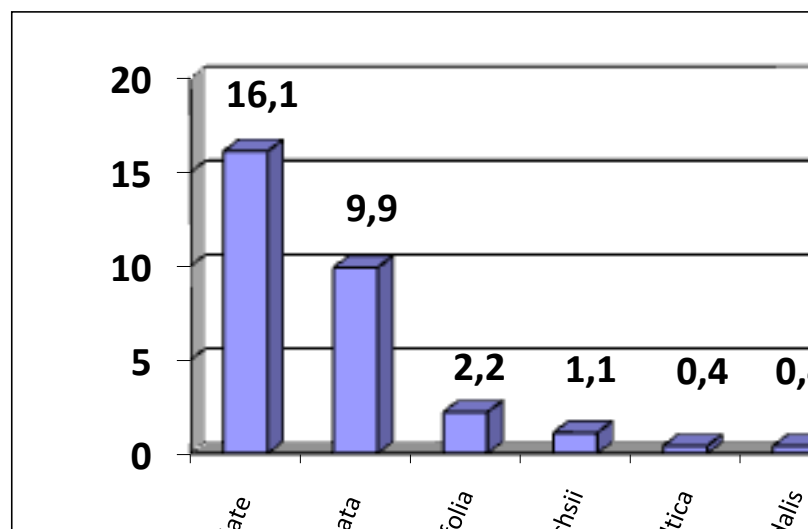


Рис. 3. Видовой состав рода *Dactylorhiza* в гербарной коллекции кафедры биологии ВятГГУ (в %)

Для сохранения видов растений семейства *Orchidaceae*, состояние которых в природе вызывает серьезное опасение, а также для рационального использования ресурсов растений необходим учет всех видов, нуждающихся в охране. С этой целью регулярно проводится инвентаризация редких, нуждающихся в охране видов растений.

В настоящее время выделяют несколько главных направлений изучения дикорастущих орхидных (Вахромеева и др., 2014), в том числе: экологическое и фитоценотическое исследование, фенологические наблюдения орхидных; изучение устойчивости редких видов орхидных на различные формы антропогенного воздействия; мониторинг динамики численности ценопопуляций в различных местах обитания; разработка конкретных мер по сохранению отдельных видов в природе. Охрана редких и исчезающих видов растений является важнейшей задачей. Мероприятия по созданию ООПТ будут частью обеспечения экологической стабильности региона.

Литература

- Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров, 2014. 336 с.
- Красная книга РСФСР (растения) / Отв. Ред. А. Л. Тахтаджян. М., 1988. 590 с.
- Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров, 2007. 440 с.
- Вахромеева М. Г., Варлыгина Т. И., Татаренко И. В. Орхидные России (биология, экология и охрана). М., 2014. 437 с.

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛИСТЬЕВ ДОМИНАНТНЫХ ВИДОВ ГАЛОФИТОВ В УСЛОВИЯХ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ БЕЛОГО МОРЯ (КАРЕЛИЯ)

К. В. Морозова, Е. Н. Гуляева

Петрозаводский государственный университет,

mkv25@bk.ru, gln7408@gmail.com

Растения морских побережий являются уникальным объектом для исследования адаптивных приспособлений к специфическим условиям прибрежно-морской полосы, характеризующейся крайней динамичностью и напряженностью экологических факторов (Бурковская и др., 2004). Цель исследования – изучить анатомо-морфологические особенности листьев доминантных видов галофитов астры солончаковой и млечника морского, произрастающих в разных условиях приливно-отливной зоны на побережье Белого моря.

Исследование проводилось в 2011–2014 гг. на Поморском берегу Белого моря Беломорского района Карелии в дер. Растьяноволок (12 км от г. Беломорска). Объекты исследования – астра солончаковая (*Aster tripolium* L.) из семейства Астровые (*Asteraceae*) и млечник морской (*Glaux maritima* L.) из семейства Первоцветные (*Primulaceae*). Астра солончаковая – евразийский бореальный вид, эугалофит, являющийся доминантом и субдоминантом различных приморских растительных сообществ на приливно-отливной зоне морских водоемов (Марковская и др., 2010). Млечник морской – криногалофит, плюризональный циркумбореальный приморский вид, имеющий разорванный ареал в умеренной зоне Северного полушария (Цвелев, 2000; Марковская и др., 2010).

На берегу моря была заложена трансекта, длиной 180 м и шириной 10 м от линии уреза малой воды в отлив до коренного берега, сложенного каменными валунами, высотой до 2,5 м в отлив. На трансекте были выбраны две пробные площади (ПП), отличающиеся временем заливания в полный прилив и подстилающими породами. ПП1 (площадью 3х6 м) около берега, субстрат илистый, общее проективное покрытие видов составляет 40%. Высота водного столба над субстратом до 50 см. ПП2 (4х5 м) расположена в максимальный отлив у линии уреза воды, илисто-песчаный субстрат между скальных валунов, общее проективное покрытие видов – 20%. Высота водного столба от субстрата в максимальный прилив 80–100 см.

Для проведения анатомического исследования на каждой пробной площади отбирали по 10 здоровых, хорошо развитых и хорошо освещенных растений, с каждого растения брали по 5 листьев со средней части стебля для фиксации в 70% этаноле. Площадь определяли у 50 листьев разных растений (с 10 растений по 5 листьев). Анатомическую структуру листьев изучали на временных препаратах при помощи светового микроскопа с увеличением 100х. Измерения показателей (толщину листьев, размеры клеток эпидермы и мезофилла, размеры устьиц и устьичных щелей) проводили с помощью окуляр-микрометра с увеличением 10х в 100-кратной повторности для листьев с каждой пробной площади. Площадь устьица и устьичной щели вычисляли по фор-

муле $S_{\text{ус}} = \pi \cdot D \cdot L / 4$, где D – длина устья (устычной щели), L – ширина устья (устычной щели) (Мокроносов, Борзенкова, 1978). Для статистической обработки данных использовали программы Statistica 6.0 и MS Excel 2007. Достоверность результатов оценивали с помощью t -критерия Стьюдента при $P=0,95$.

Проведенное исследование показало, что наибольшая площадь ($1976,0 \pm 892,3 \text{ мм}^2$) листьев у астры солончаковой выявлена у растений, произрастающих на ПП1 около берега. На ПП 2 площадь листьев уменьшается более чем в 4 раза ($461,0 \pm 151,4 \text{ мм}^2$). Толщина листьев у растений ПП 1 $720,1 \pm 126,3 \text{ мкм}$ и увеличивается у растений ПП 2 до $943,4 \pm 112,7 \text{ мкм}$, произрастающих у уреза воды. Таким образом, наблюдается обратная зависимость толщины листьев от площади. Толщина листа тесно связана с адаптацией растений, что особенно важно для растений, произрастающих у уреза воды, где наиболее сильное воздействие оказывают приливно-отливные колебания. Анализ размеров клеток показал, что их длина и ширина в среднем на 20% больше в верхней эпидерме (ПП1 $51,7 \pm 6,0$ и $38,9 \pm 6,7 \text{ мкм}$, ПП2 $55,1 \pm 6,8$ и $41,8 \pm 5,6 \text{ мкм}$) по сравнению с нижней эпидермой (ПП1 $38,6 \pm 7,3$ и $30,4 \pm 4,6 \text{ мкм}$, ПП2 $40,1 \pm 7,4$ и $30,9 \pm 4,5 \text{ мкм}$). Для растений двух типов пробных площадей различия в размерах клеток для той и другой эпидермы не выявлены.

Количество устьиц в эпидерме как на верхней, так и на нижней стороне листа увеличивается вдоль трансекты от берега ($47,8 \pm 17,1$ и $36,9 \pm 10,8$ шт. соответственно) до уреза воды, где достигает максимальных значений ($90,7 \pm 22,2$ и $87,3 \pm 24,4$ шт.). Площадь устьичных щелей у астры солончаковой в разных условиях обитания достоверно не отличается. Это возможно связано со сходными условиями, в частности, с одинаковой концентрацией солей вдоль трансекты, которая и определяет ширину устьичной щели. Приливно-отливная полоса, исследуемой акватории Белого моря, характеризуется низкой соленостью (20–21‰). Значения площади устьиц на единицу площади листа выше на нижней стороне листа (ПП1 $1130,7 \pm 421,9 \text{ мкм}^2$, ПП2 $912,1 \pm 161,3 \text{ мкм}^2$). На верхней стороне листа этот показатель составляет на ПП1 $888,8 \pm 271,8 \text{ мкм}^2$ и на ПП2 $857,6 \pm 188,9 \text{ мкм}^2$. Увеличение площади устьиц на нижней эпидерме является особенностью всех наземных растений, а для астры солончаковой, которая является вторично-водным растением, это может свидетельствовать о ее чувствительности к условиям отлива, когда растение может испытывать недостаток влажности воздуха. Период во время отлива наиболее короткий у растений, произрастающих у уреза воды, с чем может быть связано отсутствие различий по площади устьиц. Длина клеток палисадного мезофилла в 2 раза превышает их ширину ($56,5 \pm 9,8$ и $23,8 \pm 5,8 \text{ мкм}$ соответственно), но условия обитания не влияли на их размеры. Длина и ширина клеток губчатого мезофилла были сходными (около 28 мкм) и условия обитания также не влияли на эти значения.

Следовательно, очень контрастные условия произрастания этого вида вдоль трансекты не оказало существенного влияния на размеры клеток, что можно рассматривать как видовой признак и способность поддержания определенной анатомической структуры листа в широком спектре экотопов. При сравнении этих данных с площадью листа определено, что ее увеличение на первой пробной площади возможно связано с большим числом клеток, а не с их

размером. Это путь адаптации астры солончаковой к условиям освещения: продолжительность ее пребывания во время отлива при максимальной освещенности больше у растений на первой пробной площади около берега и сокращается на 2–3 часа при продвижении до уреза воды. Во время прилива растения астры на всех участках находятся полностью под водой в условиях более низкой освещенности, что приводит к образованию клеток сходных размеров. Следует отметить, что у этого вида в таких контрастных световых условиях сохраняются все составляющие анатомической структуры листа: палисадного и губчатого мезофилла.

Количество хлоропластов в клетках палисадного мезофилла незначительно увеличено вдоль трансекты от берега ($52,3 \pm 5,6$ шт.) до уреза воды ($61,9 \pm 6,5$ шт.). В клетках губчатого мезофилла различия по этому показателю не выявлены. Следует отметить, что в клетках палисадного мезофилла хлоропластов больше на 15–20%, чем в клетках губчатого мезофилла. Эти различия небольшие по сравнению с наземными растениями, что свидетельствует о близкой фотосинтетической активности двух типов мезофилла. Это особенность астры как вторично-водного растения, произрастающего в условиях нестабильного светового режима: высокого во время отлива и низкого во время прилива. Свет, проникающий вглубь мезофилла до губчатого мезофилла, имеет сильно измененный спектральный состав и хлоропласты астры, по-видимому, хорошо адаптированы к этим изменениям.

По данным исследования установлено, что площадь листьев млечника морского на ПП 1 около берега ($53,7 \pm 16,3$ мм²) и ПП 2 у уреза воды ($52,1 \pm 7,8$ мм²) не изменяется. По толщине листьев наблюдается тенденция увеличения значения этого показателя от берега ($415,8 \pm 70,1$ мкм) до уреза воды ($458,7 \pm 58,1$ мкм). Следует отметить, что у этого вида не установлена обратная зависимость толщины листьев от площади. Анализ размеров клеток показал, что их длина в среднем на 15%, ширина в среднем на 5–10% больше в верхней эпидерме (ПП1 $59,6 \pm 8,1$ и $40,8 \pm 7,2$ мкм, ПП2 $55,7 \pm 5,1$ и $37,2 \pm 5,3$ мкм) по сравнению с нижней эпидермой (ПП1 $43,5 \pm 8,3$ и $32,2 \pm 6,2$ мкм, ПП2 $40,7 \pm 7,2$ и $32,1 \pm 4,3$ мкм). При этом достоверных различий в размерах клеток как верхней эпидермы, так и нижней эпидермы у растений на двух пробных площадях не выявлено.

Количество устьиц на верхней эпидерме вдоль трансекты от берега ($74,1 \pm 15,3$ шт.) до уреза воды ($110,6 \pm 23,8$ шт.) увеличивается. Аналогичное увеличение количества устьиц отмечено на нижней эпидерме (от $62,6 \pm 13,8$ до $111,3 \pm 36,9$ шт.). На верхней стороне листьев с увеличением числа устьиц определено уменьшение их площади от $697,3 \pm 84,1$ мкм² на берегу и до $571,2 \pm 70,4$ мкм² у уреза воды. На нижней стороне листьев площадь устьиц также увеличивается, как и их количество (от $669,9 \pm 77,9$ до $957,3 \pm 160,1$ мкм²). На ПП2 у уреза воды площадь устьиц на нижней эпидерме на 40 % больше, чем на верхней эпидерме. Значения площади устьичных щелей на верхней и нижней эпидерме в приливно-отливной зоне достоверно не отличаются. Млечник морской, как и астра солончаковая, относится к вторично-водным растениям и об-

ладает особенностью всех наземных растений – это увеличение площади устьиц на нижней эпидерме.

Длина клеток палисадного мезофилла в 2 раза превышает их ширину (ПП1 $45,1 \pm 8,7$ мкм и $22,7 \pm 5,3$ мкм соответственно, ПП2 $37,7 \pm 6,5$ мкм и $20,1 \pm 4,5$ мкм). Длина и ширина клеток губчатого мезофилла были сходные (около 27 мкм). По количеству хлоропластов в клетках палисадного (ПП1 $37,8 \pm 6,7$ шт., ПП2 $27,4 \pm 7,2$ шт.) и губчатого (ПП1 $35,1 \pm 8,7$ шт., ПП2 $29,3 \pm 10,4$ шт.) мезофилла вдоль трансекты достоверных различий не выявлено. При этом в клетках палисадного мезофилла хлоропластов больше на 12–13%, чем в клетках губчатого мезофилла. Практически одинаковое содержание хлоропластов в клетках мезофилла свидетельствует о существенном вкладе как палисадной, так и губчатой паренхимы в общую продуктивность фотосинтеза. Таким образом, в контрастных условиях обитания на побережье Белого моря у млечника морского не выявлено больших различий по исследуемым анатомо-морфологическим показателям листа. Этот вид – облигатный галофит отличается высоким уровнем стабильности структурных показателей, что не характерно для других видов приливно-отливной зоны, которые показывают высокий уровень их пластичности (Markovskaya et al., 2014). Полученные данные свидетельствуют об ограниченном числе экотопов, которые занимает млечник морской: узкая полоса местообитаний между краями супралиторали и литорали приливно-отливной зоны прибрежных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (проект № 6.724.2014/к).

Литература

Бурковская Е. В., Бурундукова О. Л., Пробатова Н. С. Структурно-функциональные адаптации ассимиляционного аппарата сосудистых растений морских побережий на юге российского Дальнего Востока // Ритмы и катастрофы в растительном покрове Дальнего Востока: Матер. междунар. науч. конф. Владивосток: БСИ ДВО ЗАН, 2004. С. 232–238.

Марковская Е. Ф., Сергиенко Л. А., Шкляревич Г. А., Сони́на А. В., Стародубцева А. А., Смолькова О. В. Природный комплекс побережий Белого моря: учебное пособие. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 85 с.

Мокроносов А. Т., Борзенкова Р. А. Методика количественной оценки структуры функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов // Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1978. Т. 61. Вып. 3. С. 119–133.

Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская, Новгородская обл.). СПб.: Изд-во СПХФА, 2000. 781 с.

Markovskaya E., Sonina A., Sergienko L., Morozova K., Elkina N. Morphological and functional peculiarities of saltmarsh plants and epilithic lichens in tidal conditions of Russian Arctic Seas // Czech Polar Reports. 2014. Vol. 1. N. 8. P. 1–8.

СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ *LYCOPUS EUROPAEUS*

И. В. Чазова, С. В. Шабалкина

*Вятский государственный гуманитарный университет,
SNEGINKA311093@yandex.ru, botany@vshu.kirov.ru*

Свойственная всем организмам периодичность жизненных процессов выражается в погодичном, сезонном, суточном и ином ритмах. Сезонный ритм четко прослеживается у растений периодического климата, которые в неблагоприятное время снижают жизнедеятельность, находясь в относительном «покое» (Учебно-полевая практика..., 2012). Ход сезонных изменений рассматривается как смена визуально различных фенологических фаз, набор которых может различаться у растений разных жизненных форм. Последовательная смена фенофаз у растений сезонного климата обусловлена эндогенной ритмикой, а начало и их продолжительность зависят от колебаний погоды и / или эколого-ценотических условий (Бейдеман, 1954).

Сезонное развитие *Lycopus europaeus* L. изучали в 2013–2014 гг. в сообществах Кировской области. Это поликарпик; многолетнее травянистое вегетативно подвижное явнополицентрическое летне-зелёное растение; криптофит, геофит. Согласно Д. Н. Цыганову (1983) *L. europaeus* предпочитает субаридные условия материков, умеренные и мягкие зимы со средней температурой самого холодного месяца от 0 до –16°C, световой режим полуоткрытых сыро- и болотно-лесолуговых пространств со слабо или умеренно переменным увлажнением, слабокислые, небогатые и довольно богатые почвы, в том числе и по обеспеченности азотом. Индекс толерантности – 0,60, что характеризует вид как гемизврибионтный в совокупности к десяти факторам, т.е. особи обладают достаточно высокой возможностью использования разнообразных местообитаний, наиболее требовательно относясь к солевому режиму и переменности увлажнения почв. В зависимости от степени увлажнения почв *L. europaeus* произрастает в наземных условиях, местах с переменным увлажнением, зоне прибрежий.

Вслед за И. Н. Бейдеманом (1954) принимаем следующие фенологические фазы: вегетативная, бутонизации, цветения, плодоношения, окончание вегетации, относительного покоя.

Вегетативная фаза охватывает период от начала формирования побега возобновления над поверхностью субстрата до появления сформированных бутонов. Во второй половине мая у *L. europaeus* набухает, позднее трогается в рост почка возобновления геофильного участка. В ней заложена часть метамеров с листовыми зачатками и апекс. В условиях прибрежий из-за весенних паводков почки трогаются позднее (III или IV четверть мая). Сначала развёртываются листья низовой формации, затем – листья переходного типа, после чего формируются до 10 метамеров с листьями срединной формации. К концу июня развивается удлинённый вегетативный побег (рис. 1).

С фазы бутонизации начинается генеративный период в онтогенезе *L. europaeus*. В это время зачатки генеративных органов переходят из состояния относительного покоя к росту и развитию. В начале июля увеличивается

надземная часть почвенно-воздушного монокарпического побега, которая включает от 9 до 16 метамеров; закладываются и набухают пазушные вегетативно-генеративные почки, развиваются вегетативные побеги $n+1$ порядка ветвления. Из пазушных почек дуги подземного участка исходного побега образуются боковые побеги $n+1$ порядка (подобные столонам) – геофильные участки будущих монокарпических побегов.

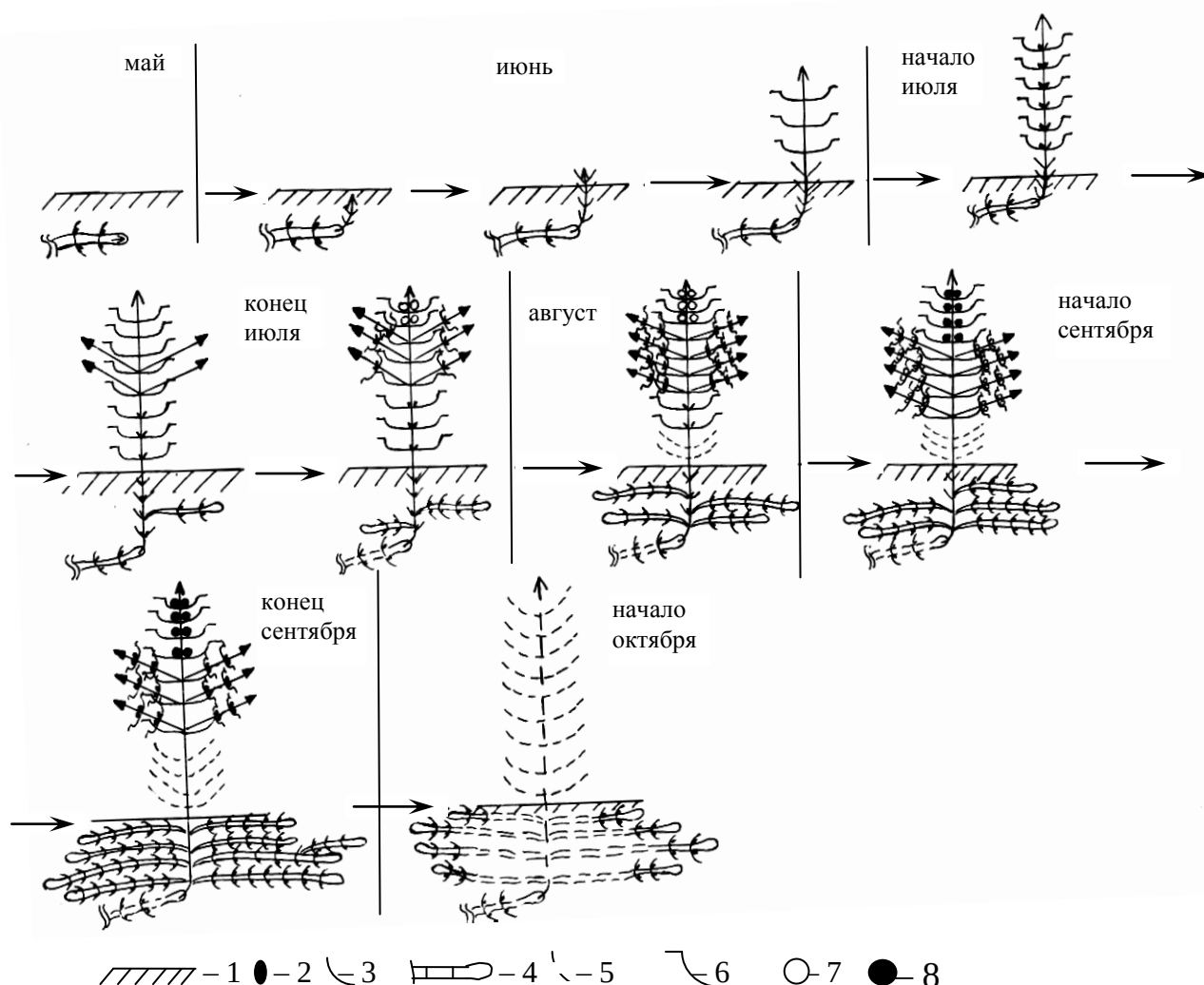


Рис. 1. Сезонное развитие *Lysopus europaeus*: 1 – уровень почвы; 2 – пазушная почка; 3 – чешуевидный лист; 4 – геофильный участок побега; 5 – отмерший лист; 6 – лист срединной формации; 7 – соцветие; 8 – плод

С середины июля начинается фаза цветения, сопровождающаяся распусканием бутонов главного соцветия. На вегетативно-генеративных побегах $n+1$ порядка (паракладиях) появляются зачаточные бутоны. К концу июля увеличивается число боковых побегов (до трёх) на дуге подземного участка исходного почвенно-воздушного побега. В дистальных метамерах геофильных участков будущих монокарпических побегов откладываются питательные вещества, о чем свидетельствует разница диаметра междоузлий базального и дистального метамеров (рис. 2). Подземный участок материнского побега постепенно перегнивает.

В начале августа отмечается полное цветение *L. europaeus*, завязываются первые плоды, в конце августа – отцветание, незрелые плоды преобладают над цветками. Листья переходного типа и срединной формации нижних метамеров монокарпического побега отмирают. К концу августа – началу сентября увеличивается число подземных побегов $n+1$ порядка (до 5).

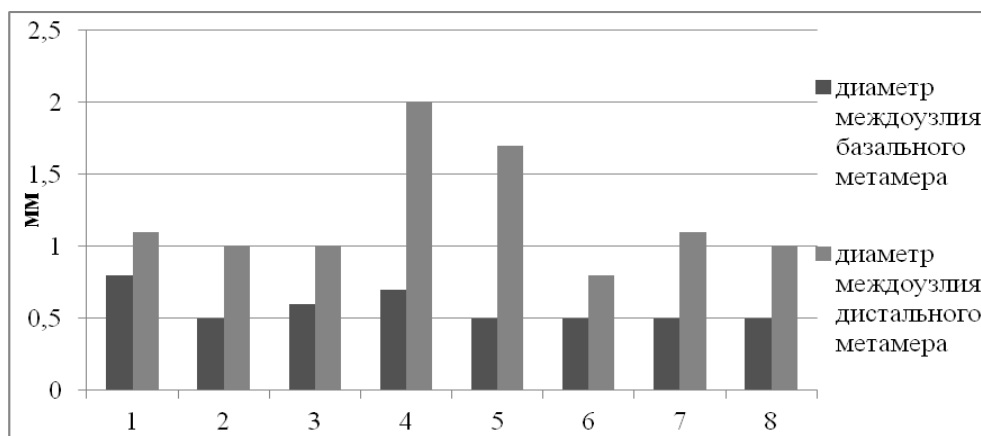


Рис. 2. Диаметр междоузлий базального и дистального метамеров столона (25.07.2013 г.)

Массовое плодоношение наблюдается с конца августа и продолжается до конца сентября. Число подземных участков $n+1$ порядка увеличивается до 7. Начинается обсеменение.

В фенофазу окончания вегетации стебель и листья монокарпического побега *L. europaeus* становятся красно-бордовыми, постепенно усыхают, отмирает бо́льшая часть листьев срединной формации. В это время отмечается наибольшее число геофильных участков будущих побегов (до 12), образуются подземные побеги $n+2$ порядка. В конце сентября плоды опадают и находятся в состоянии покоя 1–2 года.

Фаза относительного покоя длится с октября до весны следующего года. В начале октября полностью отмирает монокарпический побег и часть метамеров подземных побегов $n+1$ порядка, остаются только дистальные утолщенные 3–4 метамера с запасом питательных веществ.

Таким образом, в сезонном развитии *L. europaeus* выделяются фенофазы, характерные для многолетних травянистых поликарпиков. Из-за длительного нарастания монокарпического побега в течение вегетационного сезона, последовательного развития паракладиев наблюдается неоднократное наложение фаз бутонизации, цветения и плодоношения.

Исследование поддержано Р^С ФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

Бейдеман И. Н. Методика фенологических наблюдений при геоботанических исследованиях. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 120 с.

Учебно-полевая практика по ботанике: учеб. пособие для вузов / М. М. Старостенкова и др. М.: ГЭОТА-Медиа, 2012. 240 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ ЧИСТЕЦА БОЛОТНОГО

Н. П. Савиных, А. А. Сивков

Вятский государственный гуманитарный университет,
savva_09@mail.ru, rottor545@gmail.com

Чистец болотный – *Stachys palustris* L. из семейства Губоцветные (*Labiatae*) – многолетнее травянистое столонообразующее растение – распространён на всей территории Европы, в Турции и умеренных районах Азии от Ирана до Китая. На территории России встречается в европейской части и Сибири (Губанов. 2004). В Кировской области – повсеместно (Определитель....., 1975). Это растение обычно по влажным лугам, в берёзовых колках, по опушкам, по берегам рек и озёр, на болотах, иногда в посевах на сырых почвах.

Биоморфология и особенности индивидуального развития изучены у многих наземных растений. Водные и прибрежно-водные растения, а также растения из условий переменного увлажнения с этих позиций исследованы недостаточно. Познание морфологических механизмов адаптаций, особенностей ростовых процессов, в том числе – специфики побегообразования и анализ структурной организации цветковых растений позволят определить возможные пути и способы перехода растений с суши в водоёмы. В связи с этим познание биоморфологии *S. palustris* с широким спектром условий обитания по степени увлажнения представляет особый интерес.

Полевой материал собирали в течение лета и осенью, когда у растений уже полностью были сформированы монокарпические побеги, в оз. Чваниха (ООПТ «Медведский бор»), пойменных озёрах реки Вятка и по их берегам в окр. г.г. Кирова и Слободского. Изъятие особей и отдельных побегов для биоморфологического анализа было связано с большими трудностями: растение не имеет многолетних частей, геофильные участки у наземных особей располагаются глубоко в почве, у водных – на глубине до 50-70 см. Мы оценили их строение с позиций системного анализа и структурно-функциональной зональности монокарпических побегов многолетних трав (Troll, 1964; Борисова, Попова, 1990).

У типичных многолетних трав-мезофитов сезонного климата в составе монокарпического побега выделяют несколько зон. Нижняя зона торможения представлена обычно базальным плагиотропным геофильным участком, который обеспечивает расселение, а при вхождении в состав многолетнего симподиального гипогеегенного корневища, как резиды, после отмирания надземной части целого монокарпического побега содержит запасные вещества. Зона возобновления располагается на дуге побега, образующейся при переходе его к вертикальному росту, и содержит почки возобновления, за счёт которых растение продолжает своё развитие после периода покоя. Среднюю зону торможения слагают метамеры с листьями срединной формации; она обеспечивает побег и растение в целом органическими веществами. Из пазушных почек метамеров зоны обогащения без периода покоя образуются вегетативно-генеративные побеги – параклады, которые повышают ассимилирующую функцию и успеш-

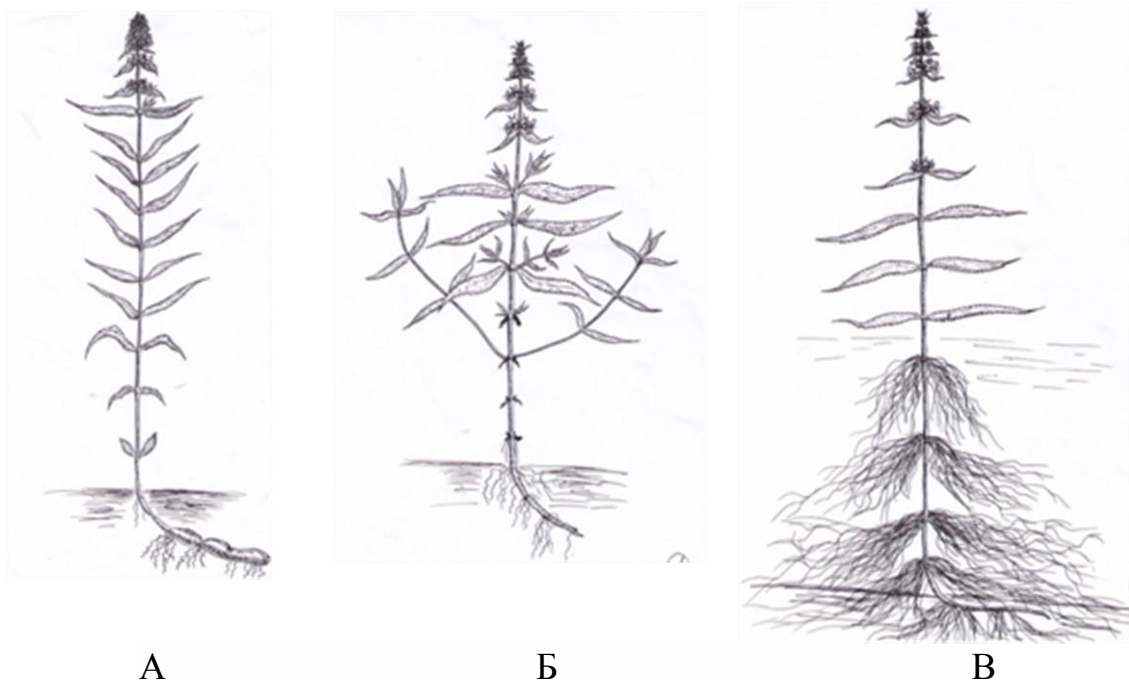
ность семенной репродукции. Венчает побег главное соцветие. У растений переменного увлажнения в связи с условиями среды эти зоны в значительной степени изменены.

В связи со способностью *S. palustris* существовать в разных по степени увлажнения условиях среды мы проанализировали строение его побегов у растений, растущих в воде, в заливаемой части берега (далее – заливаемый берег) и выше по склону (далее – незаливаемый берег). Оказалось, что при разных условиях увлажнения структурно-функциональные зоны в акропетальной последовательности имеют свои особенности.

На незаливаемом берегу нижняя часть побега представлена геофильным удлинённым участком, который на первых этапах растёт вглубь почвы, достигает в размерах до 15–20 см. К осени на верхушке его за счёт медуллярного утолщения стебля образуются чётковидные клубни. Верхушечная почка небольшой ёмкости. Такие заглубления почек в условия с необходимой для успешного развития влажностью установлены для некоторых мезоксерофитов, в частности – *Veronica spuria* L. (Кагарлицкая, 1978). Весной из верхушечной почки образуется снова удлинённый участок побега, который «возвращает» апекс на поверхность. Выше по побегу располагаются типичные для трав-мезофитов средняя зона торможения, зона обогащения и главное соцветие (рис. А). Обычно *S. palustris* растёт среди густого травостоя, поэтому у его побегов, как и у побегов многих трав-мезофитов, нижние листья надземного участка видоизменены: частично редуцированы и отмирают к моменту цветения. Эта особенность характерна для многих лугово-степных трав, как *Veronica teucrium* L. (Савиных, 1979). Отличает монокарпические побеги *S. palustris* разделение базального грунтового геофильного участка на три функционально различные части: стolon 1 – для расселения, клубень – для запаса веществ, стolon 2 – для выноса почки на поверхность. Вместе с тем, особый участок, как специальная зона возобновления, у побегов этого вида чётко не выделяется, поскольку побеги возобновления возникают из почек любых живых метамеров. Но всё же, преимущественно они возникают на участке «стolon 2» как побеги обогащения, поскольку у производящих их почек отсутствует период покоя.

S. palustris – вегетативно подвижное растение с ранней морфологической дезинтеграцией. Ко времени цветения все базальные участки побега отмирают, морфологически сохраняются лишь отмершие покровы стебля столона и клубней. В них после использования питательных веществ образуются воздушные полости, что особенно важно в условиях затопления и в воде.

Поэтому развитие монокарпического побега *S. palustris* на незаливаемом берегу определяется чередованием следующих фаз (по И. Г. Серебрякову, 1959): почка – промежуточные фазы (стolon 1 – клубень – стolon 2) – вегетативный ассимилирующий побег – фаза бутонизации, цветения, плодоношения. У этого, по сути, однолетника вегетативного происхождения, нет фазы вторичной деятельности в развитии побега.



А

Б

В

Рис. Строение монокарпических побегов *S. palustris*:
 А – на незаливаемом берегу; Б – на заливаемом берегу;
 В – в грунтово-водно-воздушной среде (рисунки А. А. Сивкова)

На заливаемом берегу (рис. Б) геофильный участок монокарпического побега растёт параллельно поверхности почвы, заканчивается такой же запасющей структурой. Из всех почек надгрунтовой части к осени формируются побеги с разным числом метамеров и степенью ветвления вегетативных и репродуктивных структур, числом соцветий и степени сформированности последних. У побегов *S. palustris* средняя зона торможения в этих условиях не принимает на себя новые функции, как у побегов типичных гигрогелофитов. Но значительно усиливает воздушное питание растения, что при отсутствии многолетних частей с запасом питательных веществ, имеет существенное значение для обеспечения успешной репродукции, в том числе – вегетативной. Длительная вегетация монокарпических побегов у *S. palustris* поздним летом и в начале осени в этих условиях, по-видимому, компенсирует редукцию фазы вторичной деятельности в его развитии и обеспечивает поликарпичность растению в целом при монокарпичности его рамет. Фазы развития монокарпического побега в этих условиях: почка – промежуточные фазы (столон 1 – клубень – стolon 2) – вегетативный ассимилирующий побег – фаза бутонизации, цветения, плодоношения, ассимиляции. Особую роль имеет длительная ассимиляция за счёт образующихся базипетально паракладиев.

Монокарпические побеги у растений *S. palustris* в воде (рис. В) отличаются значительным вегетативным надгрунтовым участком по его длине и размерам, укоренением и редукцией листьев. Эта зона служит для выноса апекса побега на поверхность водоёма. После достижения зеркала воды формируются не только обычные листья срединной формации, но и паракладии из почек в их пазухах. По мере нарастания побег погружается в воду. Поэтому участок монокарпического побега *S. palustris*, соответствующий средней зоне торможения

трав-мезофитов, в этих условиях утрачивает функцию воздушного питания, что компенсируется ассимилирующими листьями зоны обогащения. Из-за трудностей изъятия побегов со дна водоёмов мы не можем констатировать, а лишь предполагать сходство начальных этапов их развития в воде с развитием побегов у наземных форм. Последовательность фаз развития побега в этих условиях следующая: почка – промежуточные фазы (столон 1 – клубень – стolon 2) – вегетативный побег – фаза ассимиляции, бутонизации, цветения, плодоношения. В этих условиях ассимиляция, бутонизация и цветение параллельны.

Таким образом, *S. palustris* – поликарпик, типичный столонно-клубневой однолетник вегетативного происхождения, а не многолетнее растение, как его характеризуют в большинстве определителей. Поликарпичность растения, как у большинства водных и прибрежно-водных растений, обеспечивается монокарпичностью рамет. Рамета этого растения представлена удлинённым монокарпическим побегом с разновременно развивающимися stolонами и клубнем в его основании.

Строение и развитие монокарпического побега зависит от условий увлажнения. Стабильны лишь базальные участки, находящиеся и развивающиеся в грунте и почве. Наиболее вариabельна средняя зона торможения и зона обогащения. Именно эти части определяют вынос верхушки побега на поверхность воды и почвы, дополнительное воздушное питание растения и репродукцию.

Условия среды лимитируют не только функциональные особенности монокарпических побегов *S. palustris*, но и структурные. Мы охарактеризовали наиболее типичное их строение. Побеги отличаются по числу метамеров каждой зоны, числу паракладиев, степени ветвления, высоте. Растению свойственна и размерная, и морфологическая поливариантности (в понимании Л. А. Жуковой, 1995 и др.), но это материал для особого обсуждения за рамками данного сообщения.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

- Борисова И. В., Попова Г. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журнал. 1990. Т 75. № 10. С. 1420–1426.
- Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3-х томах. М.: Т-во научных изданий КМК, 2004. Т. 3. 520 с.
- Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ, 1995. 222 с.
- Кагарлицкая Т. Н. Побегообразование и жизненные формы вероники ненастоящей // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1978. Т. 83. Вып. 1. С. 85–98.
- Определитель растений Кировской области. Киров, 1975. Т. 2. 256 с.
- Савиных Н. П. Побегообразование и взаимоотношения жизненных форм в секции *Veronica* рода *Veronica* // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1979. Т. 84. Вып. 3. С. 92–105.
- Серебряков И. Г. Типы развития побегов у травянистых многолетников и факторы их формирования // Уч. зап. МГПИ им. Потемкина. 1959. Т. 100. Вып. 5. С. 3–37.
- Troll, 1964; Troll W. Die Infloreszenzen. B.1. Jena: Fischer Verlag, 1964. 615 S.

ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ ДЕРБЕННИКА ИВОЛИСТНОГО С ПОЗИЦИИ МОДУЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Н. П. Савиных, Е. А. Белоглазова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
savva_09@mail.ru, beloglazova-katerinka@mail.ru*

Дербенник иволистный (*Lythrum salicaria* L.) – поликарпик; многолетнее травянистое вегетативно неподвижное моноцентрическое летне-зеленое растение. Поликарпические травянистые растения представляют собой в морфологическом отношении систему последовательно сменяющихся монокарпических побегов (Серебряков, 1952), поэтому изучение строения и развития последних необходимо для выяснения и описания структуры особей. Именно этому посвящено данное сообщение.

Полевой материал собран осенью в сентябре, когда у растений уже полностью были сформированы монокарпические побеги. Их строение мы оценили с позиции модульной организации (Савиных, Мальцева, 2008) и структурно-функциональной зональности побегов многолетних трав (Борисова, Попова, 1990).

Наименьшей структурной единицей побеговой системы *L. salicaria*, как и других растений, является элементарный модуль. В зависимости от длины междоузлия, типа листа, пазушных почек и их производных, положения в побеговой системе элементарные модули дербенника иволистного имеют разное строение (рис. 1Б). Эта структура может быть представлена следующими элементами: короткое междоузлие, узел с придаточными корнями; короткое утолщенное междоузлие, узел с чешуевидными листьями и почкой; длинное междоузлие, узел, с отмершими листьями низовой формации и почками; длинное междоузлие, узел с листьями срединной формации и вегетативным побегом; длинное междоузлие, узел с листьями срединной формации и паракладиями или соцветием тирс (колос из дихазиев); в соцветии междоузлия короткие, прицветники брактеозные, парциальные соцветия – дихазии. Во многом тип элементарного модуля зависит от того, в составе какой структурно-функциональной зоны он располагается. Традиционно в составе монокарпического побега трав-мезофитов выделяют несколько структурно-функциональных зон (Борисова, Попова, 1990). В акропетальном направлении они располагаются так: нижняя зона – зона торможения с функцией расселения, запаса питательных веществ и почек для возобновления растения в будущем; зона возобновления – с почками возобновления; средняя зона торможения – выполняет функцию ассимиляции; зона обогащения – ассимиляции и семенной репродукции; главное соцветие, обеспечивает семенное воспроизведение. В зоне возобновления монокарпического побега к осени уже обычно формируются придаточные корни, и эта структура становится абсолютно автономной от тех, которые формировались у растения раньше.

Участок нижней зоны торможения у мезофитов, как правило, располагается параллельно поверхности, обеспечивая таким образом расселение орга-

низма. Именно эта часть у *L. salicaria*, как растения переменных условий увлажнения, способного расти при значительно повышенном уровне воды, имеет значительные отличия. От узлов базального участка нижней зоны торможения отходят толстые придаточные корни. В изъятном из грунта состоянии эти корни имеют вид опорных (ходульных) корней, приподнимающих и временно закрепляющих растение в субстрате (рис. 1 Г). Толстые корни к осени достигают в диаметре более 5 мм, в длину до 15 см. Разрастание идет за счёт увеличения объема древесины (рис. 1 Д).

На частях побега, расположенных выше – в воде и среди травянистого яруса – также есть придаточные корни, но тонкие; листья чешуевидные, почек нет. Поэтому в нижней зоне торможения этого растения отчетливо выделяется два участка: с толстыми придаточными корнями, который закоривает растение в грунте и с тонкими придаточными корнями. Оба эти участка в отличие от такового у монокарпических трав мезофитов располагаются вертикально вверх и являются частями ортотропного в целом побега.

Лишь из почек, расположенных еще выше по побегу – на участке, расположенном в травяной ветоши есть небольшие живые побеги. Возможно, это – будущие побеги возобновления в зоне возобновления, а нижняя зона торможения служащая у трав-мезофитов для запаса веществ и расселения, у этого растения обеспечивает вынос побега в надводные зоны фитоценоза.

Выше зоны возобновления расположена типичная средняя зона торможения. Она представлена элементарными модулями с длинными междоузлиями и листьями срединной формации. Основная функция этого участка монокарпического побега, как и у трав-мезофитов, – ассимиляционная. Как и у многих растений из условий переменного увлажнения, вегетативно-генеративный участок монокарпического побега *L. salicaria* образован элементарными модулями, в составе которых могут содержаться многочисленные паракладии – вегетативно-генеративные побеги, сформировавшиеся из почек обогащения силлептически в пазухах листьев срединной формации. Этот участок соответствует зоне обогащения трав-мезофитов. В зависимости от условий среды и онтогенетического состояния этого растения число паракладиев в составе монокарпического побега варьирует от наличия в пазухе каждого листа до полного их отсутствия. Это типичное проявление морфологической и размерной поливариантности (по терминологии Л. А. Жуковой, 1995 и др.). Мы оцениваем это явление как ответную реакцию особи на условия действия внутренних и внешних факторов на её развитие.

По направлению к верхушке вегетативный участок паракладия уменьшается в числе и размерах до главного соцветия – типичного терминального тирса. Такой монокарпический побег представляет собой универсальный модуль *L. salicaria*.

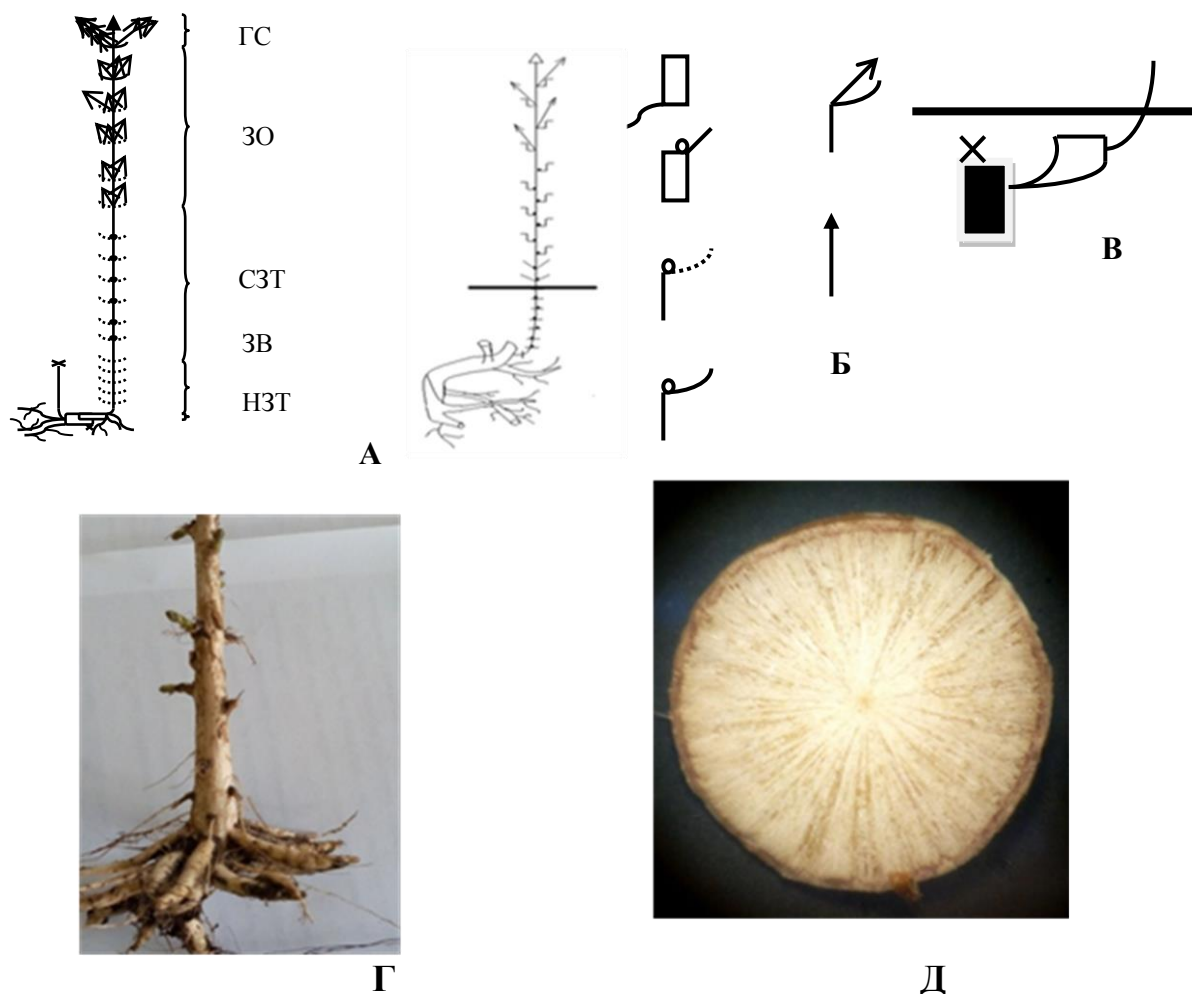


Рис. 1. Особенности строения побеговых систем *L. salicaria*:
 А – монокарпический побег: зоны: НЗТ – нижняя зона торможения,
 ЗВ – зона возобновления, СЗТ – средняя зона торможения,
 ЗО – зона обогащения, ГС – главное соцветие; Б – элементарные модули;
 В – основной модуль; Г – подземные органы (сентябрь 2014);
 Д – поперечный срез придаточного корня. Остальное пояснение в тексте

Закономерным ежегодным повторением таких структур обеспечивается длительное существование этого травянистого поликарпика. Число универсальных модулей в составе особи различно. Это, как и тип элементарных модулей и число паракладиев, определяется её онтогенетическим состоянием и условиями обитания, что будет объектом дальнейших исследований. В более сложных побеговых системах универсальные модули образуют симподии-монохазии, которые и определяют тип биоморфы этого растения. На данный момент однозначно можно сказать о том, что благодаря одревеснению придаточных корней обеспечивается длительное морфологическое единство и моноцентричность особи. Это не типично для прибрежно-водных растений. Особое расположение и строение, особенно анатомическое, элементарных модулей нижней зоны торможения, как и запас питательных веществ в придаточных корнях, а не в стебле, по-видимому, в значительной степени адаптивно.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФИ (проект № 13-04-01057).

Литература

- Борисова И. В., Попова Г. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Ботанический журнал, 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1426.
- Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ, 1995. 222 с.
- Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.
- Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М., 1952. 390 с.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА АССОЦИАЦИЙ

Е. В. Князев, А. Е. Зыкин, О. Н. Пересторонина, Н. П. Савиных
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru

Важную роль для сохранения исходного уровня биоразнообразия имеет естественное возобновление леса на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), в том числе восстановление такого эдификатора, как сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.). Сохранение сосновых лесов невозможно без содействия их естественному возобновлению, поскольку через определенное время они постепенно переходят в результате сукцессии в елово-сосновые, сосново-еловые и еловые. Именно этот тип изменений растительности мы наблюдаем в течение последних 15 лет на территории ООПТ «Медведский бор». Для сохранения этой уникальной территории необходимо содействие восстановлению сосняков на достаточно больших площадях. Одним из таких способов являются постепенные, в том числе чересполосные рубки (Видякин, 2012).

Цель исследования: изучение численности и жизненного состояния подроста сосны *Pinus silvestris* L. при чересполосных рубках для оценки возможного естественного возобновления сосняка в ООПТ «Медведский бор».

Задачи:

1. Уточнить методику оценки жизненности подроста сосны.
2. Выявить численность и состояние подроста сосны на вырубке.
3. Выяснить эффективность естественного возобновления сосны.
4. Определить зависимость состояния подроста от ассоциации, в которой он находится.

К подросту относятся особи деревьев с диаметром ствола менее 12 см. На основании онтогенетического и популяционного подходов к характеристике растительных сообществ (Смирнова и др., 1976), а также биоморфологического (Серебряков, 1962) была разработана методика оценки «реальной жизненности» подроста сосны и способ сравнения его в разных типах растительных сообществ (Савиных, Зыкин, 2004).

Состояние подроста оценивалось по следующим параметрам: высота, возраст, длина годового прироста в последний вегетационный период, наличие перевершинивания, общая (визуальная) жизненность. Общая жизненность каждого растения была определена по наличию перевершинивания, положению боковых побегов в пространстве, возрасту побегов, несущих хвою, состоянию хвои. Хорошая жизненность оценивалась баллом 1, удовлетворительная – 2, неудовлетворительная – 3.

Реальная жизненность – комплексный показатель состояния растения в данный момент онтогенеза. Имеет балльную оценку от 4 до 12. Увеличение показателя указывает на ухудшение состояния подроста (Савиных, Зыкин, 2004).

Было изучено естественное возобновление сосны на просеке шириной 14 м и длиной 378 м в 26 выделе 110 квартала, возникшей при проведении чересполосных рубок в 2002 г. На выделенной трансекте было сделано геоботаническое описание по классическим методикам (Шенников, 1964; Ипатов, 1998). Трансекта была разбита на пробные площади 14х14 м. На каждой из них было заложено 5 учетных площадок площадью 2х2 м методом конверта. Был также определен состав растительных ассоциаций, проанализировано состояние подроста в них.

На территории учетных площадок выявлено 132 особи сосны 2–9-летнего возраста. Общая площадь 33 учетных площадок 132 м². Исходя из этого, на 1 га может произрастать до 10000 штук растений сосны 2–9-летнего возраста.

Согласно существующим нормам посадки молодых растений при искусственном выращивании на 1 га должно высаживаться 3500 саженцев. Это цифра в значительной степени преувеличена из-за естественного отмирания молодых растений в ходе естественного отбора. Согласно правил лесовосстановления утвержденных Министерством природных ресурсов РФ 16.07.2007 года, приказ № 183, на влажных почвах необходимо высаживать не менее 3000 штук саженцев, на сухих – 4000 (Лесной план Кировской области, 2008). При выращивании в горшечных культурах допускается снижение до 2500 штук.

Но для нормального существования экосистемы согласно лесотаксономических показателей необходимо около 250 растений на один гектар (Мартынов, Мельников и др., 2012). Поэтому естественное возобновление древостоя обеспечивается даже за один год обильного семеношения. Таким образом, при чересполосных рубках возобновление древостоя целевой породы – сосны – может обеспечиваться путем естественного возобновления.

Территория учётных площадок включает 12 растительных ассоциаций. Самое большое число площадок с зеленомошниковыми ассоциациями – 11. Сравнимое число площадок – 8, находится на вейниковых ассоциациях. Остальные площадки примерно поровну распределены среди других десяти ассоциаций. Наибольшее среднее число подроста на площадках с доминированием в моховом покрове кукушкина льна (*Polytrichum commune*). Однако, такая площадка всего одна, поэтому нельзя говорить о статистической достоверности вышеуказанного. В среднем, на площадках 4–6 сосен, однако, этот показатель имеет амплитуду от нуля до одиннадцати молодых растений.

Оценка жизненности так же проводилась в контексте с типом ассоциации, на которой располагались площадки. Жизненность колеблется от 4 до 12 баллов. Среднее значение жизненности – 8 баллов. Корреляции числа растений и их жизненности от типа ассоциации, на которой находится подрост, не выявлено, то есть окружающая травяно-кустарничкавая растительность и микрорельеф не играют значимой роли в естественном возобновлении сосны.

Выводы: 1. При чересполосных рубках возобновление древостоя сосны на ООПТ «Медведский бор» обеспечивается путем естественного возобновления.

2. Подрост сосны со сходными показателями жизненности выявлен в различных типах ассоциаций.

3. Целесообразно продолжение исследования в следующих направлениях:

1) корректировка полученных выводов путем изучения возобновления сосны обыкновенной при рубках других типов;

2) проводить систематическое наблюдение за ранее описанными трансектами с целью определения динамики возобновления леса.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка принципов и способов возобновления и сохранения лесных ресурсов» Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет» на 2014–2016 гг. и по заданию и финансовой поддержке ООО «Нолинская лесопромышленная компания».

Литература

Видякин А. И. Естественное возобновление сосны при проведении постепенных рубок в подзоне хвойно-широколиственных лесов Вятско-Камского междуречья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 12. С. 56–57.

Зыкин А. Е., Князев Е. В., Пересторонина О. Н., Савиных Н. П. Естественное возобновление сосны обыкновенной в ООПТ «Медведский бор» // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. научн. конф. с межд. участием. (г. Киров, 18–20 апреля 2013 г.). Киров, 2013. С. 39–41.

Ипатов В. С. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб., 1998. 93 с.

Лесной план Кировской области: Т. 1. Киров, 2008. 284 с.

Мартынов А. Н., Мельников Е. С., Ковязин В. Ф., Аникин А. С. Основы лесного хозяйства и таксация. СПб.: Лань, 2012, 432 с.

Савиных Н. П., Зыкин А. Е. Оценка состояния фитоценоза по жизненности особей у подроста эдификаторов // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Сб. материалов Всерос. науч. школы (Киров, 16–18 ноября 2004 г.). Киров, 2004. С. 231–233.

Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М., 1962. 378 с.

Смирнова О. В., Заугольнова Л. Б. и др. Ценопопуляции растений. М., 1976. 217 с.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 447 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

А. В. Еришова, А. Е. Зыкин, О. Н. Пересторонина, Н. П. Савиных
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru

Сохранение биоразнообразия предполагает охрану не только редких видов растений, но и целых сообществ, особенно уникальных для конкретных территорий. Именно таким является ООПТ «Медведский бор» в Нолинском районе Кировской области. Эдификатором большей части фитоценозов является сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris* L. Как установлено А. И. Видякиным (2012 и др.) эти леса образованы особыми популяциями вида. Сохранение их представителей является важнейшей задачей в рамках природоохранных мероприятий на данной территории.

В ходе наших исследований установлено присутствие особей южных популяций сосны в Медведском бору и, следовательно, возможность естественного самоподдержания исходного сообщества.

Задача данной работы – сравнительная оценка искусственного и естественного возобновления *P. sylvestris*.

В 2013 г. при оценке состояния искусственно посаженных растений двухлетними саженцами весной 2012 г. после сплошной санитарной рубки в 21 выделе 91 квартала зимой этого же года оказалось, что по берегам борозд, где росли эти растения, и рядом с ними есть много молодых особей семенного происхождения. У нас появилась возможность сравнить оба способа возобновления, что и было сделано. Для этого выборочно с площади 5,7 га были изучены 7 полос в соответствии с проведёнными посадками. Всего было обследовано 1400 м полос с посаженными растениями по 1 м шириной, т.е. 1400 м² от общей площади, что составило 36,2% всей территории. На них мы подсчитали все живые и погибшие посаженные растения и особи, возникшие естественным путём. В результате стало возможно оценить число растений обоих способов возобновления в расчете на 1 м² и на 1 га.

На всех учётных площадках выявлено всего 3966 живых особей сосны обыкновенной (табл.). Из них 2653 естественного происхождения и 1313 высаженных. Из посаженных двести растений погибли, значит, всего было посажено 1513 особей. Очевидно, что естественное возобновление превышает число высаженных растений в 1,75 раза. При перерасчёте оказалось, что естественным путём возникает около двух (1,89) особей на 1 м², а на 1 га могут появиться до 18900 молодых растений. Самый высокий показатель на обследованных площадках – 42900 особей на 1 га, среднее – 18900. Естественное возобновление ниже среднего показателя из семи участков на четырёх при самом низком его значении 12300 особей, на четырёх – среднее значение выше.

Согласно существующим нормам посадки молодых растений при искусственном выращивании на 1 га должно высаживаться 3500 саженцев. Это циф-

ра в значительной степени преувеличена из-за естественного отмирания молодых растений в ходе естественного отбора. Согласно правилам лесовосстановления, утвержденным Министерством природных ресурсов РФ 16.07.2007 года, приказ № 183 на влажных почвах необходимо высаживать не менее 3000 штук саженцев, на сухих – 4000 (Лесной план Кировской области, 2008). При выращивании в горшечных культурах допускается снижение до 2500 штук на 1 га.

Таблица

Естественное и искусственное восстановление *P. sylvestris*

№	Длина (м)	Искусственные посадки (шт)			Естественное возобновление (шт.)		
		Высажено	Живые	Мертвые	Всего	На 1 м ²	На 1 га
1	200	1513	148	200	312	1,56	15600
2	250		241		622	2,48	24800
3	260		216		644	2,47	44700
4	160		173		197	1,23	12300
5	170		212		329	1,93	19300
6	260		262		321	1,23	12300
7	100		61		228	2,28	22800
	1400		1313		2653	1,89	18900
					Среднее	1,89	18900

Для нормального существования экосистемы, согласно лесотаксационным показателям, необходимо около 250 растений на один гектар (Мартынов, Мельников и др., 2012). Очевидно, что и эта цифра в значительной степени перекрывается числом естественно возникающих растений, даже при самом малом значении (12300). Более того, на площади 1400 м² выявлено 605 однолетних растений. Следовательно, при перерасчёте на 1 га их выросло за один год успешного семяношения 4321, что больше всех норм при искусственных посадках и более чем в 17 раз, превышает необходимое число растений на 1 га.

На основании полученных данных считаем, что для поддержания уникальной популяции *P. sylvestris* в Медведском бору искусственные посадки можно заменить на мероприятия по содействию естественному возобновлению: минерализация и, может быть, создание небольших борозд для более успешного прорастания семян.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка принципов и способов возобновления и сохранения лесных ресурсов» Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет» на 2014–2016 гг. и по заданию и финансовой поддержке ООО «Нолинская лесопромышленная компания».

Литература

Видякин А. И. Естественное возобновление сосны при проведении постепенных рубок в подзоне хвойно-широколиственных лесов Вятско-Камского междуречья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11. С. 56–57.

Лесной план Кировской области: Т. 1. Пояснительная записка. Киров, 2008. 284 с.

Мартынов А. Н., Мельников Е. С., Ковязин В. Ф., Аникин А. С. Основы лесного хозяйства и таксация. СПб.: Лань, 2012. 432 с.

МОНИТОРИНГ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКСКУРСИОННЫХ ТРОПАХ КЕРЖЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

О. В. Кораблева, С. П. Урбанавичуте

*Государственный природный биосферный заповедник «Керженский»,
o-korableva@mail.ru*

На территории Государственного природного биосферного заповедника «Керженский» выделены функциональные зоны, отличающиеся режимом охраны природных комплексов и хозяйственного использования. Основную нагрузку испытывает рекреационно-экскурсионный участок заповедника (или зона отдыха у пос. Рустай), на котором расположены экологические тропы «Пойма Керженца», «Заповедный лес». Все посетители в зоне отдыха перемещаются в основном по тропинкам, т. е. рекреационное воздействие носит линейный характер.

Мониторинговые исследования растительного покрова на экскурсионных тропах проводятся по заложенным трансектам. Трансекты имеют вид поперечных полос относительно тропы длиной 4–9 м и шириной 1 м, которые в свою очередь размечены на метровые квадраты. Для каждого квадрата составлен список всех выявленных сосудистых растений с указанием проективного покрытия каждого вида в травяно-кустарничковом ярусе. В мохово-лишайниковом ярусе проективное покрытие дается доминантным видам (Кораблева, Урбанавичуте, 2013).

В 2013 г. на тропе «Пойма Керженца» осуществлялось первоначальное описание растительного покрова. Особенностью тропы является ее частичное обустройство настилами. Протяженность маршрута «Пойма Керженца» около 2,5 км, время проведения экскурсии около 2 часов с 17 остановками – ключевыми точками, которые оборудованы информационными стендами. На тропе «Пойма Керженца» проводятся мероприятия по благоустройству, и в настоящее время она относится к третьему, среднему уровню – тропа укреплена и выровнена в необходимых местах, в наличии частично обустроенные остановки для кратковременного отдыха (Чижова, 2011). Для ландшафтной характеристики в различных природно-территориальных комплексах (ПТК) давалось комплексное описание точек по методике В. К. Жучковой и Э. М. Раковской (2004).

Экскурсионный маршрут проходит преимущественно по высокой волнистой пойме с сосново-еловыми, сосновыми зеленомошными и лишайниково-зеленомошными лесами, по средней гривистой пойме с елово-липовыми, сосново-липовыми разнотравными лесами. Большая часть тропы в настоящее время обустроена настилами. Остальная наименьшая часть – небольшой участок средней гривистой и низкой поймы Керженца – является не обустроенной. В 2014 г. удалось оценить оставшийся участок без покрытия (табл.), расположенный в межгрядовом понижении на гривистой поверхности средней поймы с березовым с сосной и елью тонкополевично-зеленомошным лесом на пойменной слоистой песчаной почве.

При сравнении характеристик растительного покрова за 2 года можно сказать, что произошло небольшое увеличение покрытия полевицы тонкой, овсяницы красной и мятлика лугового, зеленых мхов. Произошло уменьшение покрытия таких видов растений, как фиалка собачья, щавелек, вероника дубравная, щучка дернистая, земляника, очиток пурпурный, вероника тимьянолистная. Ястребинка волосистая, очиток едкий остались в том же количестве. Не были отмечены в 2014 г. ясколка дернистая, полевица собачья, осока верещатниковая. В подросте без изменений зафиксированы дуб, береза, исчез подрост сосны и вяза.

Таблица

**Характеристика напочвенного покрова на трансекте
на тропе «Пойма Керженца» в 2013 и 2014 гг.**

Квартала (1x1 м) за 2013 и 2014 гг.	1 квартал		2 квартал		3 квартал		4 квартал	
Реальное покрытие (для древостоя кол-во)	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Подрост:								
Дуб ср.			1	1				
Вяз ср.							2	1
Береза ср.							1	1
Сосна ср.	1							
Травостой:								
Гроздовник многораздель- ный			0,05 (2 поб.)	0,01 (1 поб.)				
Фиалка собачья	1	0,8	0,5	0,5	0,3	0,2	1	1
Ястребинка волосистая	1,6	2	1	1	1	1	2	2
Щавелек ср.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05	0,01	0,5	0,2
Вероника дубравная	0,1	0,3	0,1	0,01				
Ясколка дернистая	0,01		0,05		0,05			
Щучка дернистая	1	0,5	5	2	0,2	1		
Земляника ср.	0,2	0,5	0,5	0,2	0,01		0,05	0,2
Очиток пурпурный	0,01				0,4	0,3		
Полевица тонкая	1	1	1	3	4	5	3	2
Овсяница красная	0,01	0,01				0,05		0,01
Вероника темьяноцветко- вая			0,05		0,5	0,2		
Осока верещатниковая			0,3					
Мятлик луговой			0,1	1				0,5
Полевица собачья			0,05					
Очиток едкий							0,2	0,2
Зеленые мхи:	0,5	1		0,3	1	0,1	0,4	
Примечание					тропа	тропа		

Вторая экскурсионная тропа «Заповедный лес» не обустроена, по классификации В.П. Чижовой (2011) данная тропа относится к нулевому уровню. Только в начале маршрута поставлены информационные стенды с указанием правил поведения, схемой и природными объектами тропы. В ландшафтном отношении тропа проходит по территории первой террасы, высокой волнистой

и средней гривистой поверхностям поймы, представленными сосновыми зеленомошными и лишайниковыми лесами, произрастающими на дерново-поверхностно-подзолистых и скрыто-подзолистых песчаных почвах, имеющих лесную рыхлую подстилку мощностью, в первом случае 2 см, во втором – 1 см (Кораблева, 2014).

Трансекты были заложены практически во всех ПТК. На основе полученных характеристик травяной покров на трансектах имеет практически естественный фон, либо близок к норме. На некоторых трансектах отмечается достаточно бедный видовой состав, связано это в первую очередь с характеристикой самих ПТК, представленных, прежде всего, лишайниково-зеленомошным покровом.

На основании проведенных исследований на экскурсионных тропах в Керженском заповеднике на тропе «Пойма Керженца» было выявлено, что происходит уменьшение покрытия лесными видами трав и увеличивается покрытие за счет луговых, таких как овсяница красная и полевица тонкая. Было рекомендовано обустроить оставшуюся часть средней гривистой поймы, для того, чтобы избежать дальнейших рекреационных нагрузок на растительный покров.

Следующий маршрут «Заповедный лес» является не обустроенным, что позволяет сделать его объектом изучения влияния рекреационных нагрузок на растительный покров и другие компоненты природы. В то же время необходимо ограничивать посещения данного маршрута рекреантами. В настоящее время растительный покров на тропе находится в норме, но при увеличении рекреационных потоков будут происходить дигрессивные изменения. Кроме того, здесь нужно учитывать уязвимость мохово-лишайникового покрова, покрывающего значительную часть экскурсионного маршрута «Заповедный лес».

Результатом исследований являются оценка состояний растительного покрова в условиях рекреационного воздействия, адаптация и корректировка полевых и мониторинговых методик с учетом местных природных условий заповедной территории.

Литература

Жучкова В. К., Раковская Э. М. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: Изд. центр «Академия», 2004. 368 с.

Кораблева О. В., Урбанавичуте С. П. Организация мониторинга по определению рекреационной нагрузки в Керженском заповеднике // Геоэкологические проблемы современности. Доклады V Междунар. науч. конф. Владимир, 2013. С. 147–148.

Кораблева О. В. Научные исследования с целью организации рационального познавательного туризма на особо охраняемых природных территориях // Эколого-географические исследования природных объектов России и сопредельных государств: Материалы Всерос. с междунар. участием конф. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. С. 61–66.

Чинова В. П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление. Смоленск: Ойкумена, 2011. 176 с.

ВЛИЯНИЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. КИРОВО-ЧЕПЕЦКА НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ СОРТА ИЗУМРУД ВО ВТОРОМ ПОКОЛЕНИИ

М. С. Булдакова, Г. П. Дудин

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
buldackova.marinasergeewna@yandex.ru*

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из важнейших областей современной генетики (Лежачий, 1983). Развитие растений тесно связано с условиями окружающей среды. Если изменение условий очень значительны, то растения, обладающие большой чувствительностью к таким изменениям, испытывают стресс и, в конечном счете, могут погибнуть. Изучение качественных показателей стоков и степени их влияния на высшие растения является в настоящее время крайне актуальным (Николайкин, 2003). В связи с этим, рассматривается взаимосвязь двух научных направлений: генетики и экологии, при воздействии химических агентов на высшие растения.

В качестве тест-объекта используется культура ярового ячменя. Ячмень – самоопылитель. Цветение и оплодотворение чаще всего происходит до выхода колоса из влагалища листа. Перекрестное опыление бывает очень редко (Володин, Лисовская, 1979). Этот классический генетический объект широко используется для анализа мутагенного эффекта химических агентов.

Цель работы – изучить действие сточных вод промышленных и коммунальных предприятий и их компонентов на изменчивость растений ячменя.

Исследования проводились на учебно-опытном поле Вятской ГСХА. Отбор проб воды проводили до весеннего паводка.

Химический анализ отобранных проб воды из рассматриваемых вариантов выявил максимальные концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в пробах воды в озере Березовом: по нитрат-ионам, ионам-аммония и мышьяку с превышением ПДК.

Замачивание семян в дистиллированной воде (контроль) и водных растворах, отобранных в точках водосбора зоны антропогенной деятельности, проводилось в течение 12 часов (табл. 1). В первом поколении семена обрабатывались по 500 зерен в каждом варианте, опыт закладывался в 4-х кратной повторности.

Схема опыта:

1. Дистиллированная вода (контроль);
2. Озеро Ильинское;
3. Река Вятка выше сброса сточных вод;
4. Река Вятка ниже сброса сточных вод;
5. Озеро Ивановское;
6. Протока оз. Ивановского;
7. Озеро Березовое.

Во втором поколении (M_2) посемейно высевали семена с главного колоса растений первого поколения на рядок длиной 1 м, расстояние между рядками –

15 см. Проводили отбор растений с видимыми морфологическими и физиологическими отклонениями от исходного сорта. Растения с изменениями отмечались и убирались отдельно. Любые видимые морфофизиологические отклонения растений от исходного сорта характеризуют эффективность используемого мутагена. Данные изменения могут иметь большое практическое значение, т.к. могут применяться в качестве исходного материала при создании новых сортов.

В M_2 проводили группировку выделенных растений по измененным признакам, определяли частоту изменений ячменя по отношению количества семей с изменениями к общему количеству семей в варианте.

Анализ элементов структуры продуктивности проводился у всех растений в выделенной семье с изменением.

Среди выделенных в M_2 в период вегетации растений чаще всего встречались изменения по сроку созревания, высоте стебля, длине колоса и формы куста у растений ячменя (рис.).

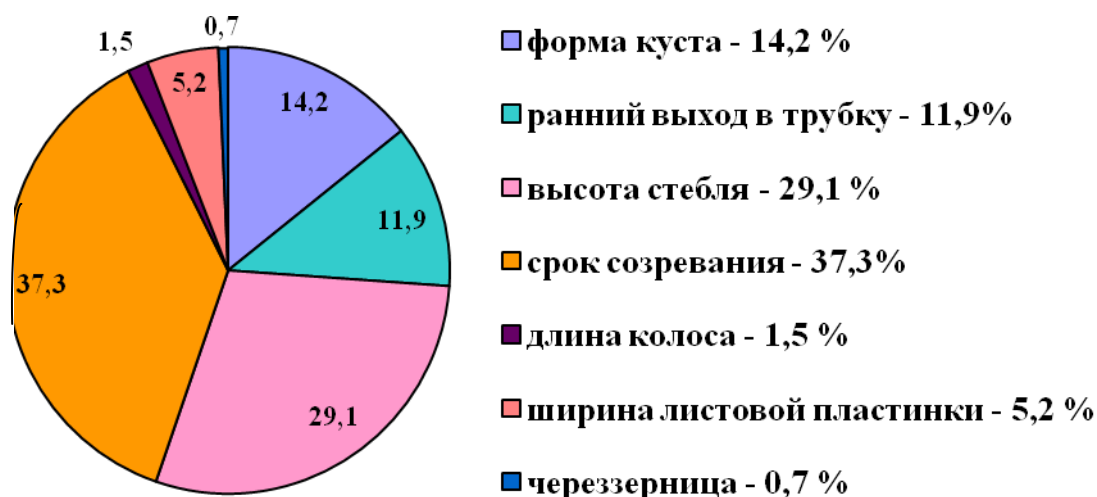


Рис. 1. Спектр морфофизиологических изменений ячменя сорта Изумруд во втором поколении, %

Частота морфологических и физиологических изменений составила от 2,49 до 16,99%. Наибольшее количество семей с морфофизиологическими отклонениями – 35 семей, отмечено в варианте оз. Березовое. Во всех вариантах, кроме воды из оз. Ильинского, частота морфофизиологических изменений достоверно превысила контроль от 5,5 до 17,0% (табл. 1).

Определяли основные элементы структуры продуктивности у выделенных в M_2 семей: общая и продуктивная кустистость, высота стебля, длина остей и колоса, количество в колосе колосков и зерен, масса зерна с главного колоса. Была проведена статистическая обработка данных.

Таблица 1

**Частота морфофизиологических изменений у растений ячменя в М2,
2014 г.**

№ п/п	Вариант	Проана- лиз. се- мей	Число се- мей с му- тациями	Частота морфофизио- логических изменений ($p \pm Sp$), %
1	Дистиллированная вода	136	3	$2,206 \pm 1,26$
2	Оз. Ильинское	201	5	$2,488 \pm 1,10$
3	Р. Вятка выше сброса сточных вод	190	23	$12,105 \pm 2,37^{***}$
4	Р. Вятка ниже сброса сточных вод	182	10	$5,495 \pm 1,69^{**}$
5	Оз. Ивановское	155	16	$10,323 \pm 2,44^{***}$
6	Протока оз. Ивановского	188	16	$8,511 \pm 2,04^{***}$
7	Оз. Березовое	206	35	$16,990 \pm 2,62^{***}$

Примечание: * – уровень вероятности $P > 0,95$; ** – уровень вероятности $P > 0,99$; *** – уровень вероятности $P > 0,999$

По результатам анализа чаще всего встречались достоверные отклонения общей и продуктивной кустистости (мутанты 3-11, 3-23, 7-22, 7-28), высоты стебля (мутант 5-12), длины колоса (мутанты 6-12, 7-27), по количеству колосков и зерен в колосе (мутанты 3-6, 6-12, 7-27, 7-29) и массы зерна с колоса (мутанты 3-11, 7-27, 7-28).

В третьем поколении будут высеваться семена с главных колосьев растений второго поколения, чтобы проверить наследование выделенных изменений. В течение периода вегетации растений у каждого будут отмечаться фенологические фазы развития, проводиться наблюдения, выделяться особенности и новообразования.

Таким образом, сточные воды предприятий окрестностей г. Кирово-Чепецка оказывают существенное влияние на частоту морфофизиологических изменений растений ячменя сорта Изумруд во втором поколении.

Вода из оз. Березовое вызывала максимальную частоту морфологических и физиологических изменений – 16,99%, в данном варианте отмечен и наибольший спектр изменений.

Литература

- Володин В. Г., Лисовская З. И. Радиационный мутагенез у ячменя. Минск: Наука и техника, 1979. 144 с.
- Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 253 с.
- Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофилльная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.
- Лекавичюс Р. К. Химический мутагенез и загрязнение окружающей среды. Вильнюс: Мокслас, 1983. 223 с.
- Николайкин Н. И., Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. Экология. М.: Дрофа, 2003. 328 с.

РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ РАСТЕНИЙ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ООПТ «НЯМБОЙТИНСКИЙ» (ТАЗОВСКИЙ РАЙОН ЯНАО)

Ю. В. Гудовских^{1,2}, Т. Л. Егошина^{1,2}, Е. А. Лугинина¹, В. Н. Сулейманова¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт
охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

Сохранение биологического разнообразия уникальных и эталонных ландшафтов и экосистем – одна из важнейших задач современности.

Наиболее уязвимая составляющая биоразнообразия – отдельные виды, имеющие узкие экологические валентности и области распространения, низкий потенциал самоподдержания популяций. Многие из них чувствительны к антропогенному воздействию на экосистемы, поэтому основным механизмом поддержания стабильного существования редких видов, а также сообществ и их комплексов является формирование сетей особо охраняемых природных территорий (ООПТ) (Дёгтева и др., 2011; Гудовских и др., 2014).

Система ООПТ Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) играет важную роль в решении проблемы сохранения генофонда редких видов растений, животных и грибов. В границах объектов природно-заповедного фонда сосредоточены места произрастания большого числа редких видов, включенных в Красную книгу ЯНАО (2010), уникальные природные ландшафты и экосистемы (Эктова, Морозова, 2008).

Тундровые экосистемы обследованной территории составляют единый крупный массив, представляющий особую ценность для сохранения видового богатства и биоразнообразия зоны тундр.

Комплексное экологическое обследование территории в целях создания ООПТ «Нямбойтинский» осуществлялось в период с ноября 2014 г. по февраль 2015 г.

Описания растительных сообществ проводили согласно общепринятым геоботаническим методам (Методы изучения ..., 2002; Миркин, Наумова, 1998). Латинские названия видов растений приведены согласно сводке С. К. Черепанова (1995).

В соответствии с современным геоботаническим районированием проектируемая ООПТ «Нямбойтинский» находится в лесотундровой (бореально-субарктической) зоне и Обь-Иртышской геоботанической провинции (Ильина и др., 1985). Она характеризуется большой региональной спецификой флоры и отличается от сопредельных секторов Арктики (Хитун, 1998, 2002, 2003; Ребристая 2013). Растительность здесь представляет собой сложное сочетание тундр, болот и лиственничных редколесий. В напочвенном покрове исследуемой территории преобладают бореальные и гипоарктические кустарнички; моховой покров сплошной, представлен в основном зелеными мхами или лишайниками из рода *Cladonia*. Древостой, как правило, имеют высоту 5–8 метров с сомкнутостью крон не более 0,2–0,3.

Во флоре сосудистых растений ключевых участков проектируемой территории преобладают представители следующих семейств (рис. 1): *Cyperaceae*, *Poaceae*, *Salicaceae*, *Asteraceae*, *Ranunculaceae*, *Rosaceae*, *Ericaceae*, *Caryophyllaceae* и *Equisetaceae*. Доля 9 ведущих семейств от общего числа аборигенных видов составляет 57,9%.

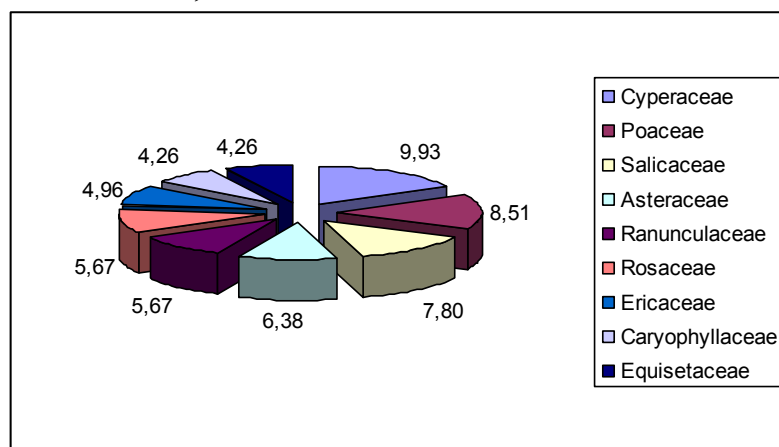


Рис. 1. Доля ведущих семейств в составе флоры проектируемой ООПТ «Нямбойтинский» (в %)

В родовом спектре флоры ведущее положение занимают роды *Salix*, *Carex*, *Equisetum*, *Betula*, *Stellaria*, *Ranunculus* (рис. 2).

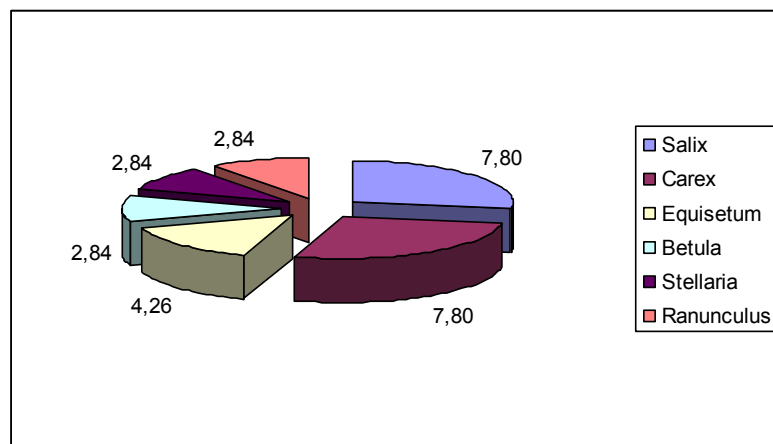


Рис. 2. Доля ведущих родов в составе флоры проектируемой ООПТ «Нямбойтинский» (в %)

На территории проектируемой ООПТ «Нямбойтинский» выявлено 4 вида редких и охраняемых видов растений (табл.), а также 5 видов, входящих в Перечень таксонов и популяций растений Красной книги ЯНАО (КК ЯНАО 2010), нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде: живокость Миддендорфа (*Delphinium middendorffii* Trautv.), лютик снежный (*Ranunculus nivalis* L.), лютик серно-желтый (*Ranunculus sulphureus* J. Phipps), крупка снежная (*Draba nivalis* Liljebl.), одуванчик снежный (*Taraxacum nivale* Lange ex Kihlm).

**Редкие, сокращающиеся виды растений, выявленные на проектируемой
ООПТ «Нямбойтинский», занесенные в Красную книгу
Ямало-Ненецкого автономного округа (2010)**

Вид	Семейство	Категория охраны	Красные книги, в которые включен вид
1. Синюха северная <i>Polemonium boreale</i> Adams	Синюховые (<i>Polemoniaceae</i>)	3	ККЯНАО, ККХМО, ККТО, 2 категория в ККРК
2. Астрагал холодный <i>Astragalus frigidus</i> (L.) A. Gray	Бобовые (<i>Fabaceae</i>)	3	ККЯНАО, ККХМАО, 3 категория ККТО
3. Оксиграфис ледяной <i>Oxygraphis glacialis</i> (Fisch.) Bunge	Лютиковые (<i>Ranunculaceae</i>)	2	ККЯНАО, ККХМАО, ККРК, 3 категория ККТО
4. Кострец вогульский К. мансийский) <i>Bromopsis vogulica</i> (Socz.) Holub	Мятликовые (Злаковые) <i>Poaceae</i> (<i>Gramineae</i>)	3	ККЯНАО, ККХМО, ККТО

Примечания: ККРК – Красная Книга Республики Коми (2009). ККТО – Красная Книга Тюменской области (2004). ККХМО – Красная Книга Ханты-Мансийского Автономного Округа (2013). ККЯНАО – Красная Книга Ямало-Ненецкого Автономного Округа (2010).

В ходе комплексного экологического обследования проектируемой ООПТ «Нямбойтинский» было выявлено 4 вида редких и 5 видов растений, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде.

Создание ООПТ позволит сохранить редкие и нуждающиеся в особом внимании виды растений, уникальные тундровые ландшафты, а также фоновые (эталонные) участки тундровых сообществ.

Литература

Гудовских Ю. В., Егошина Т. Л., Савинцева Л. С. Материалы первичного обследования растительности и флоры на проектируемой ООПТ «Юрибейский» (Тазовский район ЯНАО) // Тобольск научный – 2014. Материалы к XI Всерос. с междунар. участием науч.-практ. конф. 2014. С. 61–65.

Дегтева С. В., Полетаева И. И., Пыстина Т. Н. Роль системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в сохранении редких видов // Известия Коми НЦ УрО РАН, 2011. № 4 (8). С. 35–41.

Красная книга Республики Коми / Отв. ред. А. И. Таскаев. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2009. 792 с.

Красная книга Тюменской области: Животные, растения, грибы / Отв. ред. О. А. Петрова. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2004. 496 с.

Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Отв. ред. А. М. Васин, А. Л. Васина. Екатеринбург: Изд-во Баско, 2013. 460 с.

Красная книга Ямало-Ненецкого автономного округа: животные, растения, грибы / Отв. ред. С. Н. Эктова, Д. О. Замятин. Екатеринбург: Изд-во «Баско», 2010. 308 с.

- Лапшина Е. И., Лавренко Н. Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 252 с.
- Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.
- Миркин Б. М., Наумова Л. Г. Наука о растительности (история и состояние основных концепций). Уфа, 1998. 413 с.
- Ребристая О. В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.
- Хитун О. В. Анализ внутриландшафтной структуры флоры среднего течения реки Хальмеряха (Гыданский п-ов) // Ботанический журнал. 2003. Т. 88. № 10. С. 21–39.
- Хитун О. В. Внутриландшафтная структура флоры низовьев реки Тиникяха (северные гипоарктические тундры, Гыданский п-ов) // Бот. журн. 2002. Т. 87. № 8. С. 1–24.
- Хитун О. В. Сравнительный анализ локальных и парциальных флор в двух подзонах Западносибирской Арктики (п-ова Гыданский и Тазовский) // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики. СПб., 1998. С. 173–201.
- Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб: Мир и семья-95, 1995. 992 с.
- Эктова С. Н., Морозова Л. М. Флористическое разнообразие и редкие виды проектируемого природного парка «Юрибей» (полуостров Ямал) // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 135-летию со дня рождения И. И. Спрыгина. Пенза, 2008. Ч. 1. С. 353–356.

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ДРЕВОСТОЯ *PINUS SILVESTRIS* L. ПРИ ЧЕРЕСПОЛОСНЫХ ПОСТЕПЕННЫХ РУБКАХ В ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР» НОЛИНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Е. Зыкин, О. Н. Пересторонина, Н. П. Савиных
Вятский государственный гуманитарный университет

Популяционная структура сосны обыкновенной *Pinus silvestris* L. в Кировской области неоднородна. А. И. Видякин выделяет в пределах области 3 миграционные зоны, 17 популяций, объединенных в 8 групп популяций. Территория Медведского бора входит в состав первой миграционной зоны сосны. Данная зона представляет собой территорию, заселенную в голоцене представителями из Южно-Уральского рефугиума. Бор находится в районе расположения Вятско-Чепецкой группы популяций. На территории его произрастают растения Центрально-Вятско-Увальской, соседней Лобанско-Кильмезской, возможно Ярано-Немдинской популяции и Нижневятской группы популяций. Это суждение основано на том, что границы их проходят вблизи или даже по территории бора, по крайней мере, его южных и юго-западных границ (Видякин, 1998, 2003; Видякин, Глотов, 1999).

Популяционная структура вида сформировалась в ходе эволюционного процесса под влиянием естественного отбора, направляемого лесорастительными условиями, сформированными на основе специфики факторов физико-географической среды ареала. Указанные для Медведского бора группы сосны выгодно отличаются от представителей других популяций высокими бонитетом и сортоностью.

Сосновые леса эпохи голоцена содержали степные растения, которые мигрировали на север из расположенных южнее сообществ совместно. Именно таким заселением территории можно объяснить, по-видимому, представительство в Медведском бору неморального и степного элементов флоры. Сохранению их на этой территории, как и естественному возобновлению сосны способствует дюнный рельеф бора.

Из-за особого режима лесопользования в ООПТ, особенно сохранения подроста ели как целевой породы при проведении санитарных рубок, создания искусственных посадок, а также гибели древостоев из-за пожаров и болезней, — изменяется породный состав и снижается α - и β -биоразнообразие.

Сохранение биоразнообразия растительных сообществ в целом возможно при научно-обоснованном ведении лесного хозяйства на территории ООПТ. По последним данным, «в условиях отсутствия каких-либо экзогенных для растительности повреждений лесное хозяйство с рубками разного типа поддерживает более высокое экосистемное разнообразие территории по сравнению с режимом абсолютного заповедования» (Моделирование динамики..., 2007). Того же мнения придерживается А. И. Видякин (2012), который экспериментально доказал целесообразность проведения на таких территориях сплошных рубок узколесосечного типа (с шириной лесосеки до 100 м) или постепенных рубок с содействием естественному возобновлению сосны путем минерализации почвы.

После 15-летнего изучения растительности Медведского Бора одной из основных задач исследования стало определение оптимальных путей содействия естественному возобновлению сосны, в т.ч. на основе оценки подроста.

В 2014 г. мы обследовали чересполосные постепенные рубки 2002 г. в спелых и перестойных сосняках. Описано 5 выделов.

В условиях постоянства абиотических факторов: рельеф, гидрология, инсоляция, — наблюдается стандартная схема возобновления на обследованных вырубках, что мы наблюдали в прежние годы и на других участках бора:

1) На повышенных участках рельефа активно возобновляется сосна.

2) На пониженных и заболоченных участках — береза и осина; подрост сосны нет или он единичен. Зачастую апикальная почка молодых сосен повреждена вредителями или болезнями. Это приводит к деформации главного побега, много вершинности и годовыми приростам длиной до 1 см.

3) При повышении мезорельефа увеличивается присутствие молодых сосен: в частности, на выровненных участках соотношение подроста березы, осины и сосны примерно одинаково. Но сосна возобновляется пятнами на участках минерализации или по краям просеки (предположительно на месте волоков). При дальнейшем повышении рельефа, подрост сосны преобладает над подростом мелколиственных пород.

Особый интерес представляют данные о жизненности подроста и динамике возобновления сосны в соответствии с влиянием биотических (тип растительного сообщества на вырубке) и антропогенных факторов, как ключ к моделированию сукцессий в сосняках для сохранения исходного уровня биоразнообразия в них.

Изучение подростка сосны в соответствии с подходами популяционно-онтогенетического направления исследований позволило наряду с традиционной характеристикой жизненности растений (Уранов, 1975) ввести представление о «реальной жизненности» (Савиных, Зыкин, 2004). Это – показатель в баллах состояния растения в данный момент онтогенеза по нескольким признакам: общая жизненность, среднее значение годового прироста, длина последнего годового прироста, наличие и число перевершиниваний в течении жизни.

Выяснив возрастной состав (абсолютный возраст особи, по Кренке, 1940) молодых растений на выделах и сравнив кривые реальной жизненности для каждой группы подростка, мы получили следующие результаты:

1) Максимальное число растений с хорошей реальной жизненностью отмечено на второй и/или третий год после проведения рубки на всех без исключениях выделах. При этом в молодом сосняке на сухой возвышенности (31 выдел) и на холмисто-впадинном рельефе (23 выдел) выявлены дополнительные пики возобновления спустя 6–7 лет после рубки по краям просеки. Возможно, это определяется волновым характером возобновления сосны.

2) С течением времени: с 4 по 10 год после рубки, постепенно снижается численность и ухудшается жизненность вновь появляющихся особей. Однако, четкой зависимости между типом растительных ассоциаций и числом и жизненностью подростка не выявлено. В данном случае возобновление идет скорее на сухих участках с высоким уровнем инсоляции и низким проективным покрытием растительных элементов травянистого яруса.

3) В сосняках на возвышенностях (31 и 29 выделы) 2 и 3-х летние сеянцы многочисленны и представлены практически по всей площади вырубки. В 21 выделе (молодой ельник), такое возобновление приурочено к северному краю вырубки с более интенсивным инсоляционным режимом. В 23 и 26 выделах (пониженный рельеф, с отдельными возвышениями) двух- и трёхлетние растения сосны почти отсутствуют. Спектр реальной жизненности у такого подростка хороший. Но при практически полном отсутствии 4-х – 5-ти-летнего возобновления на этих выделах дальнейшее развитие этих растений маловероятно.

Видимо, через 6 лет после рубки на просеке формируются такие лесорастительные условия, в которых маловероятно развитие особей с хорошей жизненностью.

Проведенные постепенные чересполосные рубки характеризуется, независимо от типа рельефа и состава ассоциаций, многочисленным возобновлением сосны в течение первых пяти лет после рубки за счёт растений с хорошей реальной жизненностью.

Этот тип хозяйственной деятельности можно оценивать как эффективный способ сохранения исходной популяции сосны и создания необходимых условий для существования степных и неморальных видов на ООПТ.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка принципов и способов возобновления и сохранения лесных ресурсов» Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет» на 2014–2016 гг. и по заданию и финансовой поддержке ООО «Нолинская лесопромышленная компания».

Литература

- Видякин А. И. Миграция в голоцене и популяционная структура *Pinus silvestris* L. на востоке европейской части России // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола, 1998. Ч. 2. С. 4–12.
- Видякин А. И., Глотов Н. В. Изменчивость количества семян у сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. 1999. № 3. С. 170–176.
- Видякин А. И. Разработка рекомендаций селекционно-семеноводческого процесса сосны обыкновенной в Кировской области на основе популяционной структуры вида: отчет о научно-исследовательской работе. Киров, 2003. 81 с.
- Видякин А. И. Естественное возобновление сосны при проведении постепенных рубок в подзоне хвойно-широколиственных лесов Вятско-Камского междуречья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11. С. 56–57.
- Кренке Н. П. Теория циклического старения и омоложения растений. М., 1940. 136 с.
- Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах // Ин-т физ.-хим. и биол. Проблем почвоведения РАН. М.: Наука, 2007. С. 332–341.
- Савиных Н. П., Зыкин А. Е. Оценка состояния фитоценоза по жизненности особей у подроста эдификаторов // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: теория, методика, практика: Сб. материалов Всероссийской научной школы (Киров, 16–18 ноября 2004 г.). Киров, 2004. С. 231–233.
- Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–35.

К ВОПРОСУ О СОХРАНЕНИИ СОСНЯКОВ ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Е. А. Забабурин, А. Е. Зыкин, Н. П. Савиных, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный гуманитарный университет,
shepard-93@rambler.ru, botany@vshu.kirov.ru

Особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Медведский бор» – уникальное реликтовое сообщество ксеротермической эпохи послеледникового времени, находящийся на материковых песчаных дюнах, широко известна не только в Кировской области, но и за её пределами. Большая часть лесов в её пределах образована сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В целом это – среднеевропейско-сибирский бореальный вид. Ареал охватывает Скандинавию, Среднюю Азию, Западную и Восточную Сибирь. В России *P. sylvestris* распространена по всей территории. Сосновые леса в Кировской области встречаются фрагментарно и имеют островной характер. Они приурочены к древнеаллювиальным пескам или к песчаным террасам вдоль речных долин. Крупные массивы сосновых лесов имеются в юго-восточной части области, на левобережье р. Вятки и в бассейнах ее притоков. Сосна обыкновенная – вечнозеленое одноствольное прямостоящее кронообразующее дерево со стержневой корневой системой.

Наши многолетние исследования флоры и растительности в Медведском бору выявили неоднородность популяции *P. sylvestris* в этих сосняках. То же указывается в исследованиях А. И. Видякина (1998), который показал, что это растение неоднократно и с разных рефугиумов заселяло территорию Кировской области. В настоящее время здесь распространены несколько популяций вида

(Видякин, 1998): Северо-Уральская, Кикнурская, Центральная, Нижне-Вятская, Вятско-Чепецкая, Бурецкая. Особи разных популяций заметно отличаются по числу семядолей в семенах и у проростков. На востоке европейской части России в целом по этому признаку выявлены четыре зоны стабильности и специфичности, две из которых направлены с юго-востока на северо-запад, а две – с северо-востока на юго-запад. Среднее число семядолей стабильно и специфично на больших территориях, включающих несколько групп популяций. Это позволило определить средний индекс числа семядолей у особей определённой популяции и объединить группы популяций с идентичным средним числом семядолей в ареальные совокупности, названные миграционными зонами.

Одним из рефугиумов, из которого особи (и не только сосны, а, по-видимому, вместе с нею и многих степных видов растений) распространились в пределы современного Медведского бора, был южно-уральский, т.е. вид мигрировал с юго-востока на северо-запад.

Эти растения, по нашим наблюдениям, отличаются от представителей других популяций высокими бонитетом и сортностью. Мы определяем их по высоте, форме и цвету ствола, особому рисунку коры. Они с высоким равномерно утолщенным по всей высоте стволом, с красным оттенком коры, глубоко изрезанной и структурированной в основании его на сероватые достаточно правильные шестиугольники. Такие сосны заметно отличаются от других многочисленных в бору и похожи на растения Бурецкой популяции этого вида.

В результате засаживания лесных полян, рубок и последующих многочисленных посадок саженцами, выращенными из семян растений с других районов области, исходная форма сохранилась не во всех кварталах. Но пока такие растения ещё достаточно часто встречаются там, где не проводились ранее рубки, и не было искусственных посадок после них. Вне сомнения, в ряде случаев сосна возобновлялась естественным путём. Поэтому такие растения не часто, но встречаются пока по всему бору.

В связи с необходимостью сохранения биоразнообразия в планетарном масштабе, нужно сберечь не только редкие и охраняемые растения на территории ООПТ «Медведский бор», но и исходную южную популяцию сосны, которая была одной из первых, заселивших и, вероятно, сформировавших сосняки этого памятника природы. Это будет полезно также для воспроизводства высокопродуктивных сосняков в регионе. Для этого желательна организация содействия естественному возобновлению именно этих растений, а при необходимости искусственных посадок – использование для производства саженцев семян собственной репродукции. В связи с этим встала задача по выявлению таких растений в пределах современного бора и установление приуроченности их к определённой генетической популяции.

Для этого зимой 2014 г. перед вылетом семян были собраны шишки с модельных деревьев из 9 выделов 7 кварталов ООПТ «Медведский бор». Отношение растения к определённой генетической популяции определяли по методикам А. И. Видякина (1999, 2003), основанным на подсчете числа семядолей у проростков и индексе длины/ширины шишек.

В ходе работы измерены длина и ширина у шишек из всех кварталов. После высушивания из каждой шишки изымали семена, подсчитывали число семян на одну шишку. По полученным данным был вычислен индекс длины/ширины шишек и среднее число семян на одну шишку (табл. 1).

Таблица 1

Особенности шишек *P. sylvestris*

№	Квартал (выдел)	Длина (мм)	Ширина (мм)	Индекс шишки
1	77 (16)	36	23	1,57
2	78 (34)	36	21	1,71
3	111(11, 3)	38; 37	22; 20	1,73; 1,85
4	119 (13, 12)	38; 47	21; 25	1,8; 1,88
5	121 (17)	34	17	2
6	89 (9)	40	22	1,8
7	117(4)	35	20	1,75
8	Среднее значение	38	21	1,79

Семена перед посадкой обескрыливали следующим образом: вытряхивали в мешочке для сельскохозяйственных работ и перетирали вручную. Затем семена высыпали в ёмкость и очищали от трухи простым дуновением. 19 ноября 2014 г. был заложен опыт. В чашки Петри, на дно которых была положена фильтровальная бумага, выкладывали семена с определенного квартала и выдела. Чашки Петри стояли на подоконнике в лаборатории. Фильтровальную бумагу смачивали дистиллированной водой раз в 2–3 дня. Всего на проращивание заложено 1513 семян.

Первые проростки были зафиксированы 5 декабря. Семядоли подсчитывали 27 декабря (табл. 2). Исследования вели по среднему индексу числа семядолей – это среднее значение количества семядолей у проростков в каждом квартале. Наименьшее число семядолей (5,44) отмечено в 78 квартале. Индексы 5,5–5,62 установлены для части популяции из трёх кварталов: 77, 111, 117. Выше среднего значения (5,64–5,85) индекс у растений из кварталов 119, 121, 89.

Таблица 2

Средний индекс числа семядолей *P. sylvestris* по кварталам и выделам

№	Номер квартала (выдела)	Среднее число семядолей
1	77 (16)	5,50
2	78 (34)	5,44
3	111 (11, 3)	5,60; 5,59
4	119 (13)	5,64
5	119 (12)	5,68
6	121 (17)	5,80
7	89 (9)	5,85
8	117 (4)	5,50
9	Среднее значение индекса	5,62

Среднее значение по числу семядолей у семян модельных видов из всех изученных кварталов равно 5,62. Оно соответствует значению индекса семядолей Вятско-Чепецкой популяции сосны.

Далее мы сопоставили значения индекса семядолей и индекса шишек у модельных растений по кварталам (табл. 3). Оказалось, что между этими двумя индексами есть прямая зависимость: чем выше индекс шишек, тем выше индекс семядолей. Эта особенность естественна: у растений с большей жизненностью шишки крупнее, в составе зародыша возможно развитие большего числа семядолей. Тем более, что у сосны этот признак не стабилен. Конечно, размеры шишек, число семян в них и особенности строения зародыша определяются и внутренними факторами, особенно биологическим возрастом растения – его онтогенетическим состоянием. Пока такие исследования в Медведском бору не проводились, это – задача будущих исследований.

Таблица 3

Распределение модельных особей *P. sylvestris* по кварталам

№	Признак	Значения признака по кварталам		
		Ниже среднего	Приближается к среднему	Выше среднего
1	Индекс семядолей	77, 78, 117	111	119, 121, 89
2	Индекс длины / ширины шишек	77, 78	111, 89, 117	111, 119, 121

На основании полученных данных можно утверждать, что наши модельные растения соответствуют особям южной популяции *P. sylvestris*. Замечательно, что такие деревья массово встречаются в 110 и 111 кварталах, где не проводились ранее массовые рубки, а чересполосные рубки в начале этого века значительно способствуют естественному возобновлению этого вида.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка принципов и способов возобновления и сохранения лесных ресурсов» Программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет» на 2014–2016 гг. и по заданию и финансовой поддержке ООО «Нолинская лесопромышленная компания».

Литература

Видякин А. И. Миграция в голоцене и популяционная структура *Pinus sylvestris* L. на востоке европейской части России // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Йошкар-Ола, 1998. Ч. 2. С. 4–12.

Видякин А. И., Глотов Н. В. Изменчивость количества семядолей у сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. 1999. № 3. С. 170–176.

Видякин А. И. Разработка рекомендаций селекционно-семеноводческого процесса сосны обыкновенной в Кировской области на основе популяционной структуры вида: Отчет о научно-исследовательской работе. Киров, 2003. 81 с.

Видякин А. И. Естественное возобновление сосны при проведении постепенных рубок в подзоне хвойно-широколиственных лесов Вятско-Камского междуречья // Аграрный вестник Урала. 2012. № 11. С. 56–57.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФЛОРЫ ВБЛИЗИ пгт. ПЕСКОВКА ОМУТНИНСКОГО РАЙОНА КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ю. Казакова, Е. В. Рябова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
ryapitschi@yandex.ru*

Кировская область относится к полосе таежных лесов, располагается в пределах средней и южной тайги и в подтаежной полосе хвойно-широколиственных лесов (Геоботаническое районирование..., 1989). Омутнинский район расположен в северо-восточной части Кировской области. Его флора уникальна и интересна.

Цель исследования – выявить виды растений, произрастающие вблизи пгт. Песковка Омутнинского района Кировской области, провести экологический анализ флоры.

Изучение флоры проводили в период с 2012 по 2014 гг. маршрутным методом по общепринятым методикам (Гордеева, Завалишина и др., 1954; Гуленкова, Красникова, 1976). Видовую принадлежность растений определяли с помощью определителя растений флоры средней полосы Европейской части СССР (Маевский, 1964). Во флоре Омутнинского района Кировской области выявляли ведущие семейства; указывали географическое распространение видов; экологические группы по отношению к влажности; жизненные формы Х. Раункиера; распределение видов по способам иммиграции и по зонам распространения (Тарасова, 2007).

Во флоре Омутнинского района вблизи п. Песковка изучено 70 видов сосудистых растений, что составляет 4,76% от всех выявленных видов растений Кировской области. Обнаруженные виды относятся к 33 семействам: Плауновые – Lycopodiaceae, Хвощовые – Equisetaceae, Ужовниковые – Ophioglossaceae, Сосновые – Pinaceae, Кирказоновые – Aristochiaceae, Лютиковые – Ranunculaceae, Маковые – Papaveraceae, Крапивные – Urticaceae, Берёзовые – Betulaceae, Гвоздичные – Caryophyllaceae, Маревые – Chenopodiaceae, Амарантовые – Amaranthaceae, Гречишные – Polygonaceae, Зверобойные – Hypericaceae, Фиалковые – Violaceae, Крестоцветные – Brassicaceae, Ивовые – Salicaceae, Вересковые – Ericaceae, Волчниковые – Thymelacaceae, Розоцветные – Rosaceae, Бобовые – Fabaceae, Кипрейные – Onagraceae, Льновые – Linaceae, Гераниевые – Geraniaceae, Мареновые – Rubiaceae, Бурачниковые – Boraginaceae, Норичниковые – Scrophulariaceae, Подорожниковые – Plantaginaceae, Колокольчиковые – Campanulaceae, Сложноцветные – Asteraceae, Ситниковые – Juncaceae, Злаковые – Poaceae, Рогозовые – Typhaceae.

Преобладающими являются 3 семейства: Asteraceae (10 видов – 14,3%), Rosaceae (10 видов – 14,3%) и Poaceae (6 видов – 8,6%).

По географическому распространению преобладают евразийские виды (20 видов – 28,57%), циркумбореальные (19 видов – 27,14%). Восточноевропейско-азиатские, североамериканские и плейстоценовые элементы флоры немногочисленны и составляют по 4,29%.

Во флоре изучаемой территории выявлены виды, относящиеся к 4 экологическим группам по отношению к влажности субстрата: гигрофилы (7 видов – 10%), гигромезофилы (1 вид – 1,43%), ксеромезофилы (5 видов – 7,14%) и мезофиллы (57 видов – 81,43%). Группы гидрофилов и ксерофилов отсутствуют.

По способу иммиграции на изученной территории выявлено 4 группы видов: автохоры, ксенофиты, эргазиофиты и эргазиоксенофиты. Все аборигенные виды являются автохорами (65 видов – 92,86%), то есть способны расселяться по территории самостоятельно. Способ иммиграции заносных видов может быть разным. Большая их часть это случайно занесённые виды (непреднамеренные антропохоры), которые принято называть ксенофитами (3 вида – 4,29%). Отмечен 1 вид (1,43%), относящийся к группе эргазиофитов, видов, дичающих из культуры (дичающих интродуцентов). Для 1 вида (лён обыкновенный – *Linum usitatissimum* L.) невозможно достоверно установить, занесен ли он из-за пределов территории, или является производным культивируемого в этой местности растения. Такой вид выделяется в группу ксеноэргазиофитов.

Вблизи пгт. Песковка Омутнинского района выявлены виды, относящиеся к 5 группам по зонам распространения: плюризональные, бореальные, бореально-неморальные, неморальные и лесостепные. Флора изученной территории носит умеренно-бореальный характер, обусловленный расположением этого пространства в границах таёжной зоны. В результате анализа выяснили, что преобладают бореальные виды (40 видов – 57,14%).

Отмечены виды, относящиеся к 6 биологическим типам по классификации Х. Раункиера: гидрофиты, гемикриптофиты, геофиты, терофиты, хамефиты, микро-, нано- и мезофанерофиты. Большую часть занимают гемикриптофиты (32 вида – 45,71%). Меньше всего гидрофитов (1 вид – 1,43%), и микрофанерофитов (2 вида – 2,86%).

Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты позволяют оценить флористический состав растений вблизи пгт. Песковка Омутнинского района как вполне типичный для таежной зоны Кировской области.

Литература

- Геоботаническое районирование Нечерноземья Европейской части РСФСР. Л., 1989. 64 с.
- Гордеева Т. Н., Завалишина С. Ф., Круберг Ю. К., Письякова В. В., Стрелкова О. С. Летняя полевая практика по ботанике. Л.: Государственное учебно-педагогическое издательство министерства просвещения РСФСР, 1954. 285 с.
- Гуленкова М. А., Красникова А. А. Летняя полевая практика по ботанике. Учеб. Пособие для студентов пед. фак. пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1976. 241 с.
- Маевский П. Ф. Флора средней полосы Европейской части СССР. 9-е испр. и доп. изд. Л.: Изд-во «Колос», 1964. 880 с.
- Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Часть 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

РАЗЛИЧИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕСТООБИТАНИЙ БОЛОТНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

И. С. Рынденкова, Е. М. Волкова

Тульский государственный университет,
ryndenkova.irina@yandex.ru

На территории Тульской области болотные экосистемы занимают менее 1%. При этом, болота различаются по характеру водно-минерального питания, что определяет разнообразие болотной растительности. На основании проведенных описаний были выделены 34 группы растительных сообществ: зеленомошная (*Plagiomnium ellipticum*) (1), сфагновая (*Sphagnum squarrosum*) (2), сфагновая (*S. riparium*) (3), сфагновая (*S. centrale*) (4), сфагновая (*S. Angustifolium*) (5), пушицево-сфагновая (*Eriophorum vaginatum*, *S. angustifolium*) (6), березово-камышовая (7), березово-осоковая (*Carex riparium*) (8), березово-папоротниковая (*Anthyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*) (9), березово-телиптерисовая (10), березово-белокрыльниковая (11), ивово-травяная (12), черноольшанниковые (13, 14), сосново-пушицево-сфагновая (*Eriophorum vaginatum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*) (15), травяно-гипновая (16), травяно-сфагновая (*S. teres*) (17), травяно-сфагновая (*S. fallax*) (18), тростниково-сфагновая (*S. angustifolium*) (19), молиниевая (*S. angustifolium*) (20), травяно-сфагновая (*S. angustifolium*) (21), волосистоплодноосоково-сфагновая (*Carex lasiocarpa*, *S. angustifolium*) (22), осоково-сфагновая (*Carex rostrata*, *S. Angustifolium*) (23), кустарничково-сфагновая (*Andromeda polifolia*, *Охycoccus palustris*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*) (24), очеретниково-осоково-сфагновая (*Rhynchospora alba*, *Carex rostrata*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*) (25), осоково-пушицево-сфагновая (*Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium*, *S. angustifolium*) (26), рясковая (*Lemna minor*) (27), пасленовая (*Solanum dulcamara*) (28), белокрыльниковая (*Calla palustris*) (29), камышовая (*Scirpus sylvaticus*) (30), осоковая (*Carex appropinquata*) (31), сабельниковая (*Comarum palustre*) (32), папоротниковая (*Anthyrium filix-femina*) (33), тростниковая (*Phragmites australis*) (34). Для оценки экологических условий данных сообществ использовали программу «Ecoscale» (Бузук, Созинов, 2009). Проведенный анализ позволил выявить отличия между сообществами по интенсивности и стабильности увлажнения болотных биотопов, их трофности, обеспеченности азотом и кислотности.

По шкале увлажнения почв (рис. 1) растительные сообщества можно условно разделить на несколько групп. К первой группе относятся сообщества с высоким увлажнением (балл 15,5–16,8): зеленомошное, сфагновые (с разными видами мхов: *Sphagnum squarrosum*, *S. centrale*, *S. angustifolium*), березово-камышовое, березово-осоковое, березово-телиптерисовое, березово-белокрыльниковое, травяно-гипновое, тростниково-сфагновое, травяно-сфагновое, волосистоплодноосоково-сфагновое, осоково-сфагновое, очеретниково-осоково-сфагновое, осоково-пушицево-сфагновое, рясковое, пасленовое, белокрыльниковое, камышовое, сабельниковое. Все указанные сообщества способны суще-

ствовать в условиях высокого обводнения (уровень болотных вод (УБВ) не опускается ниже 20 см от поверхности).

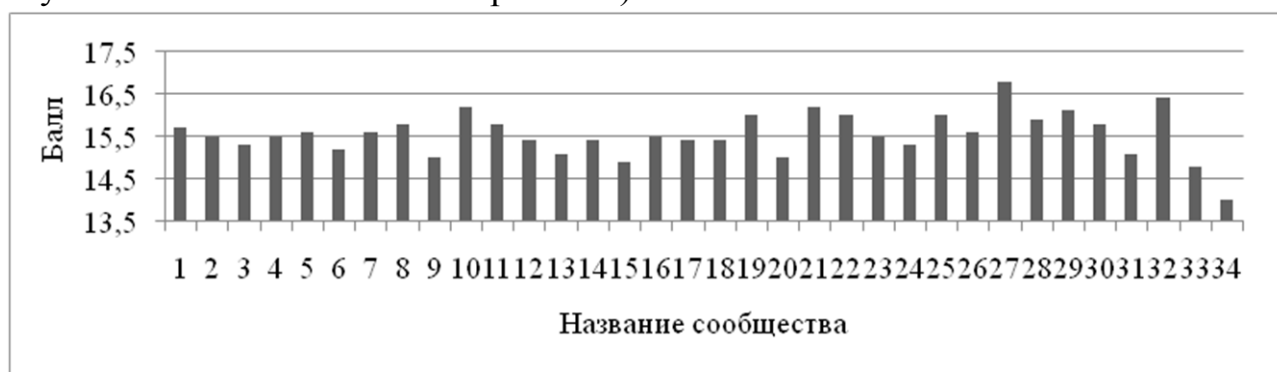


Рис. 1. Экологическая характеристика растительных сообществ по шкале увлажнения почв (номера сообществ см. в тексте)

Тростниковый ценоз, исходя из полученных данных, относится к группе с низким увлажнением (14,0), что свидетельствует о возможности существования данного сообщества при снижении обводнения (УБВ опускается до 40 см). Сфагновое (*S. riparium*), пушицево-сфагновое, березово-папоротниковое, ивово-травяное, черноольшанниковые, сосново-пушицево-сфагновое, травяно-сфагновые (*S. teres*, *S. fallax*), молиниевое, кустарничково-сфагновое, осоковое (*Carex appropinquata*) и папоротниковое сообщества относятся к группе с умеренным увлажнением (балл 14,8–15,4). Как видно, практически все болотные фитоценозы приурочены к умеренному и высокому увлажнению субстрата.

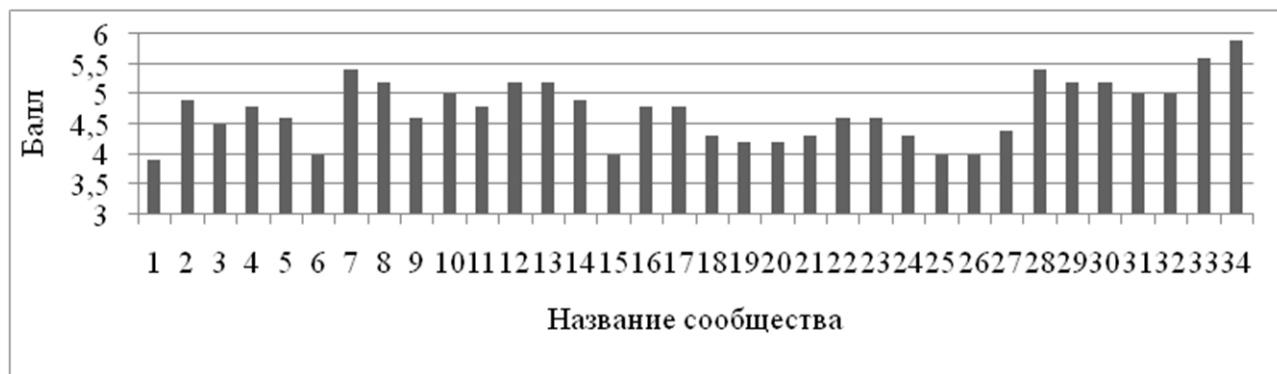


Рис. 2. Экологическая характеристика растительных сообществ по шкале переменности увлажнения почв

Оценка состояния растительных сообществ болот по переменности увлажнения (рис. 2) показала, что относительно устойчивое (3,9–4,5) и слабо-переменное (4,5–5,6) увлажнение характерно для сообществ, имеющих высокое и умеренное обводнение. Следует отметить, что увлажнение тростникового сообщества (5,9) характеризуется как слабо-переменное/умеренно переменное, что подтверждает широкий экологический диапазон этого ценоза и его возможность функционировать при снижении обводнения.

Болотные фитоценозы различаются по трофности субстрата (рис. 3). В бедных, олиго- и мезотрофных условиях (4,7–6,4) формируются зеленомошное, сфагновое, березово-травяные, травяно-гипновое, сосново-пушицево-сфагно-

вое, очеретниково-осоково-сфагновое, волосистоплодноосоково-сфагновое, молиниевое, кустарничково-сфагновое, травяно-сфагновые, осоково-пушицево-сфагновое, осоково-сфагновое, пушицево-сфагновое, тростниково-сфагновое, белокрыльниковое, сабельниковое и папоротниковое сообщества. Эта группа сообществ характеризуется высоким и стабильным увлажнением (рис. 1, 2). В таких условиях, при недостатке кислорода в субстрате, разложение отмерших растительных остатков происходит с низкой скоростью и потому содержание доступных элементов питания мало.



Рис. 3. Экологическая характеристика растительных сообществ по шкале трофности почв

В эвтрофных условиях (6,5–7,2), при богатом водно-минеральном питании развиваются ивово-травяное, черноольшанниковое, пасленовое, камышовое, осоковое (*Carex appropinquata*), тростниковое и рясковое сообщества.



Рис. 4. Экологическая характеристика растительных сообществ по шкале обеспечения почв азотом

Оценка болотных биотопов по содержанию азота (рис. 4) показала, что этот признак коррелирует с трофностью субстрата и потому к группе сообществ, формирующихся в условиях с низким содержанием азота в торфе (4,0–5,4) относятся олиго- и мезотрофные ценозы (рис. 3), а к группе сообществ, произрастающих на достаточно обеспеченных азотом почвах (5,5–6,2) – эвтрофные. Исключение составляют рясковый и осоковый (*Carex appropinquata*) ценозы, формирующиеся в эвтрофных условиях, но с низким содержанием азота, а также березово-папоротниковый, березово-камышовый, белокрыльниковый и папоротниковый фитоценозы, произрастающие в мезотрофных условиях (5,5–6,4), но на достаточно обеспеченном азотом субстрате.



Рис. 5. Экологическая характеристика растительных сообществ по шкале кислотности почв

Известно, что болотные биотопы являются более кислыми по сравнению с минеральными субстратами. Проведенный экологический анализ показал, что все изученные ценозы произрастают на кислых и слабокислых почвах (рис. 5). Очеретниково-осоково-сфагновое и травяно-сфагновое растительные сообщества формируются в наиболее кислых условиях ($\text{pH}=4,5\text{--}5,5$; балл 5,2–5,4). Это обусловлено произрастанием на бедных и обводненных субстратах, где доминируют сфагновые мхи, способные подкислять болотную воду. Менее ацидофильными являются сообщества, произрастающие в более трофных условиях (балл 5,5–6,8). Наименее кислый субстрат характерен для тростниковых фитоценозов ($\text{pH}=5,5\text{--}6,5$; балл 7,4). Как видно, снижение уровня болотных вод обеспечивает аэрацию корнеобитаемого горизонта, что увеличивает интенсивность разложения растительных остатков и, соответственно, трофность местообитаний, а также обеспечивает снижение кислотности.

Проведенные исследования экологических особенностей болотных фитоценозов подтверждают их приуроченность к определенному комплексу условий. Все изученные параметры местообитаний (увлажнение, трофность, обогащенность азотом, pH) взаимосвязаны. Лимитирующим фактором является обводненность болотных биотопов.

Литература

Бузук Г. Н., Созинов О. В. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганова) // Ботаника. Вып. 37. Минск: Право и экономика, 2009. С. 356–362.

ЭКОБИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ МОРЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

М. А. Хрусталева

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
mrnhr@rambler.ru*

Экобиогеохимические мониторинговые исследования моренных ландшафтов имеют важное научное и практическое значение. Изучение их

особенностей проводилось в западном Подмоскowie. Лесные ландшафты занимают преимущественно автономные водораздельные позиции волнистых и холмистых моренных равнин, занятых елово-широколиственными, еловыми, мелколиственными лесами на дерново-средне-дерново-сильнопodzolistых почвах. Биопродуктивность надземной фитомассы в них составляла 2–4 ц/га, а на полянах – 19 ц/га в воздушно-сухом весе. Вес опада изменялся от 20 до 41,5 ц/га.

На таблице приводится ландшафтно-геохимическая характеристика лесной катены от водораздельных позиций до ее подножья. Максимум биопродуктивности выявлен у подножья, а минимум – в средней части катены, pH водный и солевой почв указывает на кислую реакцию среды.

Таблица

Характеристика лесной катены

№ п/п	Катены	Лесные			
	компонент, параметры позиция	растительность	урожай- ность, ц/га	почвы	pH вод- ный/солевой
1	Автономная (вер- шина холма)	елово- широколиственный лес, разнотравный	4,8–9,7	дерново- среднеpodzolistые, среднесу- глинистые	4,51/4,0
2	Транзитная (сред- няя часть склона)	ельник разнотрав- ный	1,5–6,7	дерново- среднеpodzolistые, среднесу- глинистые	4,9/4,4
3	Элювиально- аккумулятивная (подножье)	мелколиственный лес, разнотравный с широколиственным	7,2–11,8	дерново- среднеpodzolistые, среднесу- глинистые	5,2/4,8

Отмечается большая роль растительности в аккумуляции химических элементов. Она является важным биогеохимическим компонентом ландшафта. Между растениями и почвами существует тесная взаимосвязь, при которой осуществляется постоянный обмен веществ, происходящий благодаря биогеохимическому круговороту. Для лесных ландшафтов характерно превышение содержания зольных элементов, связанных в фотосинтезе, над величинами, ежегодно потребляемыми.

Биогеохимической особенностью лесных ландшафтов является продолжительное задержание элементов в живой фитомассе. Много элементов концентрирует надземная фитомасса в сравнении с подстилкой. Содержание химических элементов в растениях претерпевает существенные изменения и зависит от концентрации их в почвах.

Биогеохимический круговорот является основным звеном во взаимодействии между растениями и почвой. Поступление растительных остатков в почвы лесных катен в два раза превышает таковое в антропогенных. Реакция растений на плодородие почв и обеспеченность их элементами питания у различ-

ных растений неодинакова. Сезонная динамика потребления химических элементов фитоценозом из почвы и возврат их в почву служит биогеохимическим показателем биогенных процессов. Биогеохимический фактор играет важную роль в накоплении элементов и их сезонной динамике.

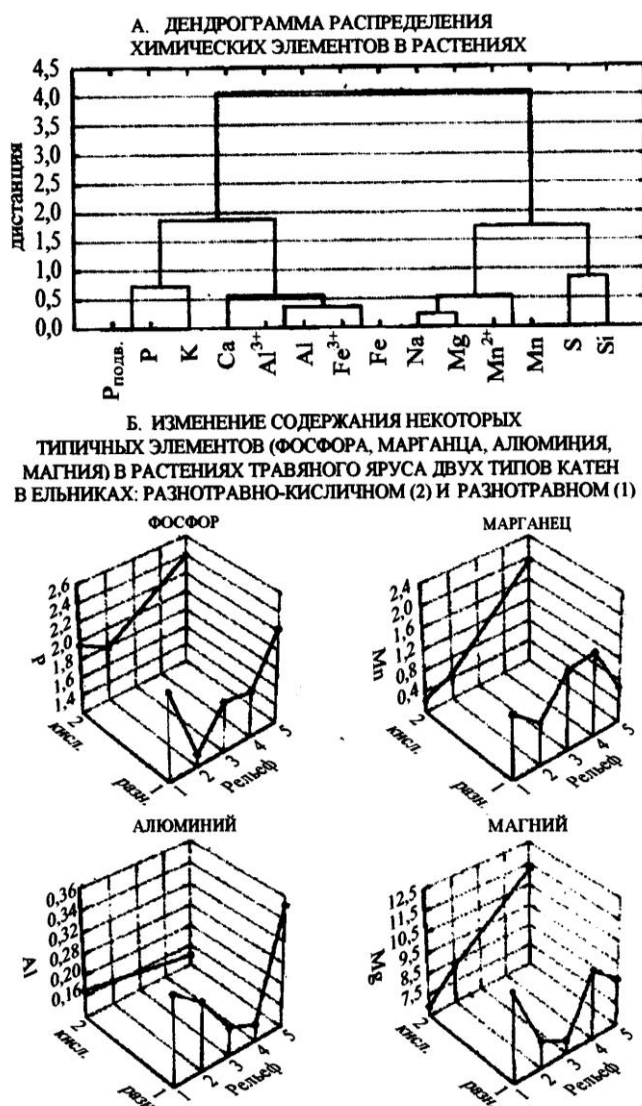


Рис. Изменение запасов элементов и их классификация в травяном ярусе лесных ландшафтов: А) классификация элементов по содержанию в золе растений; Б) изменение запасов элементов в травяном ярусе (кг/га) по сезонам

Химические элементы принимают активное участие во многих биологических процессах. Растения осуществляют миграцию и различные превращения химических соединений. Они обладают способностью накапливать элементы, находящиеся в небольших количествах в почве. Следует отметить значительное накопление калия кислицей обыкновенной. Содержание элементов в растениях обусловлено эдафическими условиями. Величины элементов в растительной продукции фитоценозов в значительной степени отражает химизм условий их местообитания. Экобиогеохимические исследования сопровождались химическим анализом состава растений и опада. Зольность укосов травостоя лесных ландшафтов достигала 14%, а зольность опада – 5,2–11,1%.

Полученные нами многочисленные аналитические данные были обработаны методом многомерного (кластерного и факторного) анализа. При помощи кластерного анализа, запасы элементов (кг/га) в травяном ярусе по сезонам в ландшафтах лесных катен были сгруппированы по наличию элементов в золе растений, сходных по их свойствам и накоплению (рис. А). Дендрограмма объединяет элементы (рис. А) низкого уровня концентрации в более крупные блоки (кластеры). Ниже показана вариабельность отдельных элементов в золе укосов (рис. Б). Велика роль химических элементов в жизни растений. Так, биогенному элементу – фосфору принадлежит важная роль в питании растений. При его участии осуществляется большинство процессов обмена веществ.

Концентрации фосфора имеют тенденцию к увеличению от верхних частей склона к нижним, исключая среднюю часть ельника разнотравного.

Содержание марганца увеличивается в нижней части катены, где произрастает ельник-кисличник, с одновременным уменьшением его величин в травостое ельника-разнотравного. Последнее обусловлено условиями среды обитания. Алюминия растения накапливают мало в связи со слабой его подвижностью. Коэффициент биологического поглощения (A_x) алюминия, рассчитанный по Б. Б. Польшину, слишком мал. Магний незаменим в питании растений, т. к. входит в состав хлорофилла. Он потребляется растением в течение всего вегетационного периода до фазы старения. Недостаток магния в питании растений приводит к снижению и ухудшению урожая. Итак, важно создание лесного биогеохимического мониторинга.

О ПРОБЛЕМЕ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ г. КИРОВА

Н. А. Бурков

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
Вятский государственный гуманитарный университет,
ipo@vgsha.info*

В последние годы общей проблемой практически всех городов России является резкое ухудшение состояния зеленых насаждений. В связи со сложной экологической обстановкой зеленые насаждения играют важную роль в жизни современных городов. Парки, сады, скверы, бульвары, аллеи и другие озелененные территории выполняют ряд важных функций в городской среде. Это и средообразующая, и оздоровительная, и защитная, и эстетическая, и рекреационная и т.п. Кроме того, зеленые насаждения формируют облик города, осуществляют и поддерживают связь человека и природы, значительно улучшают условия проживания людей. Зеленые насаждения принимают на себя десятки смертельно опасных для человека веществ, тонны которых ежедневно выбрасывают в атмосферу автомобили, предприятия энергетической отрасли и другие активные загрязнители окружающей среды. Деревья в городе теряют до 60% своей кроны, болеют в два раза чаще, чем их собратья, живущие в чистой тайге, и у них в два раза снижен процесс фотосинтеза! В наиболее угнетенном состоянии находятся растительный покров улиц с интенсивным автомобиль-

ным движением, бульваров города. Поэтому для сохранения зеленого наряда городов требуется постоянная работа по его развитию и восстановлению. По-видимому, это понимают архитекторы и градостроители, занимающиеся нормотворчеством в этой области.

Даже радикальное переустройство всей жизни за последние 20 лет, самым неблагоприятным образом сказавшееся на процессах природопользования и охраны окружающей среды, не затронуло нормативных положений, касающихся прав жителей городов на удовлетворение потребностей в зеленых насаждениях. Так, принятый еще в «советском» 1989 г. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» введен в действие приказом Минрегиона от 28.12.2010 № 820 в качестве ТУ и, в частности, устанавливает, что селитебная территория в городах расчленяется на районы площадью не более 250 га магистралями или полосами зеленых насаждений шириной не менее 100 м. Площадь озелененной территории микрорайона принимается не менее 6 м² на человека. Озеленению подлежат также санитарно-защитные зоны предприятий в зависимости от их ширины от 40 до 60% площади санитарно-защитной зоны (СЗЗ).

Основными документами, регулирующими соблюдение пропорций между застроенными территориями и территориями, покрытыми зелеными насаждениями, является генеральный план г. Кирова (2007 г) и правила землепользования и застройки.

В генеральном плане дан расчет обеспеченности города зелеными насаждениями. На момент утверждения генплана их общая площадь составляла 294,1 тыс.га., из них зеленые насаждения общего пользования 283,8 тыс.га (в том числе Заречный парк площадью 112 га). В соответствии со СНиП 2.07.01-89 площадь озелененных территорий общего пользования (парков, садов, скверов, бульваров) в крупных и больших городах принимается 16 кв. м. на человека 10 кв.м. общегородских территорий и 6 кв.м. жилых районов).

Обеспеченность зелеными насаждениями на 2007 г. и на перспективу согласно генеральному плану дана в таблице.

Таблица

Обеспеченность зелеными насаждениями в г.Кирове

№ п/п	Период	Площадь, га	Обеспеченность, кв .м./чел
1	Существующее состояние	283,8	6,1
2	Расчетный срок	953,8	20,3
3	В т.ч. 1 очередь	736,3	16,0

Проектом предусматривается строительство новых территорий зеленых насаждений на площади 668 га, в том числе на 1 очередь 452,5 га.

Из таблицы виден огромный дефицит площадей зеленых насаждений в городе. Зеленые насаждения распределены в городе крайне неравномерно. Наблюдается ограниченный видовой состав насаждений – преобладают такие виды, как липа мелколистная, клен ясенелистный (американский), тополь баль-

замический. Крайне бедно на городских озелененных территориях представлены хвойные породы. Деградация зеленого хозяйства города проявляется по многим направлениям. При рассмотрении вопроса на комиссии по охране окружающей среды общественной палаты Кировской области выявлено.

1. Практически ликвидирована системная работа по озеленению города, проводившаяся до 1990 г.: деградирует предприятие «Горзеленстрой», проводившее ранее работы по учету, планированию, реализации работ по озеленению города, ликвидирован совхоз «декоративные культуры». В итоге среднегодовой объем работ по посадке уменьшился не менее, чем на порядок (с 20000 тыс. до 2000 тыс. деревьев и кустарников).

2. Более 20 лет (после парка Победы) не ведется парковое строительство. Отведенный для создания городского парка земельный участок в юго – западном районе города, длительное время сохранявшийся для основной цели в ожидании финансирования, в настоящее время застраивается (рынок, автостоянка, торговый центр и т.д.). Подвергается застройке парк им. А. М. Горького, резко сокращена площадь парка Победы, за счет зеленых насаждений планируется строительство спортивного комплекса около Дворца пионеров, снесен яблоневый сад, окружавший кинотеатр «Алые паруса» и т.д.

3. Плана озеленения в г.Кирове не имеется. Имеется только раздел мероприятий в составе раздела экологических мероприятий города, финансирование которого осуществляется в объемах порядка нескольких миллионов рублей в год. Отсутствие программы зеленого строительства при ежегодной застройке площадей зеленых насаждений не позволяет рассчитывать на достижение показателей обеспеченности зелеными насаждениями согласно генеральному плану.

4. В ходе нового строительства не проверяется наличие работ по озеленению в проектах (в связи с отсутствием экологической экспертизы) и по факту выполненных работ. В ходе широко практикуемой т.н. «точечной» застройки зеленые насаждения подлежат сносу, что вызывает многочисленные справедливые жалобы населения. Также одной из главных проблем в городе Кирове остается незаконный снос и порча зеленых насаждений. За 2011 год выявлено более 30 случаев незаконного сноса. За данные нарушения было взыскано около 1 млн. руб.

За последние годы в результате застройки полностью и безвозвратно снесены целый ряд скверов (стрелка улиц Октябрьский проспект и К. Маркса – под бензозаправку; сквер у завода им. Лепсе – под поворотное кольцо троллейбуса; сквер у завода им. Лепсе – под часовню; участок зеленых насаждений перекресток ул. Щорса и ул. Производственной – под строительство и т.д.).

5. В ходе раскопок для производства строительных работ инспекторы территориальных отделов города не всегда требуют рекультивации газонов и восстановления зеленых насаждений. Имеет место незаконный и, как правило, безнаказанный снос зеленых насаждений при установке рекламы. Нормы по обеспечению сохранности зеленых насаждений в зоне возможного влияния работ в договорах не предусматриваются.

6. Полностью прекращен уход за посаженными деревьями (полив, обмывка, подкормка и т.п.), поэтому имеет место их массовое засыхание и болезни.

7. Защищенный источник финансирования работ по озеленению отсутствует. Плата за снос зеленых насаждений поступает в бюджет г. Кирова. Соотношение между поступлениями за снос зеленых насаждений, выделением средств на их содержание, в том числе посадку имеет вид (млн. руб.):

2009 г.	12,2 – 5,5/4,5

2010 г.	21,7 – 8,0/3,0

В 2011 и 2012 гг. на содержание зеленых насаждений осваивалось также около 20 млн. руб.

8. Отсутствует комплексное управление вопросами озеленения города. Ни одно должностное лицо не располагает всей полнотой информации и нет единого лица из числа муниципальных служащих, отвечающих за вопрос.

9. В зеленой зоне г.Кирова имеют место самовольные рубки:

2009 г.	1667 м ³ (75 случаев)

2010 г.	1174 м ³ (40 случаев)

2011 г.	(10 мес.) 570 м ³ (17 случаев).

Усиливается антропогенная нагрузка за счет строительства линейных сооружений и захламления лесов отходами производства и потребления, накапливаются проблемы, связанные с пожарным, санитарным, фитопатологическим состоянием лесов. Финансирование работ на содержание зеленой зоны не выделяется, работы ведутся за счет средств от продажи продукции рубок ухода и санитарных.

В зеленой зоне города имеет место предоставление лесов участков недр под лесами для разработки общераспространенных полезных ископаемых. Так, еще в 2004 г. ООО «Чирковский карьер» бывшим комитетом природных ресурсов была выдана лицензия на добычу карбонатных пород и песков, реализация которой неизбежно повлекла бы снос более 100 га охранных лесов. И это в условиях, когда в области уже имеется ряд учитываемых балансом месторождений карбонатных пород с суммарными запасами (кат. А+В+С1) около 150 млн.т., а балансовые запасы строительных песков составляют более 70 млн. м³. Только вмешательство Общественной палаты Кировской области по обращению граждан позволило предотвратить вырубку леса, хотя лицензия на недропользование до сих пор не аннулирована.

В районе д. Гнусино в декабре 2010 г. ООО «Альтернатива – плюс» незаконно вырубил 1,2 га зеленых насаждений, не отраженных должным образом в документах государственного земельного кадастра, и организовало там свалку в пойме р. Чернушка. Аналогичная участь может ожидать еще 9 участков общей площадью около 5 га. Обращение органа местного самоуправления (ТОС «Гнусино») в адрес администрации г. Кирова и органы прокуратуры не получило адекватной оценки.

10. Принятие решений на снос зеленых насаждений как в городе, так и в его зеленой зоне осуществляется, как правило, без участия общественности. Так, в 2011 г. департаментом лесного хозяйства области прорабатывался вопрос

о выделении ряда участков лесного фонда из лесов зеленой зоны (общей площадью около 4,3 тыс. га) под строительство без участия общественности.

Указанные факты свидетельствуют о крайней запущенности вопроса и объясняют нежелание администрации города обсуждать его с общественностью.

При всей важности развития на городских землях альтернативных и полезных видов деятельности (спорт, культура, торговля и т.п.) надо отдавать отчет в том, что земли разного функционального назначения обслуживают различные потребности людей. Зеленые насаждения предназначены для удовлетворения первоочередной естественной потребности в здоровой и комфортной окружающей среде, которую нельзя заменить потребностью в двигательной активности или восприятии культурных ценностей. Но земли, отданные под застройку, уйдут навсегда, резко уменьшая потенциал оздоровления среды жизни человека.

Учитывая количество проживающих в городе жителей (около 500 тыс. чел.) и роль зеленых насаждений в формировании качества окружающей среды проблему их сохранения и развития зеленого хозяйства г. Кирова можно считать одной из основных экологических проблем Кировской области. В ходе обсуждения вопроса на общественных слушаниях, организованных общественной палатой Кировской области, были выработаны следующие предложения:

1. Рекомендовать Администрации г. Кирова, Кировской городской Думе:

1.1 Восстановить систему управления зеленым хозяйством г. Кирова с учетом современного законодательства:

- назначить ответственных лиц за создание и функционирования системы в целом и ее подсистем;

- провести инвентаризацию зеленых насаждений и паспортизацию всех природных объектов на территории города;

- подготовить и утвердить перспективный план зеленого строительства по обеспечению показателей зеленых насаждений общего пользования согласно генеральному плану и обеспечить его выполнение, включая полноценное финансирование;

- усилить контроль за сохранностью зеленых насаждений и обеспечить их нормальную эксплуатацию, выступить с инициативой по ужесточению ответственности за несанкционированную вырубку и повреждение зеленых насаждений;

- ввести в практику превентивность работ по посадке зеленых насаждений взамен сносимых с учетом их приживаемости;

1.2 Запретить перевод земельных участков из рекреационных зон в иные зоны, а также из ценных рекреационных зон (Р1, Р3) в менее ценные (Р2, Р4);

1.3 Обеспечить формирование земельных участков под объектами зеленых насаждений, поставить их на кадастровый учет и зарегистрировать право муниципальной собственности;

1.4 Обеспечить муниципальный лесной контроль за использованием и охраной городских лесов. Обеспечить необходимое финансирование для мероприятий по охране, защите и воспроизводству городских лесов в соответствии с

утвержденным лесохозяйственным регламентом (Постановление администрации города Кирова от 01.06.2009 № 1954-П).

1.5 Произвести резервирование земельных участков для создания садов, скверов, бульваров, парков, городских лесов, а также озеленение санитарно-защитных зон производственного, социального назначения, жилого и дорожного фонда для обеспечения непрерывной сети зеленых насаждений города;

1.6 На основании инвентаризации, паспортизации природных объектов и резервирования земельных участков принять нормативный правовой акт, в котором установить полный перечень территорий – садов, скверов, бульваров, парков (зеленых насаждений общего пользования), не подлежащих приватизации, застройке, ограничению доступа на них граждан;

1.7 Обеспечить ежегодное финансирование мероприятий по озеленению и содержанию зеленого фонда города;

1.8 Прекратить практику «точечной» уплотнительной застройки.

1.9 Создать структуру по охране окружающей среды и природных ресурсов г. Кирова.

2. Обратить внимание администрации г. Кирова, управления архитектуры и градостроительства на невыполнение проекта генерального плана г. Кирова в части обеспечения зелеными насаждениями общего пользования, отсутствие мероприятий, направленных на его выполнение. Считать, что глава г.Кирова Быков и главный архитектор И.В.Рубцова несут личную ответственность за не-принятие должных мер по озеленению города и фактическую ликвидацию паркового хозяйства.

3. Рекомендовать Правительству Кировской области:

3.1 Усилить государственный контроль за соблюдением правил пользования лесами зеленой зоны, в том числе их несанкционированным загрязнением отходами производства и потребления. Обеспечить финансирование работ на содержание зеленой зоны г. Кирова.

3.2 Рассмотреть вопрос о правомерности работ (в том числе выдачи лицензии) по освоению Чирковского месторождения карбонатных пород, принять возможные меры по предотвращению вырубки лесов.

3.3 При решении вопросов освоения лесов зеленой зоны г.Кирова для хозяйственных нужд при отсутствии иных вариантов обеспечить компенсацию таких лесов равноценными по объему насаждениями, в том числе путем их посадки.

4. Юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям:

4.1 Обеспечить соблюдение требований СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» при размещении, строительстве и эксплуатации вновь строящихся, реконструируемых объектов и производств, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, а именно: соблюдение ориентировочных размеров СЗЗ для вновь строящихся объектов и производств, соблюдение установленных границ СЗЗ действующих объектов и производств, разработку проектов расчетных СЗЗ, подтверждение расчетных данных натурными исследованиями и измерениями.

4.2 Обеспечить организацию и проведение лабораторного контроля за загрязнением атмосферного воздуха и проведение инструментальных измерений уровней физического воздействия на атмосферный воздух на границе утвержденных санитарно-защитных зон объектов и производств.

Что касается хозяйственного освоения лесов зеленой зоны, то очевидно, что полностью избежать их частичной рубки не удастся. Важными принципами при изменении категории защитности лесов считаем:

- недопустимость принятия решений по сносу леса без рассмотрения альтернативных вариантов решения хозяйственных задач, которые предусматривают вмешательство в леса зеленой зоны. В первую очередь это касается разработки общераспространенных полезных ископаемых;

- приоритет природоохранных, защитных, оздоровительных функций пригородных лесов по отношению к функциям их хозяйственного использования;

- реализация превентивных мер по лесовосстановлению, выраженных в соответствующей программе, синхронизированной по времени с инвестиционным замыслом по освоению лесов.

Считаем, что общественная экологическая экспертиза соответствующих проектов была бы полезной мерой, укрепляющей доверие к деятельности Правительства области в этом вопросе.

ИЗУЧЕНИЕ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СХОДСТВА НА УЧАСТКАХ МОНИТОРИНГА ЕЛОВОГО ЛЕСА В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В пос. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Домнина^{1,2}, Т. С. Едигарева¹

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com

Охрана окружающей природной среды – одна из наиболее актуальных проблем современности. Научно-технический прогресс и усиление антропогенного влияния на природную среду неизбежно приводят к обострению экологической ситуации. Своевременная оценка устойчивости лесных экосистем имеет огромное значение.

На территории Оричевского района Кировской области расположен объект уничтожения химического оружия (ОУХО). Уничтожение химического оружия на объекте проводится с 2006 года. В 2004 г. заложено 145 площадок для описания и последующего мониторинга растительности в районе ОУХО, пять из них (13, 17, 36, 55, 59) – это участки елового леса.

Цель данной работы – сравнение видового состава растений на участках мониторинга в районе ОУХО в пос. Мирный Оричевского района Кировской области.

Геоботаническое описание растительности на участках мониторинга еловых лесов проводили с использованием стандартных методик (Ипатов, 1998; Шенников, 1968) в период наиболее активного роста и развития растений (середина июля).

Нами проанализированы результаты геоботанических описаний на площадках мониторинга за весь период наблюдений и рассчитан коэффициент флористического сходства Жаккара (Нешатаев, 1987). Коэффициент вычисляли, сравнивая видовой состав на участке, полученный в первый год описания растительности относительно последующих лет изучения. Причем $K = 100\%$ означало полное сходство сообществ (абсолютное совпадение списков), а $K=0$ – что они не имеют ни одного общего вида.

Мониторинг растительности на участке № 13 проводился с 2004 г. Значение коэффициента Жаккара в 2004 г. составляло 81%, а к 2014 г. этот показатель стал равен 52% (рис. 1). Анализ рисунка 1 показывает, что в 2010-2012 гг. произошло снижение значения коэффициента флористического сходства. Изменения в видовом составе возникли по причине вырубki деревьев около участка и переноса его вглубь леса.

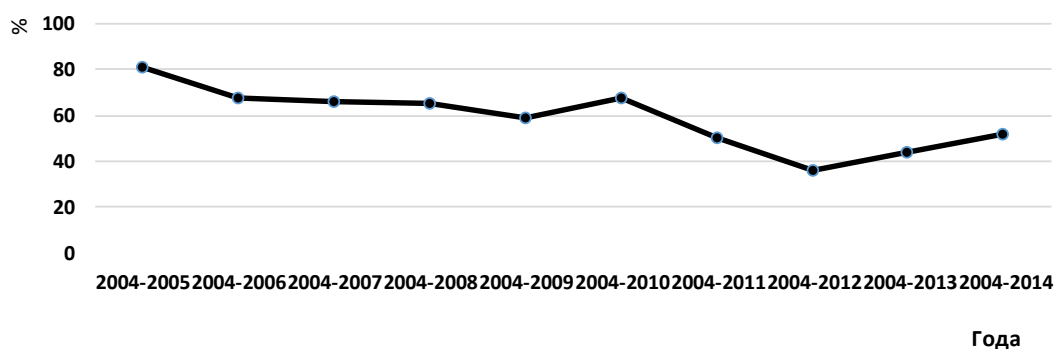


Рис. 1. Значение коэффициента Жаккара на участке мониторинга № 13

В первый год наблюдения на участке мониторинга № 17 значение коэффициента Жаккара было равным 100%, что свидетельствует о значительном флористическом сходстве. За время проведения мониторинга произошло незначительное уменьшение видового сходства до 77% (рис. 2).

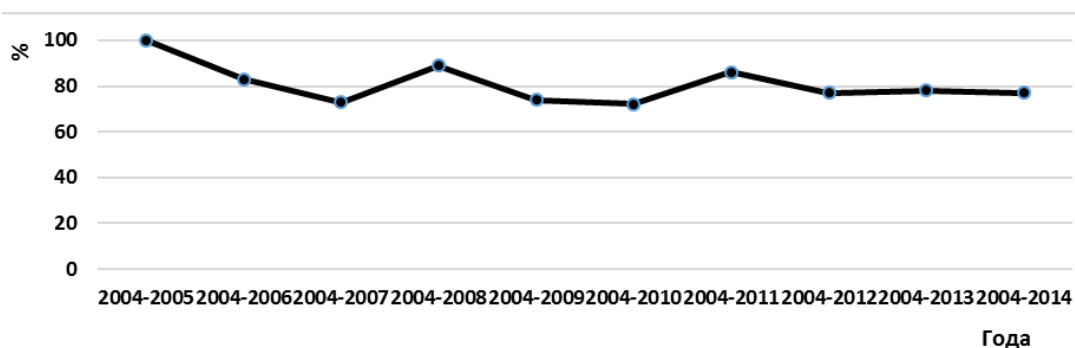


Рис. 2. Значение коэффициента Жаккара на участке мониторинга № 17

Мониторинг растительности на участке № 36 проводился с 2005 г. За первый год наблюдений флористическое сходство было в пределах 66%

(рис. 3). К 2014 г. коэффициент Жаккара стал равным 54%. Таким образом, в течение девяти лет наблюдений видовой состав на участке мониторинга практически не изменился.

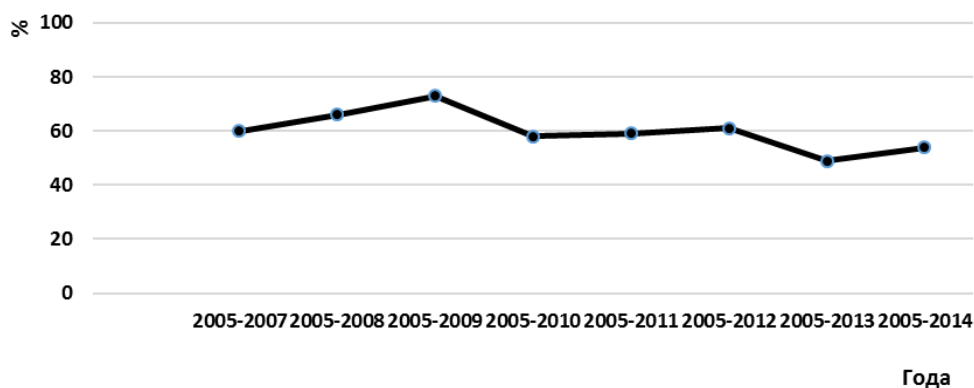


Рис. 3. Значение коэффициента Жаккара на участке мониторинга № 36

На участке № 55, также как на участке 36 за период наблюдений видовое сходство изменилось незначительно – с 71% в 2005 г. (рис. 4) до 63% в 2014.

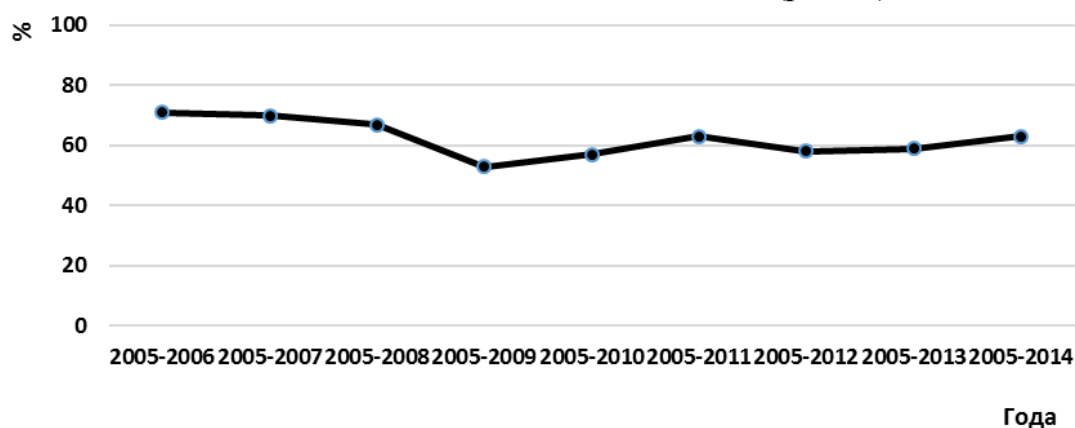


Рис. 4. Значение коэффициента Жаккара на участке мониторинга № 55

В 2005 г. значение коэффициента Жаккара на участке 59 составило 97%, в 2014 г. – 76% (рис. 5). Анализ результатов свидетельствует, что за период мониторинга происходит незначительное изменение флористического сходства.

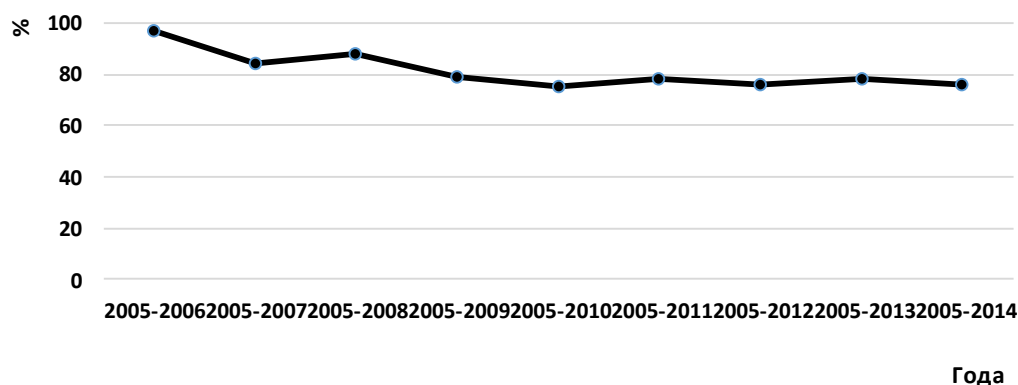


Рис. 5. Значение коэффициента Жаккара на участке мониторинга № 59

Таким образом, коэффициент флористического сходства свидетельствует о достаточной стабильности видового состава растительности на участках мо-

ниторинга. Незначительное изменение коэффициента Жаккара отражает естественную сукцессию на наблюдаемой территории.

Литература

Ипатов В. С. Описание фитоценоза: методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 93 с.

Нешатаев Ю. Н. Методы анализа геоботанических материалов: учебн. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. 192 с.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СИНАНТРОПИЗАЦИИ ФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА

Е. В. Князева¹, Е. М. Тарасова²

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,
ev_knyazeva@mail.ru,*

² *Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru*

В комплексе мер по охране растительного мира от негативного влияния антропогенных воздействий одно из важных мест занимает создание сети особо охраняемых природных территорий, в частности заповедников. В них организуется научная деятельность, имеются научно-производственные базы и кордоны, сеть дорог и троп. Невозможно полностью оградить заповедные территории от антропогенного вмешательства, от внедрения синантропных растений. Можно лишь отслеживать особенности протекания этого процесса в условиях заповедного режима.

Для выявления закономерностей процесса синантропизации в условиях охраны был выбран участок «Нургуш» заповедника «Нургуш». Он расположен в центральной части Кировской области на юго-востоке Котельничского района. Площадь участка 5634 га, что составляет 0,02% территории Кировской области.

Исследования проводились в течение 2012–2014 гг. В данной работе изложены результаты 2014 г. В качестве объекта исследования выбрана грунтовая дорога длиной 3,5 км, ведущая от границы заповедника к кордону. На дороге в разных экотопах (прибрежных, лесных и пойменно-луговых) заложены 14 учетных площадок размером 0,5 x 50 м. Внутри площадок выделены правая и левая обочины дороги и межколейное пространство.

Активность видов на площадках вычислялась как сумма баллов, при этом за один балл принималось наличие вида на площадке.

На территории заповедника отмечено произрастание 484 видов сосудистых растений (Тарасова, 2005). Нами было зафиксировано 108 видов сосудистых растений. Наибольшее количество видов отмечено на участках дороги, проходящих через пойменные луговины (59 видов), меньшее количество видов – через лесные (27 видов) и прибрежные (22 вида) экотопы (рис. 1).

Анализ фитоценотических групп показал преобладание луговых растений: 39 видов. Рудеральных видов – 29, лесных – 24, прибрежно-водных – 16. (рис. 2).

Для обочин дороги и межколеяного пространства была определена активность видов разных фитоценотических групп. На правой обочине (от кордона) (рис. 3) активность видов всех фитоценотических групп выше, чем на левой обочине (рис. 4), что связано с лучшей освещенностью правой стороны дороги, имеющей южную экспозицию. Активность рудеральных видов выше на 22%, лесных 22%, луговых 16%. Противоположная картина наблюдается в группе прибрежно-водных растений, поскольку левая обочина дороги располагается вдоль береговой линии пойменных озер.

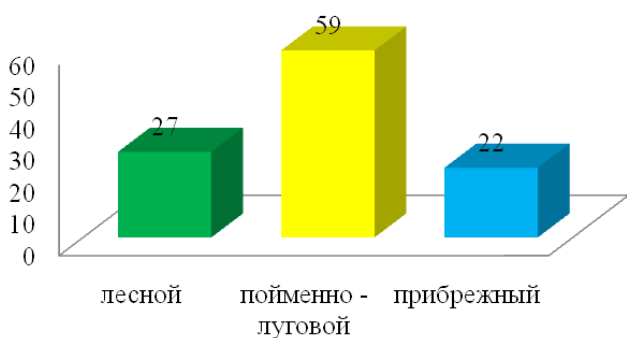


Рис. 1. Количество видов на участках дороги, проходящей через разные экотопы

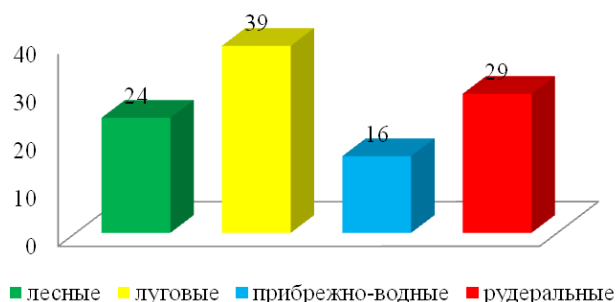


Рис. 2. Количество видов разных фитоценотических групп

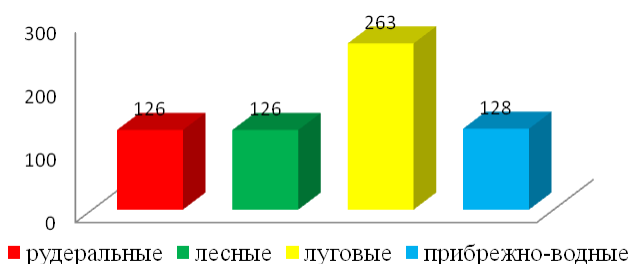


Рис. 3. Активность видов разных экологических групп на правой обочине

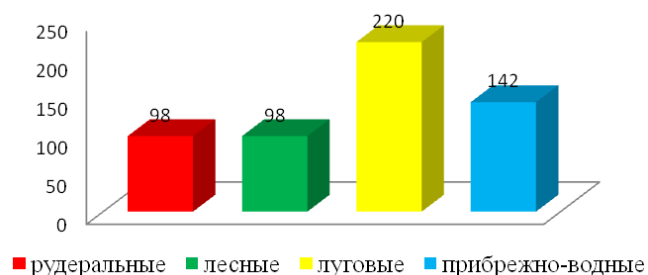


Рис. 4. Активность видов разных экологических групп на левой обочине

В межколеяном пространстве активность видов всех экологических групп, кроме рудеральных, меньше, чем на обочинах, что свидетельствует о более высокой антропогенной нагрузке на эту часть дороги (рис. 5). Наименьшая активность отмечена у лесных видов (22 балла), в то время как у прибрежно-водных видов 88 (связано с постоянной переувлажненностью колеи), а у луговых видов 141.

Удаленность рудеральных видов от наиболее антропогенно нарушенных мест (шлагбаум, кордон) можно оценить на примере суммы проективных покрытий наиболее антропотолерантных видов: бодяка щетинистого – *Cirsium*

setosum (Willd.) Bess., одуванчика лекарственного – *Taraxacum officinale* Wigg. подорожника большого – *Plantago major* L.(рис. 6).

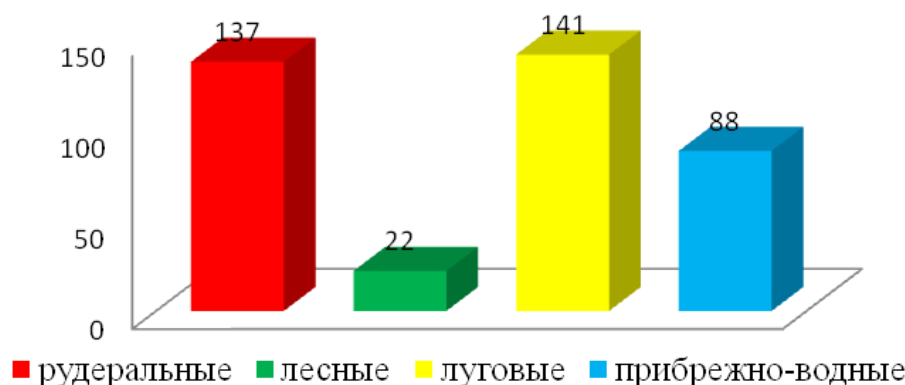


Рис. 5. Активность видов разных экологических групп на межколейном пространстве



Рис. 6. Сумма проективных покрытий рудеральных видов

Сумма проективных покрытий этих видов наиболее высока вблизи здания кордона и шлагбаума.

Выявленные закономерности отражают особенности протекания процесса синантропизации флоры сосудистых растений в условиях заповедного режима (Горчаковский, Телегова, 2005).

Литература

Горчаковский П. Л., Телегова О. В. Сравнительная оценка уровня синантропизации растительного покрова особо охраняемых природных территорий // Экология. 2005. № 6. С. 403–408.

Губанов И. А. Определитель сосудистых растений центра Европейской России. М.: Аргус, 1995. 560 с.

Тарасова Е. М. Сосудистые растения Государственного природного заповедника «Нургуш». Киров: ООО «Орма», 2005. 163 с.

Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Сосудистые растения. Киров. ОАО «Кировская областная типография», 2007. 292 с.

СЕКЦИЯ 4 АДАПТАЦИИ ЖИВОТНЫХ И ИХ СООБЩЕСТВ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ИЗ РАЙОНОВ С ПОВЫШЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТЬЮ

О. В. Ермакова

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ermakova@ib.komisc.ru*

В отделе радиоэкологии Института биологии Коми НЦ УрО РАН одно из основных направлений исследований связано с изучением биологических эффектов у животных, обитающих на территориях с повышенным фоном ионизирующего излучения. Известно, что первопричиной изменений в популяциях и сообществах являются эффекты у отдельных организмов, которые, в свою очередь, обусловлены процессами, протекающими в клетках и субклеточных структурах. Поэтому очевидно, что исследования, направленные на выяснение клеточных механизмов биологического действия радиации помогают нам понять те процессы, которые происходят на уровне организма и популяций. Большие проблемы, с точки зрения воздействия малых доз радиации, возникли с территориями, пострадавшими от многолетних ядерных взрывов на Семипалатинском и других полигонах, аварий на ЧАЭС, Южном Урале и др. Для Республики Коми этот вопрос также имеет большое значение, т.к. на нашей территории есть участки с повышенным радиационным фоном естественного и техногенного происхождения.

На современном этапе, в период ухудшения состояния окружающей среды и возрастания уровня заболеваемости населения ставятся задачи, направленные на дальнейшее исследование особенностей патологической изменчивости и формирования адаптивных состояний организма при действии физических, химических и экологических факторов.

Нами в ходе изучения морфологического состояния периферических органов эндокринной системы мышевидных грызунов из природных популяций, обитающих на территориях с повышенным естественным радиоактивным фоном, и в условиях модельных экспериментов, установлено, что хроническое облучение в малых дозах приводит к закономерному развитию морфологических нарушений на разных уровнях (молекулярно-генетическом, клеточно-тканевом, организменном и популяционном) их структурной организации. Выраженность изменений не имеет линейной зависимости от дозы и мощности дозы излучения, что обусловлено комплексным воздействием факторов как радиационной,

так и нерадиационной (пол, возраст, физиологические особенности организма, фаза динамики численности популяции) природы.

В природных биогеоценозах, по сравнению с модельными экспериментами, в условиях преобладающего вклада внутреннего α - и β -излучения в эквивалентную дозу, повышенного содержания в окружающей среде сопутствующих тяжелым естественным радионуклидам токсичных элементов, экстремальных климатических условий (низкие среднегодовые температуры, повышенная влажность, короткий летний период и др.) наблюдаются, как правило, более выраженные изменения, выражающиеся в достоверно высокой частоте хромосомных и геномных мутаций в клетках, деструктивных процессах в органах эндокринной системы, нарушении репродуктивных функций, снижении жизнеспособности потомства.

На фоне экологических и сопутствующих химических факторов действие хронического облучения проявляется наиболее резко. Так, для полевых радиоактивных территорий отмечена стойкая тенденция к проявлению признаков гиперактивности адреналовой железы (увеличение относительной массы надпочечника, расширение коркового слоя, гипертрофия и гиперплазия клеток пучковой зоны, увеличение содержания уровня гормонов глюкокортикоидного типа), одновременно железа имеет признаки значительной аalterации: локальные дистрофические и деструктивные изменения. Статистически значимые различия с контролем по морфологическим показателям и наиболее выраженные признаки аalterации в надпочечнике отмечаются в период высокой численности животных, когда действие радиационного фактора накладывается на фактор переуплотнения популяции. Характерные изменения надпочечника полевых с радиоактивных территорий в этот период – дископлексация клеток коркового вещества, а также образование аденоматозной гиперплазии коры. Морфофункциональные преобразования фолликулярного эпителия щитовидной железы проявляются компенсаторной гипертрофией тироцитов, а также активизацией процессов фолликулогенеза. Эти факты подчеркивают известную неполноценность и напряженность компенсаторных процессов, которые с одной стороны направлены на поддержание гомеостаза, с другой стороны могут усиливать развитие патологических сдвигов. Наблюдающиеся приспособительные реакции позволяют животным выживать в неблагоприятных условиях радиоактивного загрязнения среды обитания. Таким образом, хроническое облучение в диапазоне низких доз (1,2–24 сЗв/год) в природной среде может усиливать реакцию организма на действие нерадиационных факторов, и способствует проявлению скрытых дефектов, которые не прослеживаются в условиях нормального радиационного фона. Другими словами в условиях радиоактивного загрязнения среды обитания ионизирующее излучение модифицирует влияние экзогенных (высокая плотность популяции, химические вещества) и эндогенных (беременность, половое созревание) факторов нерадиационной природы на периферические эндокринные железы мышевидных грызунов. Кроме этого хроническое воздействие низкоинтенсивного γ -излучения вызывает повреждение генетического аппарата фолликулярных тироцитов, проявляющееся в усилении процессов формирования клеток с микроядрами.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 13-04-01750.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ УСЛОВИЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ

А. А. Юрлов, Н. А. Сунцова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
lesha.yurlov@mail.ru, suntsova_nadi@mail.ru*

В условиях усиливающегося антропогенного воздействия на природу важной задачей биологии становится сохранение структуры и видового разнообразия биоценозов. Оценить синергическое влияние агентов в природе, опираясь на методы физико-химического анализа и последующей математической обработки, практически невозможно. В связи с этим для выявления генетически активных факторов в окружающей среде разрабатываются методы цитогенетического мониторинга, которые позволяют оценить и спрогнозировать состояние цитогенетической системы при спонтанном и индуцированном мутагенезе (Гераськин и др., 2010).

Целью данной работы является обзор научных исследований генетических изменений мелких мышевидных грызунов в зависимости от условий среды.

Ионизирующая радиация (ИР) влияет на уровень полиморфизма ДНК в разных тканях потомства облученных мышей (Ломаева, 2007) и вызывает повышение частоты клеток с хромосомными aberrациями и с микроядрами в клетках костного мозга серых полевок (Павлова, 1999). Кроме того, по данным Л.А. Башлыковой (2000) повышенный уровень естественной радиации так же повышает частоту хромосомных aberrаций в соматических клетках полевок экономок в 3–4 раза.

М. В. Модоровым (2014) показано, что в последние десятилетия в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа дозовые нагрузки были ниже значений, приводящих к удвоению числа мутаций в аллозимных локусах млекопитающих. Проанализирована изменчивость восьми аллозимных локусов в популяциях красных полевок из зоны ВУРСа, сопредельных с ним участков, а также с территорий Урала и Зауралья с фоновым уровнем радиоактивного загрязнения. Отличий по набору и частоте аллозимов, которые выделяли бы выборки ВУРСа из ряда других популяций Урала, не обнаружено. В контрольной выборке «Сысерть» отмечены «уникальные» для уральских популяций красных полевок аллели локусов *Got* и *Sod*, конспецифичные близкородственному виду рыжей полевке, что можно рассматривать как свидетельство недавней межвидовой гибридизации.

У малых лесных (*Apodemus uralensis* Pall.) и полевых (*Apodemus agrarius* Pall.) мышей, населяющих зону влияния Восточно-Уральского радиоактивного следа (Кыштымская радиационная авария 1957 г.), проведено сопряженное изучение хромосомной нестабильности в клетках костного мозга и удельной ак-

тивности ^{90}Sr в костной ткани. Уровень и характер мутационных эффектов у животных обоих видов из головной части радиоактивного следа (плотность загрязнения почвы ^{90}Sr 2322–16690 кБк/м²) свидетельствует об интенсивном мутационном процессе. Установлена значимая положительная корреляция частоты клеток с хромосомными aberrациями и удельной активностью ^{90}Sr в костной ткани мышей (Ялковская и др., 2010).

Е. Б. Григоркиной и др., (2013) проведено изучение адаптивного ответа (АО) по микроядерному тесту в клетках костного мозга грызунов вагильных видов (малая лесная мышь, полевая мышь) из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРСа) и фоновых участков. Выявлена сходная динамика формирования АО у животных, что связано с миграциями грызунов на узкой протяженной территории ВУРСа, которые существенно снижают возможность закрепления адаптивных приспособлений в чреде поколений у животных с высокой миграционной активностью. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в зоне ВУРСа состав населения мышевидных грызунов изменяется. При этом происходит изменение генофонда за счет генных потоков, приносимых в зону загрязнения особями с чистых территорий; вынос биологических эффектов на сопредельные территории, где возможно ожидать увеличения генетического разнообразия, индуцированного мутациями *de novo*.

Естественные радиоактивные элементы, в том числе радон и торон (радона 220) вызывают хромосомную изменчивость в популяциях диких и синантропных грызунов. Обнаружен параллелизм между частотой хромосомных aberrаций у синантропных грызунов и онкозаболеваемостью населения, совместно обитающих на территории с повышенным содержанием радиоактивных газов. Показано, что наиболее существенный вклад в увеличение хромосомной нестабильности у домовых мышей на Урале и Зауралье вносят естественные и техногенные радионуклиды (Полявина, 2003).

Установлено, что у красных полевок, отловленных в районе села Чаган-Узун Республики Алтай, расположенного в зоне геохимической провинции с высоким природным содержанием в окружающей среде кадмия, повышен уровень клеток костного мозга с нарушениями в числе и структуре хромосом (Ильинских, 2011).

Э. А. Гилевой (1998) показано существование межвидовых различий по фоновым частотам структурных и числовых хромосомных нарушений у диких и синантропных грызунов, а также отсутствие возрастной зависимости этих показателей у восточноевропейской полевки. Обнаружено увеличение частоты хромосомных нарушений у грызунов из геохимической зоны с повышенным содержанием естественных радиоактивных элементов, в том числе газообразных радона и торона. В популяциях млекопитающих, в течение многих поколений подвергавшихся облучению, наблюдается адаптация генов к кластогенному действию радиации. Эти данные подтверждают эффективность синантропных грызунов как модельных объектов при эколого-генетическом мониторинге. Для диких грызунов показана независимость частоты хромосомных нарушений от возраста в возрастных пределах, реально наблюдающихся в природных попу-

ляциях. В природных условиях был обнаружен гибрид между хромосомными видами-двойниками *M. arvalis* и *M. rossiaemeridionalis*.

Комплексное воздействие на окружающую среду химических и физических факторов показано в работах Э. А. Гилевой (1998) и В. И. Крюкова (2000). Химическое и радиационное загрязнение окружающей среды Тульской области и Таджикистана в некоторых из обследованных районов достигает уровней, вызывающих статистически достоверное увеличение частоты генетических нарушений в соматических и генеративных клетках растений и животных. Частоты aberrаций хромосом в клетках мышей достигает 5,7% (Крюкова, 2000). Сочетанное действие тяжёлых металлов с низкочастотным импульсным электромагнитным полем приводит к синергидному усилению их мутагенности. Сочетанное действие (в течение 5 и более недель) магнитного поля плавильных печей и образующихся при плавке алюминия газообразных веществ в цехе электролиза вызывает статистически достоверное увеличение частоты aberrаций хромосом в клетках костного мозга лабораторных крыс с 2,2% (в контроле) до 12,0% (в опытной группе). Мутагенность тяжёлых металлов для растений и животных возрастает при их одновременном воздействии с низкими дозами ионизирующей радиации, обусловленной загрязнением тульских чернозёмов «чернобыльскими» радионуклидами (Гилева, 1998).

В работах Л. В. Якименко и И. В. Картавцева, (2013) показана высокая степень мутагенной опасности техногенных загрязнений: в непосредственной близости от заводов уровень хромосомных аномалий и аномалий головок спермиев синантропных грызунов возрастает в 3–10 раз. Показано, что эколого-генетический мониторинг с использованием биоиндикаторных видов грызунов фауны Приморья позволяет решать прикладные задачи по размещению и планированию застройки, зон отдыха и сельхозобъектов.

По сведениям О. В. Полявиной (2003), биологические факторы (вирусные инфекции) так же вызывают повышение частоты хромосомных нарушений у диких грызунов из лабораторных колоний. По данным Э.А. Гилевой (1998) у грызунов из природных популяций наблюдается повышенная резистентность к мутагенному действию вирусов по сравнению с животными того же вида из лабораторной колонии. Полученные данные хорошо согласуются с гипотезой о существенной роли вирусных инфекций в эволюции кариотипов млекопитающих.

В связи с вышесказанным для установления экологической нагрузки на окружающую среду целесообразно провести генетический мониторинг биологических объектов в Кировской области в экологически неблагоприятных районах (Кирово-Чепецк, Марадыково, окрестности Кировского биохимического завода).

Литература

Башлыкова Л. А. Эколого-генетические процессы в популяциях мышевидных грызунов, обитающих в условиях радиоактивных загрязнений: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2000. 20 с.

Гераськин С. А. и др. Биологический контроль окружающей среды: генетический мониторинг. М.: Академия, 2010. 208 с.

Гилева Э. А. Геномная и морфологическая изменчивость у млекопитающих на загрязнённых территориях: эволюционно-экологические аспекты // Информационный бюллетень РФФИ. 1998. № 6.

Григоркина Е. Б., Оленев Г. В., Пашнина И. А. Эффекты малых доз: адаптивный ответ у грызунов вагинальных видов из зоны локального радиоактивного загрязнения // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 11. 2. С. 81–85.

Ильинских Н. Н., Козлова С. А., Ильинских И. Н., Ильинских Е. Н., Юркин А. Ю. Цитология и генетика. Цитогенетические изменения в костном мозге красной полёвки (*Clethrionomys rutilus Pallas*), обитающей на территории с повышенным содержанием кадмия в окружающей среде (Республика Алтай // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2011. № 2 (14). С. 110.

Крюков В. И. Генетический мониторинг антропогенного загрязнения окружающей среды: Дис. ... докт. биол. наук. Тула, 2000. 609 с.

Ломаева М. Г. Влияние ионизирующей радиации на уровень полиморфизма ДНК в разных тканях у потомства облученных: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2007. 25 с.

Модоров М. В. Дозовые нагрузки и аллозимная изменчивость в популяции красной полёвки (*Clethrionomys rutilus*) из зоны Восточно-Уральского радиоактивного следа // Генетика, 2014. Т. 50. № 2. С. 181.

Павлова Е. В. Морфофизиологические и цитологические особенности природных популяций животных, подверженных хроническому воздействию радиации: Дис. ... канд. биол. наук. Челябинск, 1999. 154 с.

Полявина О. В. Биоиндикация природных и техногенных мутагенов в средена примере грызунов Уральского региона: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2003. 24 с.

Якименко Л. В., Картавцева И. В. Генетическая опасность техногенных загрязнений (на примере зоны экологического кризиса Дальнегорского городского округа Приморского края): Территория новых возможностей // Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2013. № 4. С. 172–185.

Ялковская Л. Э., Григоркина Е. Б., Тарасов О. В. Цитогенетические последствия хронического радиационного воздействия на популяции грызунов в зоне влияния Восточно-Уральского радиационного следа // Радиационная биология. Радиоз экология. 2010. Т. 50. № 4. С. 466–471.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

О. И. Кулакова, А. Г. Татаринов

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
iduna@mail.ru*

В настоящее время в лепидоптерологии все большее развитие получает геоэкологическое направление изучения булавоусых чешуекрылых. Однако данных о многолетних изменениях структуры их населения в природных сообществах, в том числе в связи с сукцессиями, накоплено пока мало, поэтому вопросы синдинамики дневных бабочек очень актуальны.

Исследования проводились в окрестностях г. Ухты (Республика Коми) в период с 1997 по 2014 гг. Численность видов определялась в ходе маршрутных визуальных учетов имаго на двух линейных площадках (трансектах)

(Yamamoto, 1975; Pollard, 1977). Камеральная обработка материала включала определение относительного обилия видов и уровня видового разнообразия булавоусых чешуекрылых в изученных сообществах. Инвентаризационное разнообразие (альфа-разнообразие) оценивалось путем определения количества видов в сообществе (S) и расчета индекса доминирования Бергера-Паркера (d). Дифференцирующее, или бета-разнообразие характеризовалось с помощью меры Коуди (β_c) (Мэгарран, 1992).

Осью первой трансекты служила дорога, проложенная вглубь елово-березового массива, частично вырубленного в ходе лесозаготовок. Дорога в начале наблюдений уже не эксплуатировалась более 15 лет, поэтому была покрыта травянистой и кустарниковой растительностью. Из-за особенностей рельефа (ложбины, русло ручья, возвышенности) и антропогенных нарушений она последовательно пересекала девять участков, принадлежащих к семи типам травянистых фитоценозов (табл.).

Вторая трансекта была заложена в пойме р. Ухты и пересекала последовательно три типа растительных сообществ – лабазниково-разнотравный, смешанно-крупнотравный и нивяниковый луга.

В 1997 г. на первой трансекте было зарегистрировано 42 вида дневных бабочек из шести семейств, или около 58 % состава ухтинской локальной фауны. Чешуекрылые распределялись вдоль трансекты по фитоценозам неравномерно. Расчет показателей видового разнообразия и корреляции между видовыми комплексами чешуекрылых и растительностью показал, что в каждом местообитании сформировалась своя топическая группировка дневных бабочек, отличная по структуре доминирования видов (Татаринов, Долгин, 2001).

В условиях средней тайги луговые фитоценозы на плакорах неустойчивы и если не используются под сенокосы или пастбища, начинают постепенно зарастать кустарниками и деревьями. В период исследований на первой трансекте началась автогенная восстановительная сукцессия, которая существенно повлияла на структуру населения булавоусых чешуекрылых. На переувлажненном участке осокового луга постоянного населения булавоусых чешуекрылых нет, встречаются лишь единичные бабочки, залетающие из других местообитаний. Два смешанно-крупнотравных луга заросли ивами, превратившись в разреженные крупнотравные ивняки. В начале наблюдений это были одни из наиболее богатых дневными бабочками участков. Закустаривание привело к значительному снижению видового разнообразия и перестройке структуры топической группировки чешуекрылых. Лидирующие позиции сохранили лишь опушечно-лесные чернушки *Erebia ligea* и *E. euryale*, их относительное обилие даже выросло. Кроме того, в состав фоновых видов вошли беляночка *Leptidea sinapis* и перламутровка *Clossiana euphrosyne*. Третий участок смешанно-крупнотравного луга к 2014 г. сменился вейниково-разнотравным лугом с подростом березы, что сильно повлияло на структуру населения дневных чешуекрылых. Количество видов сократилось почти втрое, наиболее обильные виды – опушечно-лесные чернушки *E. ligea*, *E. euryale*, *P. napi*. На соседнем вейниково-разнотравном лугу, который превратился в зарастающий березой чистый вейниковый луг постоянное население булавоусых чешуекрылых распалось. Силь-

но трансформировалось население дневных бабочек на участке, где клеверно-злаковый луг сменился мелкозлаковой ассоциацией с кустарниками и деревьями. Характерное для клеверных и нивяниковых лугов население, в котором преобладали голубянки *Aricia nicias*, *Polyommatus semiargus*, *P. icarus*, заместились на обедненную группировку с доминирующими по численности все теми же чернушками *E. ligea*, *E. euryale*. Менее изменился облик группировок булавоусых чешуекрылых лабазникового луга.

В 2014 г. на первой трансекте в общей сложности было зарегистрировано 29 видов булавоусых чешуекрылых. Исчезли постоянно обитавшие на лугах голубянки *Cupido alcetas*, *Aricia nicias*, *Polyommatus amandus*, перламутровки *Fabricianna adippe*, *Speyeria aglaja*, резко снизилась численность прежде доминировавших на отдельных участках червонца *Heodes virgaureae*, голубянки *Clossiana selene*. В тоже время отмечено появление обитателей мелколиственных лесов и опушек ленточника *Limenitis populi*, пеструшки *Neptis rivularis*, перламутровки *Argynnis paphia*, буроглазки *Lasiommata maera*.

Таким образом, на первой трансекте за 17 лет произошли заметные изменения в растительном покрове, отразившиеся на структуре населения дневных бабочек. Уровень альфа-разнообразия чешуекрылых практически на всех участках снизился, дифференцирующее разнообразие вдоль трансекта также уменьшилось. Можно прогнозировать, что данная тенденция продолжится, и с развитием древесного покрова население булавоусых чешуекрылых на трансекте подвергнется значительной редукции, что характерно для опушечно-лесных плакорных местообитаний средней тайги.

Что касается пойменных луговых местообитаний, вдоль которых была заложена вторая трансекта, то структура населения булавоусых чешуекрылых значительных изменений не претерпела. В 1997 г. на трансекте было зарегистрировано 38 дневных бабочек, в 2014 г. – 35 видов. Уровень альфа-разнообразия почти не изменился. Весь период наблюдений доминирующими видами оставались чернушки *Erebia ligea*, *E. euryale*, белянка *Pieris napi*, перламутровки *Brentis ino*, *Clossiana selene*. В состав фоновых входили беляночка *Leptidea sinapis*, перламутровка *Clossiana euphrosyne*, шашечницы *Euphydryas maturna*.

Литература

- Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 166 с.
- Татаринов А. Г., Долгин М.М. Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых на европейском Северо-Востоке России. СПб: Наука, 2001. 244 с.
- Yamamoto M. Notes on the methods of belt transect census of butterflies // J. Fac. Sci. Nippon Univ., 1975. Ser. VI. Zool. Vol. 20. № 1. P. 53–58.
- Pollard E. A method assessing changes in the abundance of butterflies // Biol. Conserv., 1977. Vol. 12. № 2. P. 115–134.

БУЛАВОУСЫЕ ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (LEPIDOPTERA: RHOPALOCERA) ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «МЕДВЕДСКИЙ БОР» (НОЛИНСКИЙ РАЙОН, КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. В. Мазеева¹, О. И. Кулакова²

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,
mazeevaal@yandex.ru,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
iduna@rambler.ru*

Наряду с другими особо охраняемыми природными территориями (ООПТ) памятники природы играют немаловажную роль в сохранении биоразнообразия. Уникальным для северо-востока России является памятник природы «Медведский бор», расположенный в Нолинском районе Кировской области. ООПТ занимает территорию площадью 6821,05 га и представляет собой сосновый бор с остепнёнными участками, расположенными на внутриматериковых песчаных дюнах. Медведский бор находится на границе подзоны южной тайги и хвойно-широколиственных лесов, что обуславливает наличие бореальных, неморальных и степных элементов во флоре и фауне (Савиных и др., 2006; Целищева, Даровских, 2002).

Разнообразие беспозвоночных Медведского бора, в том числе булавоусых чешуекрылых, впервые было исследовано в 1923 г. А. И. Шерниным. Он же совместно с В. А. Копысовым в 60–70-х годах продолжил исследования. Результаты этих исследований были опубликованы в книге «Животный мир Кировской области» (Шернин, Чарушина, 1974). В дальнейшем некоторые дополнения к фауне булавоусых чешуекрылых Медведского бора внёс А. П. Решетников (2001). В 2001 г. Л. Г. Целищевой и Е. А. Даровских, здесь были отмечены еще четыре вида, тем самым список дневных бабочек увеличился до 25 видов. С тех пор лепидоптерологические исследования на данной ООПТ не проводились. Учитывая наличие определенной антропогенной нагрузки, которую испытывают природные сообщества Медведского бора и соседних территорий, является актуальным продолжать изучение местной фауны булавоусых чешуекрылых, так как они чутко реагируют на изменения условий окружающей среды.

Наши исследования проводились в период с 8 по 15 июля 2014 г. и охватывали летний фенологический аспект фауны булавоусых чешуекрылых. В ходе полевых работ на охраняемой территории зарегистрирован 21 вид из шести семейств, 17 видов на территории Медведского Бора были отмечены впервые. Таким образом, с учетом литературных данных выявленная фауна *Rhopalocera* природного памятника насчитывает 42 вида (табл.).

Комплекс булавоусых чешуекрылых ООПТ имеет типичные черты для подзоны южной тайги. Среди всех семейств наиболее широко представлены Голубянки (*Lycaenidae*) (10 видов, 24% состава фауны). На втором месте оказались Белянки (*Pieridae*) (8 видов, 19%). Семейство Нимфалид (*Nymphalidae*), преобладающее среди *Rhopalocera* по литературным данным, оказалось менее

многочисленным по количеству видов. Причинами такой картины является тот факт, что большинство указанных нимфалид указываются для области как редкие и очень редкие виды (Шернин, Чарушина, 1974). Остальные семейства (Satyridae, Papilionidae, Hesperidae) были представлены несколькими видами. Меньше всего видов в семействах Papilionidae и Hesperidae, что вообще характерно для бореальной лепидоптерофауны. Некоторые отмеченные виды, не являются коренными, это мигранты из более южных областей, такие как *Pontia chloridice*, *Colias chrysotheme* и *Colias myrmidone*.

В наших сборах наиболее обильно были представлены лимонница *Gonopteryx rhamni*, голубянка *Plebejus idas*, шашечница *Melitaea didyma*, толстоголовка *Thymelicus lineola* и крупнокглазка *Maniola jurtina*.

Учитывая имеющиеся сведения по другим локальным фаунам южной тайги Русской равнины (Шернин, Чарушина, 1974) можно ожидать, что на территории природного памятника будут обнаружены еще порядка 20 видов булавоусых чешуекрылых: *Pyrgus malvae*, *P. serratulae*, *Carterocephalus silvicola*, *C. palaemon*, *Fabriciana aglaja*, *F. adippe*, *Issoria lathonia*, *Clossiana selene*, *Nymphalis urticae*, *Polygonia c-album*, *Erebia ligea*, *Coenonympha glicerion*, *C. pamphilus*, *Polyommatus semiargus* (Rott.), *Polyommatus amanda*, *Callophrys rubi*, *Pieris napi*, *Anthocharis cardamines*. Имаго этих видов летает в мае – июне и августе – сентябре, поэтому их отсутствие в сборах всего скорее объясняется сроками проведения полевых работ.

Таблица

**Видовой состав булавоусых чешуекрылых памятника природы
«Медведский бор»**

Семейство, вид	Шернин, Чарушина, 1974; Решетников, 2001	Целищева, Даровских, 2002	Наши сборы
Papilionidae			
<i>Papilio machaon</i> (L.)			+
<i>Iphiclides podalirius</i> (L.)		+	
<i>Parnassius apollo</i> (L.)		+	
<i>Driopa mnemosyne</i> (L.)		+	
Pieridae			
<i>Leptidea sinapis</i> (L.)			+
<i>Aporia crataegi</i> (L.)			+
<i>Pieris rapae</i> (L.)			+
<i>Pontia chloridice</i> (Hb.)	+		
<i>Pontia daplidice</i> (L.)			+
<i>Colias chrysotheme</i> (Esp.)	+	+	
<i>Colias myrmidone</i> Esp.	+	+	
<i>Gonopteryx rhamni</i> (L.)			+
Lycaenidae			
<i>Lycaena alciphron</i> (Rott.)			+
<i>Lycaena dispar</i> (Hw.)			+
<i>Lycaena virgaureae</i> (L.)			+
<i>Cupido minimus</i> (Schr.)			+
<i>Scolitantides orion</i> (Pall.)	+	+	
<i>Plebeius argyrognomon</i>	+		

Семейство, вид	Шернин, Чарушина, 1974; Решетников, 2001	Целищева, Даровских, 2002	Наши сборы
(Bgstr.)			
<i>Plebejus idas</i> (L.)			+
<i>Aricia agestis</i> (Schiff.)	+		
<i>Aricia artaxerxes</i> (Fabr.)			+
<i>Polyommatus icarus</i> (Rott.)			+
<i>Nymphalidae</i>			
<i>Apatura ilia</i> (Schiff.)	+		
<i>Apatura iris</i> (L.)	+	+	
<i>Limenitis camilla</i> (L.)	+		
<i>Limenitis populi</i> (L.)	+		
<i>Neptis sappho</i> (Pall.)	+		
<i>Nymphalis vaualbum</i> (Schiff.)	+		
<i>Araschnia levana</i> (L.)	+		+
<i>Euphydryas maturna</i> (L.)	+		
<i>Melitaea diamina</i> (Lang.)	+		
<i>Melitaea didyma</i> (Esp.)	+		+
<i>Melitaea trivialis</i> (Schiff.)	+		
<i>Melitaea athalia</i> (Rott.)		+	+
<i>Melitaea britomartis</i> (Assm.)			+
<i>Clossiana thore</i> (Hb.)	+		
<i>Argynnis paphia</i> (L.)	+		
<i>Argynnis niobe</i> (L.)	+		
<i>Satyridae</i>			
<i>Coenonympha hero</i> (L.)	+		
<i>Aphantopus hyperantus</i> (L.)			+
<i>Maniola jurtina</i> (L.)			+
<i>Hesperiidae</i>			
<i>Thymelicus lineola</i> (O.)			+

По итогам проведенной инвентаризации булавоусых чешуекрылых можно сделать следующее заключение. Фауна булавоусых чешуекрылых Медведского бора отличается достаточно высоким разнообразием для подзоны южной тайги. Охранный статус природного памятника способствует поддержанию численности локальных популяций дневных чешуекрылых, в том числе занесенных в Красную книгу Кировской области (2014): парусников *Iphiclides podalirius* (L.), *Parnassius apollo* (L.) и *Driopa mnemosyne* (L.), большой переливницы *Apatura iris* (L.).

Литература

Решетников С. П. Отряд Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Дополнение. Т. 5. Киров, 2001. С. 183–186.

Савиных Н. П., Киселева Т. М., Пересторонина О. Н., Копысов В. А., Шабалкина С. В., Пичугина Е. В. Жемчужина Вятского края – Медведский бор // Медведский бор: Сб. ст. Киров, 2006. С. 81–95.

Целищева Л. Г., Даровских Е. А. Изучение насекомых Медведского бора // Экологический мониторинг: научный и образовательный аспекты: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2002. С. 50–51.

Шернин А. И., Чарушина А. Н. Отряд Lepidoptera – Чешуекрылые // Животный мир Кировской области. Т. 2. Киров, 1974. С. 351–477.

МАТЕРИАЛЫ К СОСТАВУ ЗИМНЕЙ ОРНИТОФАУНЫ НА ТЕРРИТОРИИ ООПТ «ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИЙ ПАРК ЛЕСОВОДОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ»

К. О. Бакшеев, В. М. Рябов

Вятский государственный гуманитарный университет,

ГПЗ «Нургуш»,

baksheev.kirill@yandex.ru, ryapitschi@yandex.ru

Изучение структуры и динамики численности птиц – одна из актуальных проблем современной экологии. Эти исследования лежат в основе экологического мониторинга и прогнозирования в биоценозах. Большая биогеоценотическая и хозяйственная значимость птиц, их роль чутких индикаторов изменений среды всегда привлекают серьезное внимание исследователей. Особую важность приобретает изучение птиц в связи с грандиозными по масштабам и интенсивности изменениями ландшафтов, которые происходят в результате разнообразной деятельности человека (Михайлов, 1999).

Птицы как компоненты экосистемы играют большую роль в структуре естественных сообществ. Птицы четко реагируют на изменения окружающей среды, прежде всего антропогенного происхождения. Реакция проявляется в сокращении численности отдельных видов или целых комплексов, перестройке структуры населения. Птицы представляют класс животных, хорошо приспособленных к полету. Вместе с млекопитающими и пресмыкающимися они составляют группу высших позвоночных. Всего на нашей планете обитает около 8700 видов птиц, в России встречается примерно 750 видов (менее 10% мировой фауны птиц), на территории Кировской области отмечен 281 вид (всего 3,1% от мирового разнообразия птиц и 37% от орнитофауны России) (Сотников, 1999, 2002).

Целью нашей работы стало исследование состава зимней орнитофауны особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Дендрологический парк лесоводов Кировской области», выявление особенностей динамики численности в условиях тесного соседства с человеком.

Изучение видового состава птиц проводили маршрутно-экскурсионным методом с использованием методики маршрутного учета Ю. С. Равкина (1967).

Наблюдения вели с в течение двух зимних сезонов с ноября по март (2013–2014, 2014–2015 гг.). За этот период на территории парка было отмечено 24 вида из 5 отрядов: Соколообразные – *Falconiformes* (1 вид из семейства Ястребиные – *Accipitridae*); Голубеобразные – *Columbiformes* (1 вид из семейства Голубиные – *Columbidae*); Гусеобразные – *Anseriformes* (1 вид из семейства

Утиные – *Anatidae*); Дятлообразные – *Piciformes* (2 вида из семейства Дятловые – *Picidae*); Воробьинообразные – *Passeriformes* (5 видов из семейства Вьюрковые – *Fringillidae*, 4 вида из семейства Врановые – *Corvidae*, 3 вида из семейства Синицевые – *Paridae*, 2 вида из семейства Дроздовые – *Turdidae*, 2 вида из семейства Овсянковые – *Emberizidae*, Воробьиные – *Passeridae*, 1 вид из семейства Поползневые – *Sittidae*, 1 вид из семейства Свиристелевые – *Bombycilla*, 1 вид из семейства Длиннохвостые синицы – *Aegithalidae*).

Наиболее многочисленным является отряд Воробьинообразные – 19 видов, представленный 9 семействами, среди которых наибольшим количеством видов (5) отмечено семейство Вьюрковых.

В зимний период 2014–2015 гг., по сравнению с прошлым годом, заметно увеличилось число посетителей дендропарка, в следствии произошло увеличение количества кормушек и пищевого рациона для птиц. Существенный вклад в увеличение кормовой базы многих видов птиц в этом году внес так же пятибалльный урожай семян ели, рябины и дикой яблони, что внесло. Благодаря всему этому мы отметили увеличение не только количества видов, но и численности птиц. Кроме этого большинство кормушек были перенесены из биотопа, который находится у входа в парк (аллеи) в лесную часть. Потому птицы переместились в более облесенные аллеи парка. Динамика численности некоторых видов птиц в зимний период 2014–2015 гг. представлена в таблице.

Таблица

Динамика численности некоторых видов птиц зимой 2014–2015 гг.

№	Вид	Средняя относительная численность видов (особь/км)				
		ноябрь	декабрь	январь	февраль	март
1	Сизый голубь	3	2	0	4	2
2	Обыкновенная крыква	25	20	10	20	10
3	Большой пестрый дятел	1	2	0	2	2
4	Большая синица	6	6	2	6	5
5	Буроголовая гаичка	4	4	2	5	3
6	Серая ворона	2	1	1	2	2
7	Сойка	2	2	0	2	3
8	Рябинник	10	11	4	6	8
9	Обыкновенный поползень	6	4	2	4	2
10	Обыкновенный снегирь	2	0	0	6	5
11	Обыкновенный свиристель	1	1	0	1	1

Наблюдается тесная взаимосвязь между присутствием птиц и человека. Погодный фактор является доказательством того, что в морозные периоды посещение парка людьми приостанавливается, и птицы, соответственно, перемещаются в более людные, а соответствен и более кормные ценозы, например, в город. Динамика количества видов птиц по месяцам представлена на рисунке. Данное явление мы наблюдаем второй год, что на наш взгляд, демонстрирует социализацию птиц.



Рис. Динамика количества видов птиц по месяцам зимы 2014–2015 гг.

Таким образом, на численность и видовой состав птиц в зимний период 2014–2015 гг. на территории дендропарка лесоводов Кировской области в пределах маршрута исследования по нашему мнению влияет объем естественной кормовой базы и активность населения. Следует заметить, что на маршруте мы встретили достаточно много постоянно наполняемых кормушек для птиц, что позволяет сделать вывод о проявлении заботы посетителей дендропарка к зимующим видам птиц.

Литература

- Зарубина И. М., Окишев С. М. Дендропарк лесоводов Кировской области // Экскурсии по памятникам природы г. Кирова и области. Ч. 2. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. С. 186–196.
- Кузнецов Б. А. Определитель позвоночных фауны СССР. (В 3-х ч.). Ч. 2. Птицы. М.: Просвещение, 1974. 286 с.
- Михайлов К. Е. Птицы в городе // Биология: Приложение к газете «Первое сентября», 1999.
- Равкин Е. С., Челинцев Н. Г. Методические рекомендации по комплексному маршрутному учету птиц. М.: Изд. ВНИИ Природа, 1990. 33 с.
- Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий (Т. I. Неворобьиные. Ч. I). Киров: ООО «Триада-С», 1999. 432 с.
- Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий (Т. I. Неворобьиные. Ч II). Киров: ООО «Триада-С», 2002. 528 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ РЫБ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Ю. С. Рогожкина¹, С. Е. Шубин²

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Государственный природный заповедник «Нургуш»,

nurgush@zapovednik.kirov.ru

На протяжении четырех последних лет в заповеднике проводились работы на модельных озерах по изучению ихтиофауны и ее экологической структуры. В 2011–2014 гг. были проведены исследования экологических групп рыб в зависимости от пищевых предпочтений по классификации И. М. Анисимовой (1983).

В заповеднике «Нургуш» озера образуют единую систему пойменных водоемов, соединенных между собой многочисленными протоками и ручьями. Озера имеют небольшую глубину и слабую проточность, благодаря чему хорошо прогреваются. Это способствует богатству и обилию гидрофильной растительности.

Для проведения исследований было выбрано несколько модельных водоемов, представляющих разные стадии сукцессионного процесса. Основной объем ихтиологических работ проводился на оз. Нургуш и Кривое. Несмотря на общность происхождения, озера имеют ряд различий, отражающихся на экологических условиях обитания водных организмов.

Озеро Нургуш – третье по величине озеро заповедника, расположено в его восточной части, на расстоянии менее 1 км от берега р. Вятки. Озеро вытянуто с севера на юг. Южная оконечность его отклоняется к востоку, что придает озеру сходство с формой крючка. Длина озера 1,3 км, ширина достигает 90 м. Максимальная глубина составляет 5,5 метров. Толщина илистых отложений от 2 до 142 см. Во время весеннего разлива котловина озера промывается в течение 30–35 дней. В межень озеро проточно (связано протоками с оз. Кривое, оз. Черное и р. Вяткой). Нургуш – одно из самых молодых и глубоких озер. Проективное покрытие водного зеркала растениями-гидрофилами не превышает 3%.

Озеро Кривое расположено в центре заповедника и является самым крупным. Форма озера подковообразная, выпуклой стороной направлено на восток. Длина береговой линии около 9 км, наибольшая глубина 220 см, ширина 150 м и более. Озерная котловина имеет корытообразную, слабо ассиметричную форму. Оз. Кривое старое, сильно зарастающее. Проективное покрытие водного зеркала гидрофильной растительностью около 90%. Толщина илистых отложений до 2 м. Во время половодья с Вяткой сливается позже оз. Нургуш. В межень озеро слабо-проточное (Летопись природы..., 2009).

Для данного сообщения использованы материалы, полученные при проведении научного лова рыбы сотрудниками заповедника на модельных озерах в течение 2011–2014 гг.

Видовой состав и обилие видов в уловах 2011–2014 гг. на модельных водоемах заповедника отражены в табл. 1.

Таблица 1

**Видовой состав рыб и их доля в контрольных уловах
на озерах Нургуш и Кривое**

№	Вид	Доля особей в общем улове, %	
		Оз. Нургуш	Оз. Кривое
1	Язь – <i>Leuciscus idus</i> L.	19,8	8,0
2	Плотва – <i>Rutilus rutilus</i> L.	16,9	18,9
3	Окунь – <i>Perca fluviatilis</i> L.	15,8	14,6
4	Чехонь – <i>Pelecus cultratus</i> L.	13,5	1,5
5	Густера – <i>Blicca bjoerkna</i> L.	10,3	11,1
6	Лещ – <i>Abramis brama</i> L.	4,9	1,0
7	Синец – <i>Abramis ballerus</i> L.	4,7	6,6
8	Белоглазка – <i>Abramis sapa</i> Pallas.	4,2	8,3
9	Красноперка – <i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	3,9	9,5

№	Вид	Доля особей в общем улове, %	
		Оз. Нургуш	Оз. Кривое
10	Щука – <i>Esox lucius</i> L.	2,4	1,4
11	Линь – <i>Tinca tinca</i> L.	1,1	6,3
12	Жерех – <i>Aspius aspius</i> L.	1,0	1,9
13	Карась серебряный – <i>Carassius gibelio</i> Bloch.	0,7	8,7
14	Карась золотой – <i>Carassius carassius</i> L.	0,4	2,2
15	Елец – <i>Leuciscus leuciscus</i> L.	0,1	-
16	Ерш – <i>Acerina cernua</i> L.	0,1	-
17	Уклея – <i>Alburnus alburnus</i> L.	0,1	-
18	Итого	100	100

В результате исследований в оз. Нургуш было зарегистрировано 17 видов, а в оз. Кривое 14 видов рыб.

Обилие видов в модельных водоемах несколько отличается. В оз. Нургуш доминируют язь (19,8 %), плотва (16,9%) и окунь (15,8%), достаточно многочисленные чехонь (13,5%) и густера (10,3%). К обычным видам для данного водоема можно отнести леща, синца, белоглазку, красноперку и щуку. В оз. Кривое доминируют плотва (18,9), окунь (14,6) и густера (11,1). Обилие язя и чехони здесь ниже, чем в оз. Нургуш, так как эти виды предпочитают проточные водоемы. Обычными видами для оз. Кривое являются красноперка, карась серебряный, белоглазка, линь.

Деление ихтиофауны заповедника «Нургуш» на экологические группы в зависимости от пищевых предпочтений было проведено ранее. Процентное соотношение представителей экологических групп по пищевой специализации от общего числа видов следующее: эврифаги (32%), хищники (23%), эвризooфаги (9%), бентофаги (27%), зоопланктофаги (9%) (Рогожкина, Шубин, 2013). Видовой состав пищевых групп и их доля в контрольных уловах на оз. Нургуш и Кривое в 2011–2014 гг. приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

Результаты научного лова рыбы в озере Нургуш за 2011–2014 гг.

Вид	Количество отловленных особей, экз.	Экологические группы по пищевым предпочтениям	Количество отловленных особей в пищевой группе, экз.	Доля представителей пищевой группы, %
Елец – <i>Leuciscus leuciscus</i> L.	2	эврифаги	875	41
Красноперка – <i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	84			
Плотва – <i>Rutilus rutilus</i> L.	363			
Язь – <i>Leuciscus idus</i> L.	426			
Жерех – <i>Aspius aspius</i> L.	20	хищники	73	3
Щука – <i>Esox lucius</i> L.	53			
Окунь – <i>Perca fluviatilis</i> L.	342	эвризooфаги	633	30
Чехонь – <i>Pelecus cultratus</i> L.	291			
Белоглазка – <i>Abramis sapa</i> Pallas.	90	бентофаги	455	21
Густера – <i>Blicca bjoerkna</i> L.	223			

Вид	Количество отловленных особей, экз.	Экологические группы по пищевым предпочтениям	Количество отловленных особей в пищевой группе, экз.	Доля представителей пищевой группы, %
Карась золотой – <i>Carassius carassius</i> L.	8			
Карась серебряный – <i>Carassius gibelio</i> Bloch.	14			
Лещ – <i>Abramis brama</i> L.	105			
Линь – <i>Tinca tinca</i> L.	23			
Ерш – <i>Acerina cernua</i> L.	9	зоопланктофаги	113	5
Синец – <i>Abramis ballerus</i> L.	102			
Уклея – <i>Alburnus alburnus</i> L.	2			
Итого	2157		2157	100

Таблица 3

Результаты научного лова рыбы в озере Кривое за 2011–2014 гг.

Вид	Количество отловленных особей, экз.	Экологические группы по пищевым предпочтениям	Количество отловленных особей в пищевой группе, экз.	Доля представителей пищевой группы, %
Красноперка – <i>Scardinius erythrophthalmus</i> L.	68	эврифаги	260	37
Плотва – <i>Rutilus rutilus</i> L.	135			
Язь – <i>Leuciscus idus</i> L.	57			
Жерех – <i>Aspius aspius</i> L.	14	хищники	24	3
Щука – <i>Esox lucius</i> L.	10			
Окунь – <i>Perca fluviatilis</i> L.	104	эвризоофаги	115	16
Чехонь – <i>Pelecus cultratus</i> L.	11			
Белоглазка – <i>Abramis sapa</i> Pallas.	59	бентофаги	208	37
Густера – <i>Blicca bjoerkna</i> L.	79			
Карась золотой – <i>Carassius carassius</i> L.	16			
Карась серебряный – <i>Carassius gibelio</i> Bloch.	62			
Лещ – <i>Abramis brama</i> L.	7			
Линь – <i>Tinca tinca</i> L.	44			
Синец – <i>Abramis ballerus</i> L.	47	зоопланктофаги	47	7
Итого	713		713	100

Анализ большого количества отловленных особей в модельных водоемах позволяет определить долю представителей каждой группы рыб по пищевым предпочтениям в общем количестве добытых рыб. В озерах Кривое и Нургуш преобладают эврифаги (37% и 41% соответственно). Существенное различие наблюдается в соотношении бентофагов (37% и 21%) и эвризоофагов (16% и 30%) соответственно.

В оз. Кривое ведущее положение (наравне с эврифагами) занимают бентофаги (37%), что связано со значительной величиной илистых отложений, где располагается основная часть объектов кормовой базы.

В оз. Нургуш, после эврифагов, наиболее многочисленны эвризоофаги (30%), что может объясняться благоприятным кислородным режимом и большей степенью проточности, создающих подходящие условия для развития более разнообразной животной составляющей кормовой базы рыб.

На основе анализа полученных данных, можно сделать вывод, что в оз. Нургуш складываются более разнообразные экологические условия, чем в оз. Кривое, что отражается на видовом составе ихтиофауны и соотношении экологических групп рыб по пищевым предпочтениям.

Литература

Анисимова И. М., Лавровский В. В. Ихтиология. М.: Высшая школа, 1983. 255 с.

Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2008 г. Кн. 13. Киров, 2009. 323 с. Рукопись.

Рогожкина Ю. С., Шубин С. Е. Общая характеристика населения рыб пойменных озер заповедника «Нургуш» // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки эколог. проектов с междунар. участием. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 69–71.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ПАРАЗИТОВ ХАРИУСА ИЗ ВОДОЕМОВ С ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ (БАССЕЙН р. ПЕЧОРА)

Г. Н. Доровских, В. Г. Степанов

*Сыктывкарский государственный университет,
vgstepanov@rambler.ru*

Изучение паразитофауны хариуса европейского *Thymallus thymallus* (L.) из бассейна р. Печоры проведено в 1940-х (Сциборская, 1947), 1950–1970-х (Спасский, Ройтман, 1958; Екимова, 1976) и 2000-х гг. (Доровских, Степанов, 2010). Однако структура компонентных сообществ (*компонентное сообщество* – группа паразитов, населяющих популяцию хозяина) паразитов хариуса из многих водотоков Печорского бассейна до сих пор не исследована.

Материал и методика. Методом полного паразитологического вскрытия (Быховская-Павловская, 1985) в 1974–1976 гг. из водоемов национального парка «Югыд-Ва» исследовали 46 экз. хариуса из р. Щугор; 5–6.08.2000 г. на наличие паразитов осмотрели 10 экз. хариуса из р. Б. Паток в районе устья р. Вангерью; из водоемов Печоро-Илычского государственного природного заповедника – 4–16.07.2003 г. паразиты собраны с 45 рыб в возрасте 1+ - 3+ из р. Илыч; из верховий р. Печоры в районе устья р. Гаревки сбор материала осуществлен в конце июля-августе 2002 и 2003 гг. (вскрыто 60 экз. хариуса). Для сравнения и подтверждения полученных выводов 24.08.2003 г. 15 рыб в возрасте 0+ изучены в паразитологическом отношении из р. Б. Макариха; 5.09.2003 г. и 23–30.05.2003 г. по 15 экз. половозрелого хариуса на наличие паразитов просмотрели из р. Ижма и р. Белая Кедва.

По полученным данным сделан расчет по численности и условной биомассе индексов Шеннона ($H'_{п(по\ числу\ особей)} = - \sum p_{i1} \ln p_{i1}$, $H'_{б(по\ условной\ биомассе)} = - \sum p_{i2} \ln p_{i2}$), выравненности видов ($E_p = H_p / \ln S$, $E_b = H_b / \ln S$), доминирования ($d_p = N_{max} / N_T$, $d_b = B_{max} / B_T$) (Пугачев, 1999; Доровских, 2002), характеризующих компонентные сообщества паразитов хариуса из названных выше водоемов; построены «графические» структуры этих сообществ (по: Доровских, 2002).

Результаты исследования и их обсуждение. В компонентном сообществе паразитов хариуса из верховий р. Печоры в районе устья р. Гаревки отмечалось 9-10 видов паразитов. Здесь доминируют по числу особей миксосморидии *Myxobolus neurobius*, по биомассе нематоды *Cystidicoloides ephemeridarum*. По величине значений индексов разнообразия и «графической» структуре анализируемое сообщество может быть охарактеризовано как зрелое. Для такого сообщества характерны высокие значения индексов Шеннона ($H'_n=1,010-1,342$; $H'_b=1,038-1,166$) и выравненности видов ($E_p=0,452-0,611$, $E_b=0,472-0,507$), низкие значения индекса доминирования ($d_n=0,512-0,656$; $d_b=0,579-0,617$), наличие в «графической» структуре сообщества трех групп видов, различающихся по аллометрическим показателям.

Характеристики компонентных сообществ паразитов хариуса разного возраста из р. Илыч отличаются друг от друга и от характеристик сообществ паразитов хариуса из р. Печоры. У рыб возрастом 1+ (второй год жизни), отмечено 5 видов паразитов, у особей 2+ и 3+ - по 10. У особей 1+ по числу особей доминирует моногенеи *Tetraonchus borealis*, по биомассе – *Cystidicoloides ephemeridarum*, у 2+ вид-доминант *Myxobolus neurobius*, у 3+ - *Cystidicoloides ephemeridarum*. Для сообщества паразитов хариуса второго года жизни зарегистрированы следующие значения индексов разнообразия: $H'_n=1,300$, $H'_b=1,352$; $E_p=0,808$, $E_b=0,828$; $d_n=0,473$, $d_b=0,353$; третьего и четвертого - $H'_n=0,685-1,430$, $H'_b=1,086-1,223$; $E_p=0,298-0,621$, $E_b=0,472-0,531$; $d_n=0,897-0,431$, $d_b=0,550-0,637$). «Графическая» структура сообщества паразитов хариуса 1+ состоит из одной группы видов, у хозяина 2+ и 3+ - из трех. Известно (Доровских, 2002), что компонентные сообщества паразитов у молоди рыб отличаются от сообществ паразитов у половозрелых рыб меньшим видовым богатством, меньшей биомассой и количеством особей паразитов. Сообщества паразитов у молоди рыб нередко характеризуются меньшим числом групп паразитов, выделенных по соотношению их биомасс, наличием двух видов-доминантов. Под это описание полностью подходят характеристики сообщества паразитов хариуса возраста 1+.

Для подтверждения этого вывода приводим описание компонентного сообщества паразитов хариуса возраста 0+ из р. Б. Макариха ($H'_n=0,977$, $H'_b=1,127$; $E_p=0,705$, $E_b=0,813$; $d_n=0,614$, $d_b=0,525$;). Оно состоит всего из одной группы, включающей в себя четыре вида паразитов. В сообществе по биомассе и числу особей доминирует, как это и характерно для молоди рыб, паразит активно нападающий на своего хозяина. В данном случае это метацеркарии *Araetemon* sp. Таким образом, и характеристики компонентного сообщества парази-

тов хариуса возраста 0+ из р. Б. Макариха полностью подходят под описание таковых у молоди рыб (Доровских, 2002 а).

Отличия значений индексов разнообразия сообществ паразитов хариуса возраста 2+ и 3+ из р. Илыч от таковых сообществ паразитов хариуса из верховий р. Печоры, видимо, связаны с различиями во времени сбора материала в этих двух районах. Если сообщество паразитов хариуса из р. Печоры описано в период завершения своего формирования, то сообщества паразитов хариуса из р. Илыч охарактеризованы во время, когда особи паразитов прошлой генерации отмирают, а особи паразитов новой генерации только начинают появляться. Это и отразилось в существенной разнице значений индексов разнообразия рассчитанных по числу особей паразитов и их биомассе.

Несмотря на указанные различия характеристик компонентных сообществ паразитов хариуса из рр. Печора и Илыч полученные материалы позволяют заключить, что популяции хариуса указанных рек, видимо, находятся в относительно благополучном состоянии. Этот вывод согласуется с выводом сделанном на основе изучения паразитофауны голяна и компонентных сообществ паразитов этого вида рыб из этих же участков р. Печоры и р. Илыч (Доровских, 2002).

В состав сообщества паразитов хариуса из р. Б. Паток входит 5 видов паразитов, оно состоит из двух групп видов. В первую группу вошел только *Cystidicoloides ephemeridarum*. По величине значений индексов разнообразия ($H'_n=0,484$, $H'_b=0,393$; $E_p=0,301$, $E_b=0,244$); $d_n=0,862$, $d_b=0,914$;) это сообщество может быть охарактеризовано как нарушенное. На это указывают бедное видовое разнообразие сообщества, его неполная «графическая» структура, слабая согласованность значений индексов разнообразия подсчитанных по числу особей паразитов и их биомассе, высокие значения индекса доминирования, низкие - индексов выравниваемости видов и Шеннона. Сказанное, скорее всего, указывает на неблагоприятное состояние популяции хариуса европейского из р. Б. Паток. Подтверждением этого вывода могут служить данные о состоянии компонентных сообществ паразитов хариуса из рр. Ижма и Кедва (состоят из 7 видов паразитов; в первом доминирует *Muxobolus neurobius*, во втором по численности преобладают миксоспоридии, по биомассе – нематода *Cystidicoloides ephemeridarum*; в «графической» структуре обеих сообществ отмечено по 2 группы видов паразитов; $H'_n=0,706-1,387$, $H'_b=1,199-1,651$; $E_p=0,363-0,713$, $E_b=0,616-0,848$); $d_n=0,832-0,366$, $d_b=0,555-0,365$), где численность популяции хариуса подорвана длительным, нерегулируемым ловом (Сидоров, Захаров, 2005). Для проверки сделанного вывода требуется провести дополнительное исследование паразитофауны хариуса из р. Б. Паток и компонентного сообщества его паразитов.

Таким образом, при падении численности хозяев сообщество его паразитов реагирует перестройкой структуры, изменением числа групп видов, уменьшением согласованности биомасс составляющих его видов.

На основании имеющихся материалов можно заключить, что если популяции хариуса из обследованных водоемов Печоро-Илычского государственного природного заповедника пока находятся в относительно благополучном со-

стоянии, то состояние популяций хариуса из рассмотренных водоемов национального парка «Югыд-Ва» вызывает опасения.

Литература

Быховская-Павловская И. Е. Паразиты рыб (руководство по изучению). Л.: Наука, 1985. 121 с.

Доровских Г. Н. Паразиты пресноводных рыб северо-востока Европейской части России. (Фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. С-Пб., 2002 б. 69 с.

Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразитофауна рыб и рыбообразных из водоемов северо-востока европейской части России. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2010 а. 192 с.

Екимова И. В. Эколого-географический анализ паразитов рыб реки Печоры // Болезни и паразиты рыб Ледовитоморской провинции (в пределах СССР). Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1976. С. 50–68.

Пугачев О. Н. Паразиты пресноводных рыб Северной Азии (фауна, экология паразитарных сообществ, зоогеография): Автореф. дис. ... док. биол. наук. СПб., 1999. 50 с.

Сидоров Г. П., Захаров А. Б. Европейский хариус бассейна реки Печора // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 11 (97). С. 13–17.

Спасский А. А., Ройтман В. А. Гельминтофауна реки Печоры // Вопросы ихтиологии. 1958. Вып. 11. С. 192–204.

Сциборская Т. В. Паразитофауна некоторых рыб реки Печоры // Рыбы бассейна Верхней Печоры. М.: Изд-во Моск. об-ва испыт. природы, 1947. С. 209–216.

СОДЕРЖАНИЕ СИБИРСКОГО УГЛОЗУБА (*SALAMANDRELLA KEYSERLINGII* DYBOWSKY, 1870) В НЕВОЛЕ, КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ВИДА

П. И. Половой, Е. В. Рябова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
ryapitschi@yandex.ru*

Сибирский углозуб (*Salamandrella keyserlingii* Dybowsky 1870) относится к семейству Углозубые (Hynobiidae), из отряда Хвостатые (Caudata). Длина его тела 9–12 см. Он ведёт сумеречно-ночной образ жизни, питаясь мелкими беспозвоночными. Уникальная физиологическая особенность углозуба состоит в его морозоустойчивости. Даже охлаждение до – 35 °С в большинстве случаев безвредно для него (Берман, 2007).

Основной ареал вида в России – север Сибири и Дальнего Востока. Западнее Урала повсюду немногочислен в таежной зоне. Сибирский углозуб занесен в региональные Красные книги Вологодской, Костромской, Нижегородской областей, Республик Коми, Марий Эл и Удмуртской Республики (Красная ..., 2014)

В Кировской области сибирский углозуб так же занесен в региональную Красную книгу – III категория, редкий малочисленный вид, реликт плейстоценового периода. Встречается преимущественно в северных и центральных районах: Афанасьевском, Верхнекамском, Зуевском, Лузском, Нагорском, Омут-

нинском, Опаринском, Подосиновском, Слободском, Фаленском, Шабалинском (Красная ..., 2014).

В «Национальной стратегии сохранения биоразнообразия в Российской Федерации» (Национальная ..., 2001) указываются различные пути сохранения видов, одним из которых является довольно актуальный на сегодняшний день метод *ex-situ*. Он предполагает разведение редких и исчезающих в неволе, путём содержания в питомниках, зоопарках, ботанических садах, с последующим в случае необходимости выпуском в естественную среду обитания. Одним из лимитирующих факторов для сибирского углозуба в условиях Кировской области является пересыхание нерестовых водоемов (луж, придорожных канав и т. п.) (Красная ..., 2014).

В связи с вышесказанным, нами была предпринята экспериментальная попытка изучения возможности сохранения личинок углозуба в домашних условиях с целью сохранения данного вида. Для проведения эксперимента в середине июня 2014 г. нами были отобраны 4 личинки сибирского углозуба из небольшой придорожной канавы. Далее они были переведены в небольшой аквариум. Личинки вели активный образ жизни, однако в течение месяца 3 личинки погибли в результате нанесения увечий друг другу. Это, по нашему мнению, связано с каннибализмом, который присутствует на протяжении всего развития сибирского углозуба. Каннибализм в формах личинка-личинка, взрослый-личинка и взрослый-сеголеток может отмечаться как в природе, так и в неволе (Кузьмин, 2012). К концу августа 2014 г. последняя оставшаяся личинка сумела достигнуть стадии сеголетка и выйти в наземно-воздушную среду. Размеры её на тот момент составляли 30 мм в длину и 5 мм в толщину. После проведения эксперимента, данная особь была возвращена в естественную среду обитания на месте изъятия.

Этот опыт показывает возможность сохранения видов даже в домашних условиях, но он требует совершенствования. Личиночный каннибализм, по нашему мнению, является возможным риском при содержании и разведении сеголеток углозуба. Чтобы избежать этого, аквариум для содержания личинок и сеголеток должен быть значительных размеров и в нем необходимо разместить камешки, веточки, водные и (или) искусственные растения, которые позволят ограничить контакты личинок друг с другом. Так же немаловажно усиленное белковое кормление личинок. Таким способом, их вполне можно сохранить целыми и невредимыми на протяжении всего развития.

Литература

Берман Д. И. Экология животных Северо-Восточной Азии и реконструкция плейстоценовых ландшафтов Берингии: Автореф. дис. ... докт. М., 2007. 58 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой, Е. П. Лачоха, В. М. Рябова, В. Н. Сотникова, Е. М. Тарасовой, Л. Г. Целищевой. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Кузьмин С. Л. Земноводные бывшего СССР. Изд. 2-е. М.: Т-во научных изданий КМК, 2012. 370 с.

Национальная Стратегия сохранения биоразнообразия России. М., 2001. 76 с.

ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ЖУЖЕЛИЦ ПОЙМЕННЫХ ЛЕСОВ В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ» В 2012–2013 ГГ.

М. Н. Двойнишникова¹, Л. Г. Целищева²

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Государственный природный заповедник «Нургуш»,

nurgush@zapovednik.kirov.ru

В 2015 г. девиз «Марша парков»: «Почвы – бесценное природное наследие». Познание и оценка биоразнообразия почв необходимы для комплексной оценки экологического состояния экосистем и их динамики. Семейство жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) – одно из самых значительных среди почвенных беспозвоночных как по числу видов, так и по их роли в естественных биоценозах. В последние годы активно изучается население жуужелиц пойм, однако закономерности его пространственно-временной дифференциации остаются дискуссионными. Некоторые сведения по фауне и населению жуужелиц заповедника «Нургуш» опубликованы (Целищева, 2010, 2012; Двойнишникова, Целищева, 2013), но недостаточно изучены сезонные аспекты населения жуужелиц.

Целью работы было исследование динамики населения жуужелиц пойменных лесов в 2012–2013 гг. в заповеднике «Нургуш».

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить видовой состав жуужелиц пойменных лесов в 2012–2013 гг.,
- 2) выявить доминантные виды жуужелиц,
- 3) описать сезонную динамику попадаемости и разнообразия населения жуужелиц.

Материал собран в заповеднике «Нургуш» в течение вегетационных сезонов 2012–2013 гг. в 3 биоценозах: липово-дубовом лесу клеверо-снытево-костровом; дубняке чи́но-подмаренниково-снытево-клеверном и осиново-липовом лесу хвощево-будрово-снытевом. В качестве ловушек Барбера использовались пластиковые стаканы объемом 0,5 л с фиксатором (4% формалин). В каждом биоценозе устанавливалась линия из 10 ловушек, время экспозиции – декада. За два года отработано 8927 ловушко-суток, определено 3258 экземпляров имаго жуужелиц. Определения видов подтверждены К. В. Макаровым (МПГУ, г. Москва). Оценка роли видов в сообществе осуществлена с использованием пятибалльной шкалы (Песенко, 1982). Виды, имеющие балл обилия 4 и 5, рассматривались как доминантные.

В изученных лесных сообществах заповедника «Нургуш» в 2012 г. было зарегистрировано 48 видов жуужелиц, относящихся к 21 роду, а в 2013 г. – 54 и 22 соответственно. Наши данные подтверждают, что население жуужелиц пойменных лесов отличается достаточно стабильным и разнообразным видовым составом, как и в предыдущие годы, когда отмечалось 48–55 видов (Целищева, 2010, 2012). В 2012–2013 гг. преобладали представители родов *Pterostichus* (12/13 видов), *Carabus* (4/5), *Agonum* (4/6), *Amara* (3) и *Harpalus* (3).

Во всех исследованных пойменных сообществах доминировали (балл обилия 4–5): *Carabus arcensis*, *C. cancellatus*, *C. granulatus*, *Pterostichus*

oblongopunctatus, *P. melanarius*, *P. mannerheimi*, *Platynus krynickii*. Обычными видами (балл обилия 3) были *Carabus stscheglowi*, *Cychrus caraboides*, *Pterostichus niger*. Некоторые редкие виды, типичные обитатели пойменных лесов, встречались не каждый год, так в 2012 г. не отмечены *Carabus henningi*, *C. menetriesi*, а в 2013 г. – *Platynus livens*, *Calosoma inquisitor*.

Видовое богатство в пойменных лесах в период исследования было достаточно высоким – 31–36 видов в 2012 г. и 33–44 соответственно в 2013 г. Наибольшее разнообразие в 2012 г. отмечено в осиново-липовом лесу (36 видов), а наибольшая численность зарегистрирована в липово-дубовом лесу (95,7 экз./10 лов.сут.), а в 2013 г. наибольшее разнообразие (44 вида) и численность (69,5 экз./10 лов.сут) были в липово-дубовом лесу.

Для фауны заповедника за период исследования зарегистрировано 7 новых видов жуужелиц: *Dyschiriodes globosus*, *Amara aenea*, *A. convexior*, *Harpalus laevipes*, *Lebia chlorocephala*, *Dromius agilis*, *Badister unipustulatus*.

Динамика видового состава в лесах имела общую тенденцию снижения таксономического разнообразия в течение вегетационного сезона (рис. 1). Наибольшее число видов регистрировалось в липово-дубовом лесу во второй-третьей декадах мая: 24 вида (2012 г.) и 28 видов (2013 г.).

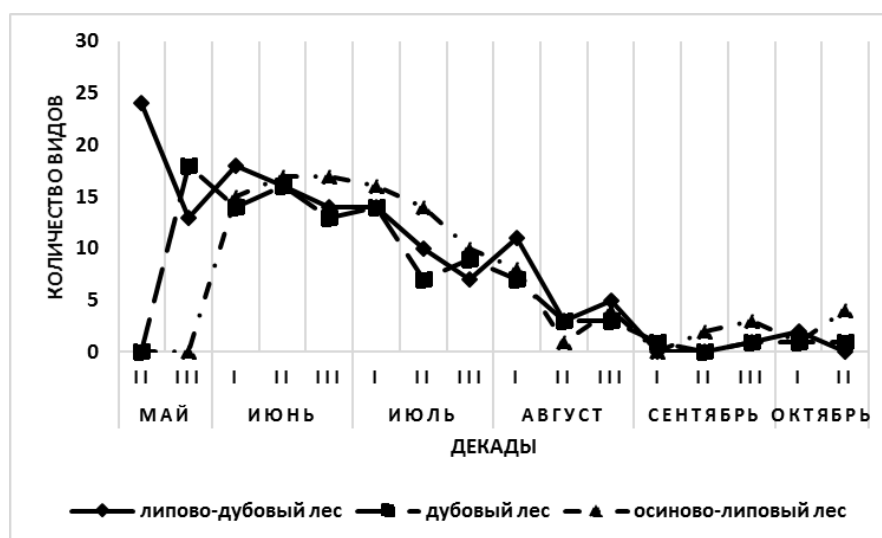


Рис. 1. Динамика изменения количества видов жуужелиц в пойменных лесах в 2012 г.

В пойменных лесах заповедника прослежены некоторые тенденции смены сезонных аспектов доминантных и обычных видов. Весенний аспект представлен в основном *P. oblongopunctatus* и *Platynus krynickii*, иногда аспект дополнял *P. melanarius*, обладающий в заповеднике мультисезонной активностью (Двойнишникова, Целищева, 2014). Раннелетний аспект отличался от остальных большим таксономическим разнообразием, и наличием набора характерных для этого сезона видов: *Carabus arcensis*, *C. cancellatus*, *C. granulatus*, *C. stscheglowi*, *Pterostichus mannerheimi*, в дополнение к ним могли встречаться мультисезонные *P. melanarius* и *P. niger*. Среднелетний комплекс жуужелиц включал преимущество представителей рода *Pterostichus*: *P. mannerheimi*, *P. melanarius*, *P. niger* и *Cychrus caraboides*. В позднелетнем аспекте доминиро-

вал *Cychrus caraboides* и единично встречались представители весеннего аспекта. Осенью характерных видов не выделялось.

Численность жужелиц за сезон в 2012 г. была почти в 2 раза ниже, чем в предыдущие годы, тенденция снижения численности продолжилась в 2013 г. Вероятно, высокое и продолжительное половодье в эти годы привело к их частичной гибели.

Сезонная динамика попадаемости жужелиц в этих биоценозах была скачкообразная: с началом вегетации наблюдалось быстрое нарастание попадаемости, максимум приходится на май-июнь и незначительный подъем в июле, к осени попадаемость равномерно снижается (рис. 2, 3).

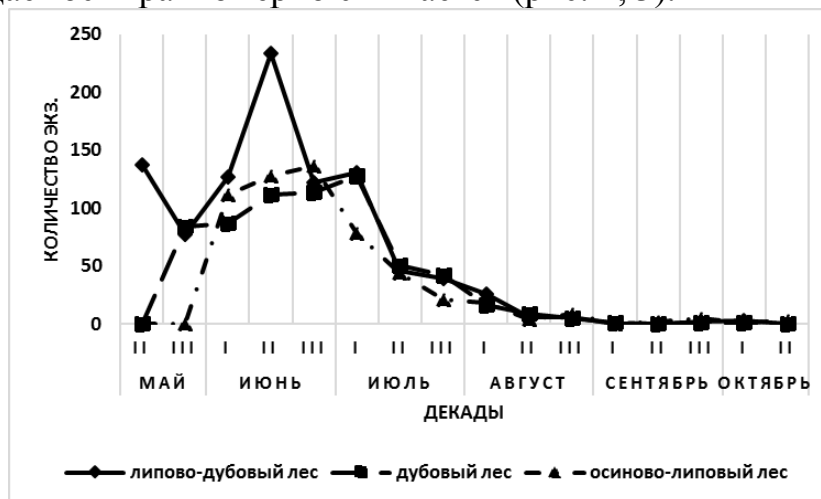


Рис. 2. Сезонная динамика попадаемости (экз./100 лов. сут.) жужелиц в пойменных лесах заповедника «Нургуш» в 2012 г.

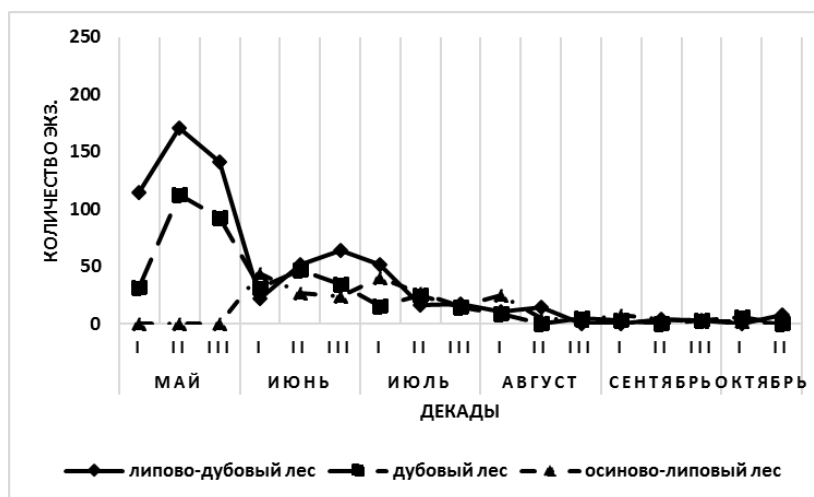


Рис. 3. Сезонная динамика попадаемости (экз./100 лов.сут.) жужелиц в пойменных лесах заповедника «Нургуш» в 2013 г.

С помощью программы Past 2.17 были вычислены индексы сходства лесов по видовому обилию (по Bray-Curtis) и построена дендрограмма (рис. 4). Наибольшим коэффициентом сходства обладали липо-дубовый и дубовый лес (67%), а сходство их с осиново-липовым лесом не превышало 55%. Различия в населении жужелиц обусловлены, вероятно, особенностями почвенно-растительных условий сообществ: липово-дубовый и дубовый леса — это ти-

пичные широколиственные биоценозы, а осиново-липовый лес включает также мелколиственные породы и отличается продолжительным затоплением во время весеннего половодья.

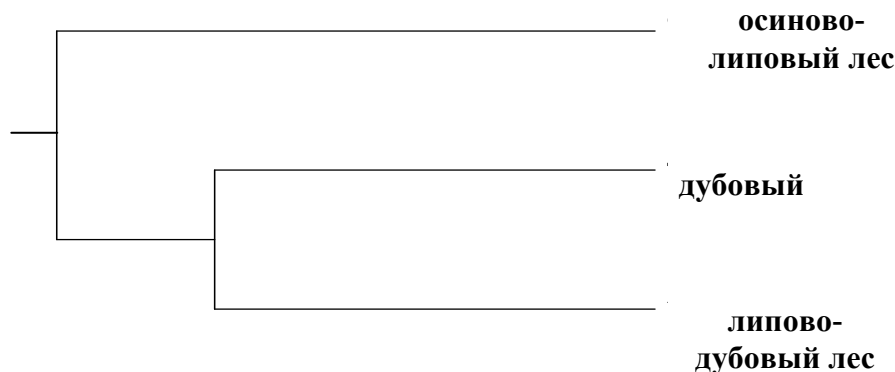


Рис. 4. Дендрограмма сходства пойменных лесов по видовому обилию (по Bray-Curtis)

Таким образом, специфика населения жуужелиц пойменных лесов – высокое видовое разнообразие и численное обилие. Большое влияние на динамику видового состава и численности оказывают условия весеннего половодья. Население жуужелиц изученных пойменных сообществ отличалось максимальным видовым разнообразием в конце мая – начале июня. Наибольшая численность в сообществах отмечалась в середине июня. Прослежены некоторые тенденции смены сезонных аспектов жуужелиц: в пойменных лесах весенний аспект из-за затопления слабо выражен, наиболее представлен раннелетний аспект, осенний аспект не прослеживался.

Литература

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.

Двойнишникова М. Н., Целищева Л. Г. Особенности населения жуужелиц широколиственных лесов заповедника «Нургуш» в условиях высокого половодья // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки эколог. проектов с междунар. уч. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 60–62.

Целищева Л. Г. Население жуужелиц широколиственных сообществ заповедника «Нургуш» // Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации: Материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Ч. 2. Киров: ООО «Лобань», 2010. С. 24–28.

Целищева Л. Г. Пространственная структура населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) пойменных сообществ заповедника «Нургуш» // Многолетние процессы в природных комплексах заповедников России: Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию Центрально-Лесного гос. прир. биосф. заповедника. Великие Луки, 2012. С. 239–244.

НАСТОЯЩИЕ ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫЕ (INSECTA, HEMIPTERA) ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БЕЛАРУСИ

А. М. Островский

*Гомельский государственный медицинский университет,
Arti301989@mail.ru*

Полужесткокрылые (Hemiptera) – один из отрядов насекомых с неполным превращением, ведущих наземный и водный образ жизни и играющих существенную роль в природе и экономике человека. В мировой фауне известно около 40 000 видов, относящихся к 50 семействам (Гадабортева, 2006). По пищевой специализации большинство являются фитофагами, в связи с чем, при определенной численности, могут пагубно влиять на урожай различных сельскохозяйственных культур, а также на состояние лесов и парковых насаждений. Некоторые виды – паразиты человека и животных. Поэтому изучение полужесткокрылых имеет не только научный, но и практический интерес.

Однако, несмотря на важное хозяйственное значение видовой состав, экология и географическое распространение полужесткокрылых на территории Беларуси до настоящего времени остаются малоизученными. По последним данным для территории Беларуси указывается более 500 видов клопов, относящихся к 33 семействам из 6 подотрядов (Lukashuk, 1997).

Особый интерес с точки зрения зоогеографии и фауногенеза представляет территория юго-востока республики. К примеру, район Полесья – излюбленное место теплолюбивых видов – до сих пор недостаточно изучен. По этой причине сложно говорить о насекомых, обитающих там. В результате многолетних планомерных исследований нами установлено обитание в этом регионе многих редких и малоизученных видов беспозвоночных (Островский, 2012).

В связи с вышесказанным основной целью наших исследований явилось изучение биологического разнообразия настоящих полужесткокрылых на территории Юго-Восточной Беларуси.

Материалом для изучения послужили собственные сборы, которые проводились в течение 1998–2014 гг. на территории Буда-Кошелевского и Гомельского районов Гомельской области.

Отлов полужесткокрылых осуществлялся вручную и методом кошения энтомологическим сачком в различных типах наземных и водных экосистем:

- 1) Широколиственный лес с преобладанием осины и березы в 3 км севернее г.п. Уваровичи Буда-Кошелевского р-на.
- 2) Плодовые сады в г.п. Уваровичи Буда-Кошелевского р-на.
- 3) Заливные луга в пойме р. Уза на участке от дер. Теклевка до дер. Старая Гусевица Буда-Кошелевского р-на.
- 4) Суходольные низкотравные луга между г.п. Уваровичи и дер. Теклевка Буда-Кошелевского р-на.
- 5) Лесные карьеры близ дер. Теклевка Буда-Кошелевского р-на, образованные вследствие выемки песка и глины для функционировавшего в прошлом здесь кирпичного завода.

- 6) Опушка леса и вырубки близ дер. Радеево Буда-Кошелевского р-на.
- 7) Старый кленовый сквер в г.п. Уваровичи Буда-Кошелевского р-на.
- 8) Открытые цветущие пространства на возделываемых землях в г.п. Уваровичи Буда-Кошелевского р-на.
- 9) Живые изгороди и заросли кустарников на юго-восточной окраине г.п. Уваровичи Буда-Кошелевского р-на.
- 10) Агроценозы бобовых (в основном, клевера) между дер. Теклевка и пос. Пенчин Буда-Кошелевского р-на.
- 11) р. Уза и мелиоративные каналы на участке от г.п. Уваровичи до д. Теклевка Буда-Кошелевского района и близ дер. Уза Гомельского р-на.
- 12) Верховые болота близ пос. Красное Знамя Буда-Кошелевского р-на.
- 13) Залив р. Сож на юго-западной окраине г. Гомеля.
- 14) Низинных болот в Кореневском лесничестве Гомельского р-на.
- 15) Пойма р. Сож с заболоченными участками и неглубокими пойменными депрессиями на протяжении от д. Осовцы до пос. Кленки Гомельского р-на.
- 16) Смешанный лес на южной окраине г. Гомеля.
- 17) Рыбоводческий пруд по ул. Базарная в г.п. Уваровичи.
- 18) Выгребные ямы и отстойники.
- 19) Временные водоемы (лужи).
- 20) Амбары и чердаки жилых домов.

Определение насекомых производили с помощью определителей (Бей-Биенко, 1964; Мамаев, Медведев, Правдин, 1976; Чайнери, 2001). Для изучения морфологических особенностей отдельных видов клопов использовали бинокулярный микроскоп МБС-10. Собранный материал хранится в коллекции автора.

При анализе собранного материала определено 57 видов клопов, относящихся к 18 семействам из 4 подотрядов:

Подотряд – Nepomorpha

I. Сем. Водяные скорпионы – Nepidae

- 1) Водяной скорпион обыкновенный (*Nepa cineria* L.)
- 2) Ранатра линейная (*Ranatra linearis* L.)

II. Сем. Гребляки – Corixidae

- 3) Гребляк Линнея (*Hesperocorixa linnaei* Fieb.)
- 4) Гребляк Зальберга (*H. sahlbergi* Fieb.)
- 5) Гребляк-крошка (*Micronecta pusilla* Horv.)

III. Сем. Плавты – Naucoridae

- 6) Плавт клоповидный (*Ilyocoris cimicoides* L.)

IV. Сем. Гладыши – Notonectidae

- 7) Гладыш обыкновенный (*Notonecta glauca* L.)

Подотряд – Gerromorpha

V. Сем. Водомерки – Gerridae

- 8) Водомерка рыжая (*Limnoporus rufoscutellatus* Latr.)
- 9) Водомерка болотная (*Aquarius paludum* F.)
- 10) Водомерка прудовая (*Gerris lacustris* L.)

Подотряд – Cimicomorpha

VI. Сем. Хищницы – Reduviidae

- 11) Хищнец ряженный (*Reduvius personatus* L.)
- 12) Пиголампис двузубый (*Pygolampis bidentata* Gz.)

VII. Сем. Клопы-охотники – Nabidae

13) Охотник бескрылый (*Himacerus apterus* L.)

14) Охотник свирепый (*Nabis fesus* L.)

15) *Prostemma aeneicolle* Stein.

Подотряд - Pentatomorpha

VIII. Сем. Подкорники – Aradidae

16) Подкорник березовый (*Aradus betulae* L.)

17) Подкорник осиновый (*Mezira tremulae* Germ.)

IX. Сем. Красноклопы – Pyrrhocoridae

18) Красноклоп бескрылый (*Pyrrhocoris apterus* L.)

X. Сем. Наземники – Lygaeidae

19) Афанус Роландра (*Aphanus rolandri* L.)

20) Дримус лесной (*Drymus sylvaticus* F.)

21) Мегалонотус Хирагра (*Megalonotus chiragra* F.)

22) Рипарохромус боровой (*Rhyparochromus vulgaris* Schiff.)

23) Трапезонотус песчаный (*Trapezonotus arenarius* L.)

XI. Сем. Узкоглавы – Stenocephalidae

24) Узкоглав юркий (*Dicranocephalus agilis* Scop.)

XII. Сем. Алииды – Alydidae

25) Алидус темный (*Alydus calcaratus* L.)

XIII. Сем. Краевики – Coreidae

26) Краевик окаймленный (*Coreus marginatus* L.)

27) Краевик ромбический (*Syromastus rhombeus* L.)

28) Краевик зубчатогрудый (*Coriomeris scabricornis* Panz.)

XIV. Сем. Булавники – Rhopalidae

29) Булавник беленовый (*Corizus hyoscyami* L.)

30) Булавник пятнистый (*Rhopalus maculatus* Fieb.)

31) Булавник красноватый (*Rh. subrufus* Gmel.)

32) *Rh. conspersus* Fieb.

33) Стиктоплевр светлый (*Stictopleurus abutilon* Rossi)

34) Стиктоплевр жилкоточечный (*St. punctatonevrosus* Gz.)

XV. Сем. Древесные щитники – Acanthosomatidae

35) Килевик кровоточивый (*Acanthosoma haemorrhoidale* L.)

36) Килевик испещренный (*Elasmotethus interstinctus* L.)

37) Щитник березовый (*Elasmucha betulae* Deg.)

XVI. Сем. Земельные щитники – Cydnidae

38) Землекоп двуточечный (*Adomerus biguttatus* L.)

XVII. Сем. Щитники-черепашки – Scutelleridae

39) Черепашка австрийская (*Eurygaster austriaca* Schrank)

40) Черепашка черепашковидная (*E. testudinaria* Geoffr.)

XVIII. Сем. Щитники – Pentatomidae

41) Клоп итальянский (*Graphosoma lineatum* L.)

42) Щитник остроголовый (*Aelia acuminata* L.)

43) Щитник красноногий (*Pentatoma rufipes* L.)

44) Щитник сосновый (*Pitedia pinicola* Muls.)

45) Щитник зеленый древесный (*Palomena prasina* L.)

46) Щитник ярко-зеленый (*P. viridissima* Poda)

47) Щитник огородный (*Eurydema oleracea* L.)

48) Щитник ягодный (*Dolycoris baccarum* L.)

49) Щитник весенний (*Holcostethus vernalis* Wolf.)

50) Щитник черношипый (*Carpocoris fuscispinus* Boh.)

51) Щитник пурпурнокрылый (*C. purpureipennis* Deg.)

52) Щитник двузубчатый (*Picromerus bidens* L.)

- 53) Щитник синий (*Zicrona caerulea* L.)
- 54) Арма ольховая (*Arma custos* F.)
- 55) Подопс матовый (*Podops inunctus* F.)
- 56) Щитник люцерновый (*Piezodorus lituratus* F.)
- 57) Щитник ивовый (*Rhacognathus punctatus* L.)

Сравнение видовых списков полужесткокрылых различных экосистем показало, что только 37 видов являются общими и распространены по всему району исследований. Остальные 20 видов на территории региона немногочисленны и имеют локальное распространение, встречаясь в видоспецифических местообитаниях. В целом, список обитающих в юго-восточной части Беларуси полужесткокрылых в дальнейшем, очевидно, будет расширен, так как некоторая часть собранного материала до вида пока не определена.

Таким образом, полученные результаты исследования по изучению биоразнообразия настоящих полужесткокрылых Юго-Восточной Беларуси расширяют научные представления о распространении некоторых видов на территории нашей республики.

Литература

Бей-Биенко Г. Я. Определитель насекомых Европейской части СССР: в пяти томах. Т. I. Низшие древнекрылые, с неполным превращением. Москва-Ленинград: Наука, 1964. 937 с.

Гадабортева М. А. Эколого-фаунистическая и зоогеографическая характеристика полужесткокрылых (Hemiptera-Heteroptera) Таргимской и Джейрахской аридных котловин Северо-Восточной части Большого Кавказа: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Дагестанский гос. ун-т. Махачкала, 2006. 26 с.

Мамаев Б. М., Медведев Л. Н., Правдин Ф. Н. Определитель насекомых европейской части СССР. Учеб. пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов. М.: Просвещение, 1976. 304 с.

Островский А. М. О перспективах энтомологических исследований в Беларуси // Междисциплинарные исследования в науке и образовании: Биологические науки. Сб. трудов Первой Междунар. науч.-метод. конф. [Электронный ресурс], 2012. <http://mino.esrae.ru/158-881>.

Чайнери М. Насекомые: пер. с англ. Д. С. Щигель. М.: Астрель: ООО «Издательство АСТ», 2001. 256 с.

Lukashuk A. O. Annotated list of the Heteroptera of Belarus and Baltia. St-Petersburg: Science, 1997. 45 p.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ШМЕЛЕЙ НАГОРСКОГО И ЮРЬЯНСКОГО РАЙОНОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. В. Казакова, Г. Н. Ходырев

Вятский государственный гуманитарный университет

Актуальность выбранной темы обусловлена большим значением шмелей как опылителей для хозяйственной деятельности человека. Отмечено, что шмели являются более эффективными опылителями, чем пчёлы – за одно и то же время пчела посещает 12–13 цветков клевера, а шмель – 25, затрачивая 5–10 с на посещение одного цветка (Ащеулов, 2001).

Деятельность человека приводит к сокращению численности многих видов шмелей в разных странах мира. Главные причины этого - сплошная распашка земель, неумеренный покос луговой растительности, перевыпас скота, массированное использование инсектицидов и умышленное их уничтожение. Особенно это касается видов, гнездящихся на земле.

С целью выявления редких видов и их охраны необходимо исследование распространения шмелей. В том числе, такие исследования необходимо проводить и на территории Кировской области. Исследования видового разнообразия, биологии и экологии шмелей будет способствовать более эффективному использованию данных насекомых в хозяйственных и иных целях, сохранению редких и исчезающих видов. На территории Кировской области на сегодняшний день отмечено 36 видов (Левченко, Юферов, 2013). Для сравнения в Удмуртии известно 39 видов (Адаховский, 2007). На сопредельной с Кировской областью территории южной тайги Республики Коми зарегистрировано 19 видов (Филиппов, Долгин, 2012)

Нами проводился сбор шмелей в летнее время в Нагорском районе Кировской области (посёлок Бажелка, июль – август 2013 г.) и Юрьянском районе Кировской области (деревня Высокого, август – сентябрь 2014 г.). Шмелей собирали вручную, после полудня (с 12 до 15 часов) – в период наибольшей их активности.

Всего собрано 103 особи, относящихся к 9 видам и двум формам (табл.). По материалам исследования оформлена коллекция шмелей и составлен фаунистический список. Номенклатура названий шмелей приведена в соответствии с каталогом мировой фауны шмелей (Williams, 1998).

Таблица

Видовой состав шмелей исследованных территорий

Вид	Д. Высоково, Юрьянский район	Пос. Бажелка, Нагорский район	Всего
<i>Bombus distinguendus</i> F. Mor.	-	2	2
<i>B. hortorum</i> (L.)	2	17	19
<i>B. hypnorum</i> (L.)	-	7	7
<i>B. jonellus</i> Kirby.	5	-	5
<i>B. lucorum</i> (L.)	30	9	39
<i>B. pascuorum</i> (Scop.)	1	16	17
<i>B. pratorum</i> (L.)	-	4	4
<i>B. sylvarum</i> (L.)	1	3	4
<i>B. veteranus</i> (F.)	2	4	6
Число особей	41	62	103
Число видов	6	8	9
Индекс Бергера-Паркера	0,56	0,19	0,22
Индекс Менхиника	0,94	1,02	0,89
Индекс Маргалефа	1,35	1,70	1,73

В окрестностях посёлка Бажелка (Нагорский район) обнаружено 8 видов и 2 формы шмелей. Самыми многочисленными оказались виды: *Bombus hortorum* L., *B. agrorum* F., *B. lucorum* L., *B. hypnorum* L. Реже встречались *B. sylvarum* L., *B. veteranus* F., *B. pratorum* L., *B. distinguendus* F. Mor., индекс

видового биоразнообразия по Маргалефу составил – 1,7, по Менхинику индекс биоразнообразия – 1,02.

В окрестностях деревни Высково (Юрьянский район) обнаружено 6 видов шмелей. Самыми многочисленными в наших сборах оказался вид *Bombus lucorum* L. Реже встречались *Bombus jonellus* Kirby, *B. hortorum* L., *B. pascuorum* F., *B. veteranus* F., *B. sylvarum* L., индекс видового разнообразия по Маргалефу составил – 1,35, по Менхинику – 0,94.

Сравнительный анализ видового разнообразия шмелей показал, что общими для обоих районов являются следующие виды: *Bombus hortorum* L., *B. pascuorum* F., *B. lucorum* L., *B. veteranus* F., *B. sylvarum* L (табл. 1). Только в Юрьянском районе нам встретился *B. jonellus* Kirby, а в Нагорском районе – *B. distinguendus* F. Mor.

Таким образом наиболее разнообразным оказалось население шмелей пос. Бажелка Нагорского района, что может свидетельствовать о более благоприятных условиях для их существования. Это связано со сроками сборов. В д. Высково сборы проводились, когда большинство медоносных растений отцвели. В дальнейшем возможно увеличение числа видов при условии дополнительных исследований в другие периоды вегетационного сезона.

Литература

Адаховский Д. А. Изучение фауны, экологии и разнообразия шмелиных Удмуртии. Ижевск, 2007. 112 с.

Ащеулов В. И. Шмели-опылители сельскохозяйственных растений в теплицах. Иваново, 2001. 233 с.

Левченко Т. В., Юфев Г. И. Уточнения и дополнения к списку видов пчел (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) Кировской области // Труды Государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 2. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. С. 99–108.

Филиппов Н. И., Долгин М. М. Ландшафтно-зональное распределение шмелей (Hymenoptera: Apidae, *Bombus* Latr.) северо-востока Европейской части России // Бюл. МО-ИП. Отд. биол. 2012. Т. 117. Вып. 5. С. 25–30.

Williams P. H. An annotated checklist of the bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, *Bombini* // Bulletin of the Natural History Museum, Entomology Series. 1998. V. 67. 1. P. 79–152.

КОМАРЫ КОМПЛЕКСА «*CULEX PIPIENS*» (DIPTERA, CULICIDAE) ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ БЕЛАРУСИ

А. М. Островский

Гомельский государственный медицинский университет

Комары комплекса «*Culex pipiens*» представляют большой научный и практический интерес. Они являются активными кровососами людей (особенно на урбанизированных территориях) и известны как переносчики возбудителей ряда опасных заболеваний человека. Высокая экологическая пластичность, сложная таксономическая структура и характер взаимоотношений между членами комплекса привлекают постоянное внимание исследователей, а широкое

Видовая идентификация кровососущих комаров рода *Culex* L.

N (молекулярно-генетический анализ)	Стадия развития	Дата сбора	Место сбора	Биотоп	Таксономический статус (количество)
1	2	3	4	5	6
28	имаго	25.09.2006	г. Минск, ул. Куйбышева, 87. ДДУ № 379	подвал	<i>pipiens</i> (28)
48	имаго	15.11.2006	г. Минск, ул. Бельского, 62. ДДУ № 462	Первый этаж	<i>pipiens</i> (47), <i>molestus</i> (1)
49	имаго	15.11.2006	г. Минск, ул. Лынькова, 67	подвал	<i>pipiens</i> (43), <i>molestus</i> (5), <i>torrentium</i> (1)?
48	имаго	16.11.2006	г. Минск, ул. Немига, 5	подъезд	<i>molestus</i> (48)
40	имаго	19.11.2006	Минская обл., г. Столбцы, ул. Маркса, 18	подвал (погреб)	<i>pipiens</i> (40)
48	имаго	29.09.2006	г. Минск, ул. Шугаева, 21	подвал	<i>pipiens</i> (46), <i>molestus</i> (2)
48	имаго	19.11.2006	Минская обл., г. Столбцы, ул. Титова, 25	подвал (погреб)	<i>pipiens</i> (47), <i>molestus</i> (1)
48	имаго	19.11.2006	Минская обл., г. Борисов, ул. Коминтерна, 8	подвал (погреб)	<i>pipiens</i> (48)
11	имаго	21.11.2006	Витебская обл., г. Браслав, ул. Октября	подвал (погреб)	<i>pipiens</i> (11)
23	личинки	15.08.2005	Гродненская обл., г. Слоним	озеро	<i>pipiens</i> (17), <i>torrentium</i> (6)
48	имаго	05.12.2006	г. Минск, ул. Филимонова, 47	подвал	<i>pipiens</i> (45), <i>molestus</i> (3)
23	имаго	05.12.2006	Витебская обл., г. Браслав, ул. Октября	подвал	<i>pipiens</i> (22), <i>molestus</i> или <i>torrentium</i> (1)
25	личинки	29.08.2005	Минская обл., г. Столбцы, р-н Задворье	заболоченность	<i>pipiens</i> (8), <i>torrentium</i> (17)
24	личинки	11.09.2005	г. Минск, ул. Шугаева	заболоченность	<i>pipiens</i> (15), <i>molestus</i> (1), <i>torrentium</i> (8)
24	имаго	07.12.2006	г. Минск, 1-я клиническая больница	Цокольный этаж, теплоузел, открытые люки	<i>pipiens</i> (21), <i>molestus</i> (3)
48	личинки	07.12.2006	г. Минск, 1-я клиническая больница		<i>molestus</i> (48)
30	имаго	21.06.2007	г. Гродно, ул. Щорса, д. 30	подвал	<i>pipiens</i> (14), <i>molestus</i> (16)
20	личинки	04.07.2007	Гродненская обл., Гродненский р-он, д. Коробчицы	временная лужа	<i>pipiens</i> (1), <i>torrentium</i> (19)
10	личинки	13.07.2007	Гродненская обл., Гродненский р-он	озеро Кань	<i>pipiens</i> (9), <i>molestus</i> (1)
30	имаго	11.07.2007	Гродненская обл., Вороновский р-он, д. Бояры	подвал	<i>pipiens</i> (22), неизвестные (8)

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
7	личинки	11.07.2007	Гродненская обл., Вороновский р-он, д. Бояры	временная лужа	<i>torrentium</i> (7)
30	имаго	15.07.2007	Гродненская обл., г. Слоним, ул. Ершова, д. 16 и 18	подвал	<i>pipiens</i> (29), <i>torrentium</i> (1)
30	имаго	28.06.2007	Гродненская обл., г. Щучин, ул. Ленина, д. 12	подвал	<i>pipiens</i> (30)
14	личинки	24.07.2007	Гродненская обл., Гродненский р-он	озеро Бросты	<i>pipiens</i> (13), <i>molestus</i> (1)
30	имаго	18.06.2007	Могилевская обл., Могилевский р-он, д. Ка- дино	подвал	<i>molestus</i> (30)
30	имаго	07.06.2007	Могилевская обл., Костюковичский р-он, г. Костюковичи	подвал	<i>pipiens</i> (1), <i>molestus</i> (29)
30	имаго	14.06.2007	Могилевская обл., Хотимский р-он, г. Хотимск	подвал	<i>pipiens</i> (2)+(1)? <i>molestus</i> (8)+(2)? <i>torrentium</i> (14)+(3)?
48	личинки	04.08.2007	Минская обл., г. Столбцы, ул. Титова, д. 25	ванна	<i>pipiens</i> (18) <i>torrentium</i> (22)+(8)?
30	личинки	17.07.2007	г. Минск, пос. Дворище	копанка (гипотермиче- ская)	<i>pipiens</i> (28), <i>torrentium</i> (2)
18	личинки	25.07.2007	Минская обл., г. Столбцы	ров (искусствен- ный, гипертер- мический, стоя- чий)	<i>pipiens</i> (10), <i>torrentium</i> (8)
23	личинки	04.08.2007	Минская обл., г. Столбцы	водоем хозяй- ственного назначения	<i>pipiens</i> (17), <i>torrentium</i> (6)
30	имаго	11.07.2007	Гомельская обл., Хойникский р-он	подвал	<i>pipiens</i> (6), <i>molestus</i> (23), <i>torrentium</i> (1)

распространение и высокая численность синантропных популяций делают глобальной проблемой разработку и совершенствование методов их контроля. В то же время определение восприимчивости к заражению требует предварительного решения задачи точной видовой идентификации переносчика, прежде всего видов-двойников комплекса «*Culex pipiens*».

Было исследовано 993 экземпляра имаго и личинок кровососущих комаров рода *Culex* L., собранных на территории Витебской, Минской, Гродненской, Могилевской, Гомельской областей и г. Минска. Сборы осуществлялись в открытых природных биотопах и подвальных местах выплода комаров в 2005–2007 гг. Идентификация проводилась при участии ГУ «Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья», ГНУ «Институт зоологии Национальной академии наук Беларуси» и НИИ биологии и биофизики ГОВ ВПО «Томский государственный университет» с использованием морфологических и молекулярно-генетических методов.

В результате проведенного исследования выявлены комары вида *Culex pipiens* L. (формы *pipiens* L. и *molestus* Forsk.), а также близкородственный вид *C. torrentium* Mart. Установлено, что как в естественных, так и в искусственно-созданных местообитаниях зарегистрированы однородные (представленные либо формой *pipiens* L., либо формой *molestus* Forsk.) и смешанные популяции (табл.).

Таким образом, комары комплекса «*Culex pipiens*» в природно-климатических условиях Беларуси представляют серьезную проблему как в биотопах естественного, так и искусственного происхождения. В больших городах они стали практически единственными компонентами гнуса, их нападения беспокоят людей и вызывают многочисленные жалобы. Специфические места выплода и развитие резистентности к применяемым инсектицидам чрезвычайно затрудняют борьбу с данной группой кровососов, а проводимые мероприятия, несмотря на большой объем, зачастую не достигают желаемой цели.

БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ-ХОРТОБИОНТЫ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ОАО «ОБЪЕДИНЕННАЯ ХИМИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ УРАЛХИМ»

С. В. Пестов

*Вятский государственный гуманитарный университет,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
Государственный природный заповедник «Нургуш»,
pestov@ib.komisc.ru*

Анализ влияния хозяйственной деятельности человека на окружающую среду в настоящее время приобретает все большую актуальность. Значительная часть работ, посвященных оценке воздействия антропогенных факторов на состояние экосистем, выполнена на беспозвоночных (Козлов, 1987). Особый интерес к ним неслучаен: эта многочисленная и экологически пластичная группа животных играет огромную роль практически во всех природных сообществах.

Беспозвоночные являются удобным объектом для подобных исследований, поскольку их требования к среде, чувствительность к изменению абиотических факторов и пищевые потребности очень разнообразны. В луговых экосистемах наиболее динамично изменяющейся структурой в зависимости от факторов окружающей среды обладает население травостоя (хортобионты). Ввиду многокомпонентности состава и его значительной лабильности во времени, хортобионтный комплекс демонстрирует широкий спектр реакций на внешние воздействия. В ряде работ была показана возможность использовать комплексы беспозвоночных-хортобионтов в качестве индикаторов антропогенного воздействия (Зверева, 1993; Нестерков, Воробейчик, 2009).

В 2010 г. было обследовано по четыре луговых участка в зоне влияния КирОВО-Чепецкого химического комбината – ОАО «Объединенная химическая компания Уралхим». Для оценки структуры сообщества беспозвоночных травостоя был использован метод кошения энтомологическим сачком. С каждого из четырех участков взято по три пробы по 25–30 взмахов каждая. Численность групп беспозвоночных пересчитывали на 100 взмахов сачка. В качестве интегральных показателей рассчитывались индексы биоразнообразия Бергера-Паркера, Менхиника и Шеннона.

В 2010 году проведены количественные сборы беспозвоночных обитателей травостоя на четырех луговых участках в зоне воздействия КЧХК. По фитоценоотическому составу наиболее близки участки 17, 18 и 19. Доминирующим видом на них является полевица. Содоминантами являются клевер средний и бедренец камнеломка. Средняя высота травостоя изменяется незначительно – от 60 до 70 см; она рассчитывалась как средняя высота первых трех доминантных видов с учетом проективного покрытия. Участок 11 отличается доминированием тимopheевки луговой и лисохвоста и значительно большей средней высотой травостоя, которая составила 112 см (табл.).

Параметры структуры и разнообразия беспозвоночных обитателей травостоя приведены в таблице. Наибольшая общая численность комплекса хортобионтов (1244 экз./100 взмахов) наблюдалась на участке 11, наименьшая (521,3 экз./100 взмахов) – на участке 18. Этот показатель достоверно возрастает с увеличением высоты травостоя (рис. 1). Доминирующей группой на участках 11, 17 и 18 являются клопы. Большинство видов этого отряда насекомых являются сосущими фитофагами. При увеличении антропогенной нагрузки роль сосущих фитофагов в луговых экосистемах повышается, что связано с деградацией растительности, сопровождающейся «аридизацией» наиболее загрязненных территорий (Нестерков, Воробейчик, 2009). На участке 19 клопы несколько уступают по обилию перепончатокрылым, которые представлены главным образом муравьями из рода *Myrmic*.

**Структура комплекса беспозвоночных-хортобиотнов на участках
в зоне влияния КЧХК**

Таксономическая группа	Участок 11		Участок 17		Участок 18		Участок 19	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Aranei – пауки	12,0	0,96	72	11,37	–	–	34,7	4,36
Mollusca – моллюски	13,3	1,07	–	–	–	–	–	–
Odonata – стрекозы	1,3	0,11	–	–	–	–	1,3	0,17
Orthoptera – прямокрылые	–	–	5,3	0,84	1,3	0,26	9,3	1,17
Heteroptera – клопы	836,0	67,20	225,3	35,58	216,0	41,43	204,0	25,67
Homoptera – равнокрылые	64,0	5,14	50,7	8,00	14,7	2,81	93,3	11,74
Coleoptera – жесткокрылые	109,3	8,79	46,7	7,37	57,3	11,00	34,7	4,36
Neuroptera – сетчатокрылые	2,7	0,21	1,3	0,21	4,0	0,77	–	–
Hymenoptera – перепончатокрылые	36,0	2,89	129,3	20,42	130,7	25,06	224,0	28,19
Lepidoptera – чешуекрылые	40,0	3,22	26,7	4,21	6,7	1,28	29,3	3,69
Diptera – двукрылые	129,3	10,40	76,0	12,00	90,7	17,39	164,0	20,64
Общая численность	1244,0		633,3		521,3		794,7	
Экологические индексы								
Индекс Шеннона	1,20		1,77		1,47		1,74	
Индекс Менхиника	0,28		0,36		0,35		0,32	
Индекс Бергера-Паркера	0,67		0,36		0,41		0,28	
Характеристики участков								
Расстояние от объекта, км	2,96		2,67		3,93		5,17	
Видов растений	33		44		30		38	
Видов цветущих растений	11		14		9		11	
Высота травостоя, см	112		58		56		70	

Примечание: А – количество особей в сборах (экз./100 взмахов сачком), Б – доля особей группы в сборах. Прочерк означает отсутствие группы в сборах.

Для измерения биологического разнообразия применяются достаточно большое количество разнородных индексов. Одним из наиболее популярных из них является индекс Шеннона, Менхиника и Бергера-Паркера. Первые два из них представляют интегральную оценку разнообразия экосистем. Увеличение их значений свидетельствует о наличии условий и ресурсов для обитания большего числа различных форм организмов. При сильных антропогенных нарушениях они, как правило, уменьшаются, но при умеренном воздействии возможно их возрастание. Индекс Бергера-Паркера отражает уровень доминирования в сообществах. Увеличение его говорит, что условия обитания в экосистеме благоприятствуют только одному виду или группе организмов, а остальные находятся в угнетенном состоянии. Исходя из этого можно заключить, что наиболее неблагоприятные условия для беспозвоночных хортобиотнов складываются на участке 11. Это возможно связано со спецификой видового состава растений, определяющих кормовую базу для насекомых-фитофагов. Корреляционный анализ показал, что с увеличением расстояния от комбината наблюдается возрастание относительного обилия двукрылых в комплексе хортобиотнов. Имеется так же положительная зависимость между общим числом видов расте-

ний и параметрами биологического разнообразия беспозвоночных-хортобионтов в изученных луговых экосистемах.

Кластерный анализ подтверждает результаты анализа рангового распределения. На рис. 1 видно, что первым выделяется из общего массива участок 11, за ним участок 18, а участки 17 и 19 оказываются наиболее схожими. Изменение в структуре комплекса беспозвоночных-хортобионтов зависит от природных и антропогенных факторов. При этом ведущая роль в динамике состава беспозвоночных принадлежит фитоценоотическим особенностям биотопа: высота травостоя и число видов растений. С удалением от объекта достоверно изменяется лишь относительное обилие двукрылых.

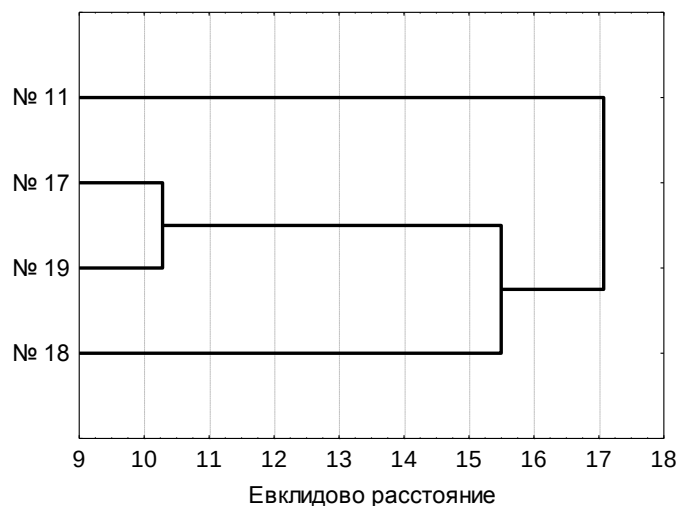


Рис. 1. Кластерная диаграмма различия сообществ хортобионтов

Помимо таксономического разнообразия исследованные участки отличаются структурой трофических групп (рис. 2). Наивысшая доля фитофагов наблюдается на участке 11. Из этого следует, что низкие показатели биоразнообразия связаны с отсутствием пресса хищников, которые наиболее чувствительны к загрязнению окружающей среды. Особенностью этого участка является отсутствие жалящих перепончатокрылых, что при наличии цветущих растений указывает на возрастание уровня антропогенной нагрузки. На участках 17 и 19 численность фитофагов ограничивается хищными насекомыми, которые в изученных сообществах наиболее обильно представлены божьими коровками и мухами-журчалками, муравьями. На участке 18 пресс хищников сочетается с влиянием паразитических насекомых из отряда перепончатокрылых (сем. Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae и др.). Трофическая структура комплекса хортобионтов на участках 17–19 типична для южной тайги (Домнина и др., 2014). Помимо перечисленных семейств перепончатокрылых паразитический образ жизни ведут некоторые двукрылые из сем. Pipunculidae (специализируются на равнокрылых) и Tachinidae (развиваются в личинках бабочек и жуков).

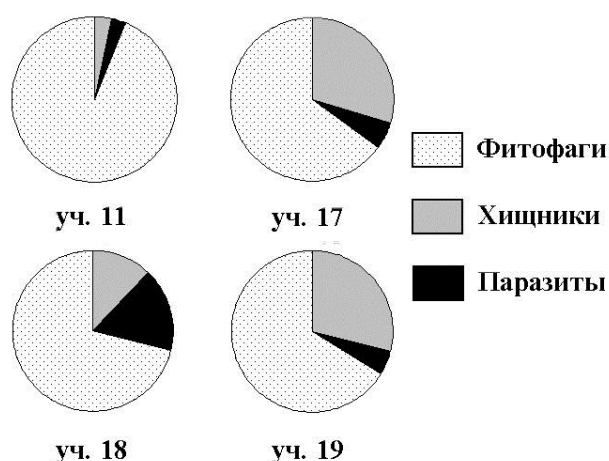


Рис. 2. Трофическая структура сообществ беспозвоночных хортобионтов

Исходя из полученных данных, можно заключить, что видовой состав насекомых на исследованной территории типичен для подзоны южной тайги. Определено 67 видов насекомых луговых экосистем. Изменения в структуре сообществ хортобионтов луговых экосистем зависят в первую очередь от естественных фитоценотических условий. Это проявляется в увеличении общей численности обитателей травостоя при увеличении высоты травостоя. Индекс Шеннона сообществ хортобионтов возрастает при увеличении числа видов растений в фитоценозе. Из крупных таксономических групп только двукрылые достоверно увеличивают относительное обилие при удалении от комбината. Состав обитателей травостоя луговых экосистем определяется комплексом разнонаправленных факторов и поэтому сообщества беспозвоночных-хортобионтов проявляют большую устойчивость к антропогенному влиянию.

Литература

Домнина Е. А., Огородникова С. Ю., Пестов С. В., Ашихмина Т. Я., Новойдарский Ю. В. Результаты биологического мониторинг в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области) // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Матер. XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 2. Киров, 2014. С. 111–114.

Зверева Е. Л. Влияние загрязнения среды промышленными выбросами на комплексы короткоусых двукрылых (Diptera, Brachycera) // Энтомологическое обозрение. 1993. Т. 72. Вып. 3. С. 558–569.

Нестерков А. В., Воробейчик Е. Л. Изменение структуры населения беспозвоночных-хортобионтов под действием выбросов медеплавильного завода // Экология, 2009. Вып. 4. С. 303–313.

БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БУЛАВОУСЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ (LEPIDOPTERA, RHOPALOCERA)

С. К. Корб

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
stanislavkorb@list.ru*

В современной литературе по экологии дневных бабочек отдельное место занимают вопросы биотопического распределения (Мартыненко, 2005; Ханамиян, Агабаниян, 2012; Чичвархин, 1997; др.). Работы, посвященные этой проблеме, написаны в основном по единому шаблону, включающему систематический список видов с приводящимися в нем данными о биотопическом распределении или биотопических предпочтениях. Такие работы не только громоздки, но и обычно лишены какого-либо анализа. На текущем этапе развития науки давать такие, можно сказать, «сырые» данные без их анализа малоинформативно и в целом видится нам устаревшим: кроме выявления биотопического распределения фауны нужно прогнозировать возможность заселения видами этой фауны интразональных, экстразональных и антропогенных биотопов. Такой прогноз может оказаться полезным для мероприятий по охране отдельных видов, а также наглядно покажет их адаптационный потенциал.

Материалом для настоящего сообщения послужили наши сборы и наблюдения, сделанные в Нижегородской области в 1988–2012 гг. (Корб, 2006; Корб и др., 2013), а также коллекционные материалы, хранящиеся в Зоологическом институте РАН, Зоологическом музее Нижегородского университета и Зоологическом музее Московского университета.

Нижегородская область находится на стыке двух природных зон: лесной и лесостепной, и имеет следующие типы биотопов:

1. Степные биотопы. Представлены главным образом на склонах балок и по нераспахиваемым краям полей в южных районах области (Княгининский, Лысковский, Краснооктябрьский, Вадский, Ардатовский, Лукояновский, Большемурашкинский и др.).

2. Луговые биотопы. Характерны для всей территории области. Наиболее характерны три типа лугов: суходольные (ксерофильные; характерны для обширных балок и оврагов), мезофильные (обширные луговины в лесных массивах и вблизи болот, наиболее характерны для северных районов области) и пойменные (гигрофильные луга в плоских поймах рек).

3. Болотные биотопы. Характерны для всей территории области, в северной ее части могут быть представлены обширными (до десятков тысяч га) массивами, в южной – носят островной характер и составляют часть сукцессионной цепи карстовых озер.

4. Лесные биотопы. В Нижегородской области представлены четыре типа леса: тайга (в подзоне южной европейской тайги, на юг до линии Ковернино – Семенов – Воскресенское; южнее представляют собой экстразональные вкрапления в других типах леса), смешанный лес (мелколиственные леса) – северная

и центральная части области, широколиственные леса (дубравы), главным образом в поймах крупных рек, и сосновые боры (центральная и южная части области).

5. Рудеральные биотопы. Различные виды захламленных стадий. Примеры: свалки, пустыри, строительные площадки и т.п. Мы используем термин «рудеральный биотоп» для всех таких стадий.

6. Антропогенные биотопы. Любые типы стадий, сформированные или видоизмененные человеком: антропоценозы (поля, огороды, сады) и урбоценозы (города и села).

7. Экстразональные и интразональные биотопы.

Биотопами с наибольшим видовым разнообразием являются суходольные (90 видов) и мезофильные луга (66 видов) и разнотравные степи (66 видов), наименьшее видовое богатство отмечено для тайги (3 вида), низинных болот (8 видов) и ковыльных степей (14 видов). Рудеральные биотопы относительно богаты видами (49). Антропогенные биотопы обоих типов (агроценозы – 33 вида, урбоценозы – 30 видов) обладают примерно одинаковым видовым богатством.

Отдельного внимания заслуживают интразональные и экстразональные биотопы. Для степных биотопов это различные типы леса и лугов по днищам балок (как правило, смешанное мелколесье и мезофильные луга, плавно переходящие в суходолы), для лесных – различные типы лугов (лесные поляны) и небольшие болота (особенно интересны небольшие верховые болота карстового происхождения в сосновых борах юга области и небольшие низинные болота в таежных массивах севера области), для луговых – лесные участки (как правило, мелколиственные или широколиственные). В экстразональных и интразональных биотопах степного типа выявлено 40 видов, лугового типа – 34 вида, лесного типа – 46 видов, болотного типа – 37 видов. Наибольшее видовое богатство экстразональных и интразональных биотопов лесного типа объясняется максимальным разнообразием здесь типов этих биотопов: это могут быть как луговые или болотные стадии, так и другие типы леса (например, широколиственные участки в сплошном массиве сосновых боров).

Антропогенные биотопы значительно беднее, чем рудеральные, очевидно, в силу того, что общее видовое богатство растительности в рудеральных стадиях выше, чем в антропогенных, представляющих зачастую монокультурные или олигокультурные насаждения (например: поля злаков, капусты, фруктовые сады и пр.), в которых трофические связи дневных бабочек в основном имеют место только с сорняками или хозяйственными культурами (в последнем случае бабочки вредят сельскому хозяйству, например: *Pieris napi*, *P. rapae*, *P. brassicae*).

Биотопическая приуроченность выглядит следующим образом. Стено-топных видов (занимающих 1–2 типа биотопов) в области 54 вида, т.е. немногим более трети фауны. Эти виды как правило не способны заселять экстразональные, интразональные и антропогенные стадии и являются наиболее уязвимыми. Олиготопных видов (занимающих от 3 до 6 типов биотопов) 57; видов средней степени эвритопности (занимают 7–8 типов биотопов) 9, а широко эвритопных видов (имеющих возможность заселять больше 8 типов биотопов) –

28. Очевидно, что стенотопность и олиготопность характерны для специализированных видов, не обладающих большой экологической пластичностью, тогда как средне- и широкоэвритопные виды имеют такую пластичность и могут заселять несвойственные для них биотопы при соблюдении определенных условий (наличие кормовой базы, отсутствие конкурентов и т.п.).

Средне- и широко-эвритопные виды, способные к заселению экстразональных и интразональных биотопов:

а) степного комплекса – *Papilio machaon*, *Leptidea sinapis*, *Anthocharis cardamines*, *Pieris napi*, *P. rapae*, *Aporia crataegi*, *Pontia edusa*, *Colias hyale*, *Gonepteryx rhamni*, *Lopinga achine*, *Chortobius pamphilus*, *Maniola jurtina*, *Araschnia levana*, *Aglais urticae*, *Inachis io*, *Vanessa cardui*, *Lycaena phlaeas*, *L. virgaureae*, *Cupido argiades*, *Polyommatus icarus*, *Carterocephalus palaemon*.

б) лугового комплекса: *Papilio machaon*, *Leptidea sinapis*, *Anthocharis cardamines*, *Pieris napi*, *P. rapae*, *Aporia crataegi*, *Pontia edusa*, *Colias hyale*, *Gonepteryx rhamni*, *Lopinga achine*, *Chortobius pamphilus*, *Maniola jurtina*, *Aphantopus hyperanthus*, *Araschnia levana*, *Aglais urticae*, *Euvanessa antiopa*, *Inachis io*, *Vanessa cardui*, *V. atalanta*, *Lycaena phlaeas*, *L. virgaureae*, *Cupido argiades*, *Polyommatus icarus*, *Carterocephalus palaemon*.

в) лесного комплекса: *Papilio machaon*, *Leptidea sinapis*, *Anthocharis cardamines*, *Pieris napi*, *P. rapae*, *Aporia crataegi*, *Pontia edusa*, *Gonepteryx rhamni*, *Lopinga achine*, *Chortobius pamphilus*, *Maniola jurtina*, *Aphantopus hyperanthus*, *Araschnia levana*, *Polygonia c-album*, *Aglais urticae*, *Euvanessa antiopa*, *Inachis io*, *Vanessa cardui*, *V. atalanta*, *Lycaena phlaeas*, *Cupido argiades*, *Polyommatus icarus*, *Carterocephalus palaemon*.

г) болотного комплекса: *Leptidea sinapis*, *Anthocharis cardamines*, *Pieris napi*, *P. rapae*, *Aporia crataegi*, *Pontia edusa*, *Colias hyale*, *Gonepteryx rhamni*, *Lopinga achine*, *Chortobius pamphilus*, *Maniola jurtina*, *Araschnia levana*, *Aglais urticae*, *Inachis io*, *Vanessa cardui*, *Lycaena phlaeas*, *L. virgaureae*, *Cupido argiades*, *Polyommatus icarus*, *Carterocephalus palaemon*.

Те же виды отмечены в рудеральных и антропогенных стациях. Таким образом, они являются наиболее адаптированными к изменениям среды и могут послужить основой для заселения экстразональных, интразональных и антропогенных биотопов.

При подсчете коэффициентов сходства фаун Rhopalocera биотопов Нижегородской области оказывается, что фауны подавляющего числа биотопов не сходны (значение коэффициента меньше 0,5). Вполне закономерное сходство имеют только биотопы степной и луговой групп, рудеральные и интразональные биотопы. Этот вывод противоречит распространенному положению, что биотопы в равнинных ландшафтах в основном сходны по их фаунистическому составу. Данное положение происходит из недостаточно тщательного анализа: в большинстве случаев вид маркируется как обитатель биотопа даже тогда, когда в биотопе отловлено 1–2 особи, имеющих явно случайное (залетное) происхождение; нами такие виды были из состава фаун биотопов исключены.

Таким образом, однозначно говорить о связях можно только для фаун булавоусых чешуекрылых суходольных лугов и разнотравной степи. Лесные фау-

ны настолько разнородны, что не образуют на дендрограмме сколько-нибудь обособленного кластера. Это легко объяснимо: лесные биотопы разного типа имеют различное происхождение (Dubatolov, Kosterin, 2000).

Литература

- Корб С. К. Дневные бабочки (Lepidoptera: Rhopalocera) Нижегородской области // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2006. Т. 111, Вып. 4. С. 8–14.
- Корб С. К., Затаковой А. А., Пожогин Д. А. Дополнение к фауне чешуекрылых (Lepidoptera) Нижегородской области // Эверсманния. 2013. Вып. 34. С. 57–59.
- Мартыненко А. Б. Биотопическое распределение дневных чешуекрылых (Lepidoptera, Diurna) в районе МБС «Заповедное» // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2005. С. 1641–1647.
- Муханов А. В. Галатея *Melanargia galathea* L. в Нижегородской области // Редкие виды живых организмов Нижегородской области. Нижний Новгород, 2010. Вып. 2. С. 106.
- Ханамирян Г. Г., Агабабян К. Э. Биотопическое распределение булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) в Мегринском регионе Армении // Кавк. Энт. Бюлл. 2012. Т. 8, вып. 1. С. 145–148.
- Четвериков С. С. Бабочки Горьковской области. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1993. 129 с.
- Чичвархин, А. Ю. Биотопическое распределение булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) в районе среднего течения реки Комиссаровка (Западное Приморье) // Чтения памяти А. И. Куренцова. 1997. Вып. 7. С. 101–116.
- Dubatolov V. V., Kosterin O. E. Nemoral species of Lepidoptera (Insecta) in Siberia: a novel view on their history and the timing of their range disjunctions // Entomologica Fennica. 2000. Vol. 11. P. 141–166.

ПАРАМЕТРЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА ТКАНЕЙ РЫБ КАК БИОМАРКЕРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

**И. И. Руднева, Е. Н. Скуратовская, В. Г. Шайда,
Т. Б. Ковырина, Д. Ю. Стороженко**

Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского

В настоящее время для анализа состояния водных объектов все чаще используется экотоксикологический подход, основанный на анализе ответных реакций гидробионтов на действие неблагоприятных факторов (Van der Oost et al., 2003). Для оценки негативных эффектов, вызванных загрязнением среды обитания, применяются многие критерии, показатели различного биологического уровня (биохимические, физиологические, морфологические, популяционные) (Adams, 2005). Одними из наиболее информативных биомаркеров являются параметры, характеризующие состояние окислительного стресса, инициированного неблагоприятными условиями жизни.

Прибрежные экосистемы Черного моря подвержены многим видам антропогенного воздействия, в них попадают коммунальные сточные воды, сливы с сельскохозяйственных угодий и морского транспорта. Исследование биомаркеров рыб, обитающих в бухтах с разной степенью загрязнения, дает возможность определить основную стратегию и механизмы структурно-функцио-

нальных изменений в организме при адаптации к условиям антропогенно-трансформированных морских экосистем.

Наши предыдущие исследования показали, что ферменты антиоксидантной системы тканей рыб, обитающих в черноморских бухтах в районе Севастополя, в разной степени подверженных влиянию хозяйственной деятельности, реагируют на уровень загрязнения (Руднева и др., 2011; Rudneva et al., 2012). Целью настоящей работы явилось изучение параметров окислительного стресса в печени морского ерша из двух севастопольских бухт, характеризующихся разным уровнем антропогенного воздействия.

Объектом исследований служил морской ерш *Scorpaena porcus* – типичный представитель донной ихтиофауны Черного моря. Рыб отлавливали в весенний период в 2012–2014 гг. в бухтах (Мартынова и Карантинная), расположенных в районе г. Севастополя с разным уровнем загрязнения (рис.).

Печень рыб извлекали, несколько раз промывали холодным физраствором, гомогенизировали, центрифугировали при 8000 g 15 минут. В полученных экстрактах определяли содержание ТБК-реактивных продуктов спекрофотометрическим методом на спектрофотометре Specol-211 (Carl Zeiss, Iena, Germany) (Стальная Гаришвили, 1977) и показатели хемилюминесценции (ХЛ) на люминометре 2010 (LKB, Швеция) путем индуцирования ХЛ перекисью водорода с сульфатом железа (Владимиров, 2001).

Статистический анализ данных осуществляли с использованием t-критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными в случае, если $p < 0,05$ (Лакин, 1990).

В бухте Мартынова нет прямых источников загрязнения, однако выпуски ливневых стоков из городского коллектора осуществляются в Севастопольскую бухту, частью которой она является. В результате этого загрязнители попадают в ее акваторию, а закрытое расположение бухты способствует их накоплению в донных осадках и в биоте.

Прибрежная акватория Карантинной бухты – это зона экологической реабилитации вод, так как, несмотря на наличие аварийного выпуска хозяйственно-бытовых стоков и «соседства» с сильно загрязненной Севастопольской бухтой, в ней за счет активного водообмена с прилегающей частью моря, а также наличия мидийной фермы, процессы деструкции органического вещества протекают достаточно интенсивно.



Рис. Районы отлова рыб в бухтах Севастополя

Как можно видеть в таблице, содержание ТБК-реактивных продуктов в печени морского ерша из двух тестируемых бухт существенно не различается. Однако, показатели ХЛ достоверно выше ($p < 0.05$) в экстрактах печени рыб, отловленных в бухте Мартынова по сравнению с соответствующими значениями особей из бухты Карантинная.

Таблица

Содержание ТБК-реактивных продуктов и показатели ХЛ в экстрактах печени морского ерша из двух бухт Севастополя

Параметры	Бухта Карантинная (n=20)	Бухта Мартынова (n=18)	Достоверность различий, p
ТБК-реактивные продукты, нмоль ТБК на мг белка	$4,5 \pm 0,2$	$4,3 \pm 0,2$	н/д
Инициированная ХЛ, ед.свечения на мг белка	$0,16 \pm 0,01$	$0,4 \pm 0,04$	$< 0,05$

Результаты исследований свидетельствуют о разной чувствительности биомаркеров тканей рыб на загрязнение среды обитания. Если накопление ТБК-реактивных продуктов в печени морского ерша не отличается у рыб из двух бухт, то показатели ХЛ свидетельствуют о более интенсивном уровне свободнорадикальных процессов у особей из бухты Мартынова, что может быть обусловлено большим загрязнением данной акватории.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 14-44-010114 «Поиск критериев оценки состояния морских прибрежных экосистем Севастопольского региона на основе биоиндикаторов рыб».

Литература

Владимиров Ю. А. Активированная хемилюминесценция и биолюминесценция как инструмент в медико-биологических исследованиях. // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. С. 16–20.

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

Стальная И. Д., Гаришвили Т. Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. С. 66–68.

Руднева И. И., Скуратовская Е. Н., Омельченко С. О., Залевская И. Н., Дорохова И. И., Граб Ю. А. Биоиндикация экологического состояния морских акваторий с помощью биомаркеров рыб // Водные ресурсы. 2011. Т. 38. № 1. С. 92–97.

Rudneva I. I., Skuratovskaya E. N., Dorohova I. I., Kovyrshina T. B. Application fish blood biomarkers in evaluation of marine environment health // Asian J. Exp. Biol. Sci. 2012. Vol. 2 (7). P. 19–25.

Adams S. M. Assessing cause and effect of multiple stressors on marine system // Marine Pollut. Bull. 2005. Vol. 51. № 8–12. P. 649–657.

Van der Oost, R., Beyer J., Vermeulen N.P.E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review // Environmental Toxicology and Pharmacology. 2003. V. 13. P. 57–149.

ЗАРАЖЕННОСТЬ ТРЕМАТОДАМИ ЛОСЕЙ ВЯТСКО-КАМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

О. В. Масленникова¹, Т. Г. Шихова², С. В. Панова¹

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
olgamaslen@yandex.ru

Недостаточная изученность зараженности диких копытных животных различными видами паразитов актуализирует необходимость исследования этого вопроса в условиях Вятско-Камского междуречья. В качестве модельного объекта выбран лось, промысел которого играет существенную роль в экономике северных районов России.

Для городских и сельских охотников Кировской области, лосиное мясо является ценным, а в некоторых случаях одним из основных продуктов питания. Кроме того, мясо диких копытных считается экологически более чистым и диетическим, нежели мясо сельскохозяйственных животных.

Слабая информированность охотников об инвазионных заболеваниях копытных приводит к ложным суждениям об их патогенности для человека. Утолщение и вздутие желчных ходов печени часто называют «финнозом», а это может быть заражение трематодами. У лося Кировской области в настоящий момент зарегистрировано 12 видов гельминтов, из них четыре вида трематод: *Parafasciolopsis fasciolaemorphae*, *Dicrocoelium lanceatum*, *Paramphistomum cervi*, *Liorchis scotiae*. Из них лишь *P. fasciolaemorphae* является облигатным паразитом лося, остальные встречаются редко.

Цель наших исследований – изучить зараженность и распространение трематод, поражающих печень лося, на территории Вятско-Камского междуречья в сезон охоты 2014–2015 гг.

Исследован материал из четырех районов Кировской области: Слободского, Белохолуницкого, Фаленского и Опаринского. Методом неполного гельминтологического вскрытия по методике К.И. Скрябина (1928) были исследованы куски печени от 30 лосей. Подсчитывалось количество трематод, определялся их вид, рассчитывались экстенсивность и интенсивность инвазии.

В печени лосей выявлено два вида трематод: *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* (Ejsmont, 1932) и *Dicrocoelium lanceatum* (Stiles et Hassall, 1896). Общая зараженность лосей трематодами составила 50%, т.е. 15 из 30 исследованных лосей были заражены трематодами. Парафасциолопсисы обнаружены в трех из четырех районов области, где проводились исследования. Экстенсивность инвазии (ЭИ) по Вятско-Камскому междуречью *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* составила 46,7%, интенсивность инвазии (ИИ) $4643,5 \pm 3471$ экз.

На территории научно-опытного охотхозяйства ВНИИОЗ (Слободской и Белохолуницкий районы) общая зараженность лосей трематодами также составила 50%, при экстенсивности инвазии *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* ЭИ – 45,5%, ИИ – $6283,8 \pm 4828,1$ экз. Все зараженные этой трематодой лоси на территории охотхозяйства ВНИИОЗ добыты в Слободском районе. ЭИ по Слободскому району составила 50% (из 20 исследованных лосей 10 имели в печени сосальщиков). Кроме того, у двух лосей из этого района в исследуемом образце печени сосальщики не обнаружены, но желчные протоки были настолько утолщены, что желчь не проводили. Такие изменения в печени характерны при трематодных паразитозах. Вероятно, это является следствием методической погрешности (малый размер образца печени).

В Фаленском районе зараженность лосей *P. fasciolaemorpha* составила 42,9% с небольшой ИИ – $344 \pm 238,6$ экз. В Опаринском районе зараженный лось (самка 2,5 лет) имел в печени 1139 экз. сосальщиков. Печень этого лося очень напугала охотников. Она имела не только утолщенные желчные ходы, произошло увеличение их в диаметре по краю печени до пузыреобразного состояния. Диаметр пузырей составил $3,5 \times 2,0$ см – величиной с небольшой грецкий орех, в желтом содержимом которых находился гной и трематоды *P. fasciolaemorpha*. Кроме того, некоторые желчные ходы не функционировали и были забиты эксгумированным содержимым, по-видимому, в них находились погибшие трематоды.

По сравнению с предыдущими периодами исследований наблюдается увеличение экстенсивности и интенсивности инвазии данной трематодой с 41,7% в 2009–2010 охотничьем сезоне до 46,7% в исследуемый сезон 2014–2015, а в Фаленском районе зараженность возросла с 16% в 1996–1998 гг. до 42,9% (Масленникова, Кузнецов, 2006; Масленникова, Шихова, 2010; Шихова, Масленникова, 2007).

Развитие *P. fasciolaemorpha* происходит в воде. Промежуточным хозяином является брюхоногий моллюск – роговая катушка *Planorbis planorbis*, которая обитает в относительно глубоких, преимущественно пойменных, водоемах;

там же концентрируются летом и лоси в поисках воды, водно-болотных растений и для защиты от кровососущих насекомых. Особенно сильно лоси заражены в засушливые годы, когда пересыхают мелкие лужи, лесные болота и ручьи и животные скапливаются у зараженных пойменных водоемов. Чем выше плотность лося, тем больше они имеют шанс заразиться парафасциолезом.

Трематода *Dicrocoelium lanceatum* обнаружена в Белохолуницком районе у одного лося из 30 исследованных (ЭИ – 3,3%) с низкой интенсивностью инвазии – 16 экз. Этот факт еще раз подтверждает, что данная трематода для лося является случайной. Источником данного заболевания в дикой природе служат бурые медведи, которые на 100% заражены *Dicrocoelium lanceatum*.

Закключение. При исследовании печени от 30 лосей обнаружены 2 вида трематод: *Parafasciolopsis fasciolaemorphia*, *Dicrocoelium lanceatum*. Общая зараженность трематодами лосей составила 50%. В исследуемых районах экстенсивность парафасциолезной инвазии составила 46,7% при интенсивности инвазии $4643,5 \pm 3471$ экз. *Dicrocoelium lanceatum* зарегистрирован у одного лося из Белохолуницкого района с ЭИ – 3,3%, и с низкой интенсивностью инвазии – 16 экз.

Благодарим коллег, предоставивших материал для исследований: А. Н. Панкратова, В. Б. Слободенюка, А. В. Долгих, В. А. Чашухина, других охотников ВНИИОЗ, а также Е. Зорину.

Литература

Масленникова О. В., Кузнецов Д. Н. О гельминтофауне лося Кировской области // Труды Всерос. ин-та гельминтологии. М., 2006. Т. 43. С. 187–195.

Масленникова О. В. Шихова Т. Г. Парафасциолез и дикроцелиоз лосей Кировской области // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями: Матер. докл. науч. конф., М., 2010. Вып. 11. С. 278–281.

Скрябин К. И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.: МГУ, 1928. 45 с.

Шихова Т. Г., Масленникова О. В. Гельминтологический статус лесных угодий научно-опытного хозяйства ВНИИОЗ // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ВНИИОЗ. Киров: ВНИИОЗ, 2007. С. 486–487.

ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ЛИСИЦЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ВЯТКИ

О. В. Масленникова, Л. Л. Караваяев

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
Olgamaslen@yandex.ru*

Интерес к изучению лисицы не случаен. Этот хищник живет бок о бок с человеком, заходит в города, питается на свалках и скотомогильниках. В Западной Европе, где волк истреблен, лисица заняла его экологическую нишу. В настоящее время лисица вплотную подошла к городам. В июне 2014 г. на приусадебном участке, находящемся в черте города Кирова (пос. Макарье) лисица

была обнаружена в курятнике. За последние несколько лет неоднократно находили задавленных машинами лисиц в черте города у р. Вятка. При обилии корма в летние месяцы лисица способна достаточно быстро увеличивать свою численность, т.к. способна размножаться уже на следующий год. Кроме того, лисица является источником и распространителем опасных для человека инвазионных и инфекционных заболеваний, одним из них является бешенство. Поэтому изучение трофических связей лисицы, способствующих, в свою очередь, к заражению лисицы опасными для человека паразитами, является весьма актуальным.

Для изучения трофических связей лисицы в промысловые сезоны 2013–2015 гг. было исследовано содержимое желудков и кишечника 19 лисиц, обитающих в пойме р. Вятки, из Тужинского, Советского, Оричевского, Юрьянского районов и окрестностей г. Кирова. Желудки взвешивались с пищей и без нее. Содержимое желудков и кишечника промывалось и просматривалось для определения пищевых компонентов, при необходимости фотографировалось. Все лисицы были исследованы на трихинеллез.

Лисица – типичный хищник-полифаг, для нее характерна всеядность. Из всех животных кормов лисица предпочитает мышевидных грызунов. По данным Н. Н. Соломина (1979) и М. Г. Дворникова (2003) в Кировской области зимой останки мышевидных были обнаружены в 60–70% проб. Далее следует падаль (62%), птицы (20%) и рыба (около 4%). Из млекопитающих доля насекомоядных составляет 3,7%, зайцы – 2,6% и хищники (1,8 %). Из мышевидных грызунов поедались преимущественно полевки (88%), из них 62% встреч падает на полевку обыкновенную. Полевка-экономка (5,7%), красно-серая (1%) и рыжая (0,8%) встречаются реже. Останки лося зарегистрированы в 0,6% встреч.

Наши исследования питания лисиц в более поздний период (Масленникова, 2011) показали, что роль мышевидных грызунов в зимний период снизилась до 56 % встреч, большую роль играла падаль. Падаль составила 44% встреч. К падали мы относим останки крупных млекопитающих: свиньи, овцы, собаки, кабана, лося и не определенные до вида остатки крупных костей. Данные по питанию лисицы среднего течения реки Вятки отражены в таблице.

Согласно данных, приведенных в таблице, спектр питания лисицы разнообразен. Из 19 исследованных желудков и кишечника лишь один был совершенно свободен от пищи. По-прежнему лидирующее положение занимают мышевидные. Процент их встреч увеличился с 56 до 66,7%, что соответствует данным Н. Н. Соломина (1979) и М. Г. Дворникова (2003, 2007). Редко у лисицы был зарегистрирован один вид корма. Чаще это была группа кормов. Особенно увеличилась группа падали – 66,7 % встреч, причем кур мы не относили к этой группе, т.к. зарегистрированы несколько случаев вторжения лисиц в курятники. Кроме того, в последних исследованиях в двух пробах отмечена скорлупа яиц. Поскольку исследования проводились в осенне-зимний период, скорлупа яиц принадлежит также курам и обнаружена она была вместе с останками птицы. Из диких копытных был зарегистрирован лось (1 случай). Птицы в желудках и кишечниках лисиц в основном представлены воробьиными, лишь раз были зарегистрированы останки самца тетерева – лапа и черные перья. Как в

первый, так и во второй период исследований, останки зайца были выявлены один раз.

Таблица

**Результаты исследования содержимого желудков лисицы
в осенне-зимний период**

Виды пищи	Масленникова, 2011		Наши исследования	
	число встреч	% встречае- мости	число встреч	% встреча- емости
Мышевидные грызуны	14	56	12	66,7
Насекомоядные	—	—	4	22,2
Птицы: в т.ч.	2	8	5	27,8
Тетерев	—	—	1	5,6
Курица	2	8	4	22,2
Скорлупа яиц	—	—	2	11,1
Зайцы	1	4	1	5,6
Падаль: в т.ч.	11	44	12	66,7
Падаль (не определ.)	1	4	5	27,8
Останки крупных млекопитающих	1	4	3	16,7
Свинья	4	16	—	—
Собака	3	12	3	16,7
Кабан	1	4	—	—
Лось	1	4	1	5,6
Пресмыкающиеся	—	—	1	5,6
Земноводные	—	—	1	5,6
Моллюски	1	4	—	—
Растительная пища: в т.ч.	7	28	6	33,3
зерно	4	16	4	22,2
яблоки, груша	—	—	2	11,1

Во второй период исследований спектр питания лисиц был значительно шире. Среди мышевидных в наших исследованиях преобладали серые полевки, в основном обыкновенная полевка, но отмечались и лесные рыжие полевки. Из насекомоядных дважды были отмечены останки ежа – характерные иглы, один раз даже кусок шкуры с иглами, кроме того выявлена обыкновенная бурозубка и крот. У одной лисицы в кишечнике зарегистрированы кости земноводных, а у другой – шкурка живородящей ящерицы. Это еще раз подтверждает широкий спектр питания лисицы. Более половины проб содержали «несъедобные» компоненты – искусственная кожа, полиэтилен, фольга от сметаны, обертки от колбасы, куски веревки.

Кроме животных кормов лисица охотно поедает и растительные корма. По данным И. В. Романова (1969) растительная пища составила всего 2,6% встреч, тогда, как по нашим данным процент встреч растительных кормов в желудках лисицы составляет 33,3%. Растительная пища представлена пшеницей, рожью, овсом, причем зерна пшеницы отмечены нами в 3-х случаях из 6. Дикорастущих ягод не зарегистрировано, но дважды выявлены косточки и черенки от яблок и груш. Часто в пробах регистрировались растительные примеси – хвоя, мох, сено, солома, обрывки травы. По данным Н. Н. Соломина (1979) в

южных районах Кировской области растительные остатки встречались в каждом 8 из 10 желудков лисиц, добытых в зимнее время. Большей частью это были обрывки травы, соломы, хвоя, куски коры и древесины, ягоды.

Падаль играет большое значение в годы с низкой численностью мышевидных грызунов, а также при высокой численности хищника, является одним из источников трихинеллеза. В 2012–2014 гг. зараженность лисицы трихинеллезом в Вятско-Камском регионе возросла почти в 2 раза и составила 64,3% (Масленникова и др., 2014), тогда как в Мордовии личинки трихинелл обнаружены у 7,6% лисиц (Мачинский, Семов, 1972), в Горьковской области и Чувашии зараженность лисиц по данным И. В. Романова (1969) составила 24,8%.

Падаль играет весьма существенную роль в питании лисицы, поскольку в трудный для нее период обеспечивает ее полноценной белковой пищей. Поэтому масштабы антропогенной освоенности территории играют в жизнедеятельности лисицы важную роль.

Таким образом, в питании лисиц в осеннее-зимний период 2013–2015 гг. на территории Кировской области преобладающую роль играют мышевидные грызуны и падаль (66,7%), затем растительная пища (33,3%), птицы (27,8%) и насекомоядные (22,2%). Питание падалью является одним из источников трихинеллеза, что также подтверждается нашими данными.

Литература

Дворников М. Г. К питанию хищных зверей южной тайги //Териофауна России и сопредельных территорий. М., 2003. С. 106–107.

Дворников М. Г. Млекопитающие в экосистемах бассейна реки Вятка (на примере особо охраняемых и освоенных территорий). Киров, 2007. С. 201–203.

Масленникова О. В. К питанию лисицы (*Vulpes vulpes*) среднего течения р. Вятки в осенне-зимний период //Биологический мониторинг природно-техногенных систем: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ч. 1. Киров, 2011. С. 87–89.

Масленникова О. В., Караваев Л. Л., Черезов Е. И. Трихинеллез лисиц Вятско-Камского междуречья и биобезопасность окружающей среды // Современные концепции научных исследований. Матер. VIII Международ. науч.-практ. конф. Евразийский союз ученых. М., 2014. Ч. 5. № 8. С. 136–138.

Мачинский А. П. Семов В. Н. Гельминты лисиц Мордовии //Тез. докл. 8 Всесоюзной конф. по природно-очаговым болезням животных и охране их численности. Киров, 1972. Т. I. С. 111.

Романов И. В. Эколого-фаунистическое изучение гельминтов плотоядных Среднего Поволжья с разработкой вопросов эпидемиологии важнейших гельминтозоонозов: Дис. ... доктора биол. наук. Горький, 1969. 523 с.

Соломин Н. Н. Зимнее питание лисицы среднего течения р. Вятки // Экологические основы охраны и рационального использования хищных млекопитающих. М., 1979. С. 125–131.

ОЦЕНКА ДОЗОЗАВИСИМОСТИ МОДИФИКАЦИИ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАКТАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ ЭКЗОГЕННЫМ ОКСИДОМ АЗОТА IN VITRO

А. Г. Соловьева, А. К. Мартусевич, А. Д. Плеханова

*Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр,
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия*

Известно, что монооксид азота (NO) является биорегулятором, обладающим многогранной биологической активностью в отношении различных процессов в живых системах (регуляция сосудистого тонуса (Григорьев, Граник, 2004; Мартусевич и др., 2013), нейротрансмиссия (Мартусевич и др., 2013), апоптоз (Титов и др., 2012) и др.). В то же время показана и негативная роль данного соединения, преимущественно реализуемая через образование пероксинитрита (Григорьев, Граник, 2004; Мартусевич и др., 2013; Van der Vliet, 1997). Также продемонстрирована возможность развития в организме нитрозативного стресса (Van der Vliet, 1997). В связи с этим принципиальную значимость приобретает вопрос о физиологическом уровне NO в биосистемах.

На протяжении последнего десятилетия отечественными и зарубежными учеными предпринимаются многочисленные попытки его определения прямыми и непрямими методами (Титов и др., 2012; Hall, Garthwaite, 2009), однако на данный момент эта задача не решена. С учетом этого, проблема коррекции уровня соединения в биотканях и субстратах путем его экзогенного введения является дискуссионной (Григорьев, Граник, 2004; Тимошин и др., 2009; Мартусевич и др., 2013; Мартусевич и др., 2013; Vanin, 2009), а вопрос дозозависимости эффекта NO в литературе практически не рассматривается. Кроме того, несмотря на возрастающий интерес исследователей к физиологии и биохимии оксида азота, имеются лишь единичные сведения о характере его влияния на энергетический обмен клеток (Мартусевич и др., 2013). С учетом этого целью работы служило изучение влияния различных концентраций NO на параметры энергетического обмена эритроцитов in vitro.

Объектом исследования явились образцы цельной крови здоровых доноров (n=14). Каждый образец был разделен на пять порций (по 5 мл), первая из которых являлась контрольной. Три другие порции обрабатывали NO-содержащей холодной плазмой (100 мл), генерированной на трех имеющихся мощностях использованного аппарата «Плазон» (минимальной – NO_{min}, средней – NO_{norm} и максимальной – NO_{max}, отличающихся скоростью газового потока: 1; 1,5 и 2 л/мин соответственно) путем барботажа в пробирке. Пятую пробу барботировали 100 мл газовой смеси, в которой поток NO-содержащей плазмы был предварительно разведен атмосферным воздухом (1:9).

Согласно инструкции прибора в выбранных условиях (расстояние, проходящее газом от сопла аппарата, 10 мм) концентрация NO в газовом потоке составила 800 мкг/л. Продолжительность барботажа – 2 минуты.

В донорской консервированной крови спектрофотометрически определяли активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в прямой и обратной реакциях по

методу Г. А. Кочетова (1980). Содержание белка устанавливали по модифицированному методу Лоури. Уровень лактата в плазме крови и эритроцитах определяли с помощью анализатора SuperGL Ambulance.

Для оценки сдвигов энергетического метаболизма использовали ряд параметров: коэффициент баланса энергетических реакций (КБЭР) и субстратной обеспеченности (КСО) (Мартусевич и др., 2013; Соловьева, Зимин, 2012).

Полученные данные были обработаны в программном пакете Statistica 6.0.

Первым компонентом проведенного анализа являлась оценка активности ЛДГ в прямой и обратной реакциях при действии различных концентраций NO. Установлено, что рассматриваемое соединение способствует активации обратной реакции фермента на фоне угнетения прямой вне зависимости от дозы агента. В то же время исходный газовый поток, содержащий NO, обуславливает существенно более выраженные изменения активности энзима, чем его десятикратное разведение ($p < 0,05$). Однако следует подчеркнуть, что даже при использовании указанного разведения сдвиги рассматриваемого параметра относительно контрольного образца остаются значимыми ($p < 0,05$). Это свидетельствует о наличии дозозависимого эффекта оксида азота на изучаемые показатели энергетического обмена.

Интересно заметить, что, несмотря на заявляемую производителем аппарата одинаковую концентрацию NO вне зависимости от мощности аппарата, выраженность сдвигов активности ЛДГ существенно варьирует при изменении режима генератора. С наших позиций, скорость прохождения газового потока через зону создания холодной плазмы, в которой непосредственно происходит электросинтез NO, является параметром, непосредственно обуславливающим действующую концентрацию последнего.

Изменения активности ЛДГ четко согласуются с результатом определения уровня его субстрата в эритроцитах. Несмотря на то, что он более стабилен, чем изучаемые энзиматические параметры, максимальное его отклонение от контрольных значений наблюдали при барботировании крови неразведенным потоком, содержащим оксид азота. В наименьшей степени уровень лактата эритроцитов повышался при обработке крови газовым потоком с десятикратно уменьшенной дозой NO, оставаясь значимо выше контрольных цифр ($p < 0,05$ относительно интактного образца).

Для комплексной оценки характера сдвигов энергетического метаболизма при действии различных концентраций изучаемого агента были применены производные коэффициенты, одновременно учитывающие и активность ЛДГ в обеих реакциях, и уровень лактата. Выявлено, что по КБЭР различные примененные дозы NO оказывают сопоставимое влияние на указанный параметр, тогда как десятикратное разведение газового потока демонстрирует более физиологичный уровень показателя ($p < 0,05$ относительно контрольного образца и неразведенного потока).

Данная тенденция указывает на то, что реализованная в использованном аппарате концентрация NO является крайне высокой для крови, приводя к

угнетению энергетического обмена эритроцитов, а снижение концентрации агента на порядок снижает интенсивность негативного эффекта.

Аналогичная динамика просматривается и по коэффициенту субстратного обеспечения, характеризующему баланс ЛДГ и одного из его субстратов. Следует отметить, что по этому параметру контрольный и обработанный разведенным газовым потоком образцы отличаются минимально в абсолютных значениях, но статистически значимо ($p < 0,05$).

Таким образом, обработка крови газовым потоком, содержащим монооксид азота в концентрации 800 мкг/л угнетает энергетический метаболизм эритроцитов, но десятикратное его разведение снижает интенсивность воздействия, что свидетельствует о наличии дозозависимости эффекта.

Литература

Граник В. Г., Григорьев Н. Б. Оксид азота (NO). Новый путь к поиску лекарств. М.: Вузовская книга, 2004. 360 с.

Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии. М.: Высшая школа, 1980. 272 с.

Мартусевич А. К., Соловьева А. Г., Перетягин С. П., Диденко Н. В. Анализ влияния оксида азота на физико-химические параметры крови *in vitro* // Врач-аспирант. 2013. № 2.1. С. 218–222.

Мартусевич А. К., Соловьева А. Г., Перетягин С. П., Митрофанов В. Н. Оценка влияния некоторых физических факторов на энергетический метаболизм крови *in vitro* // Биомедицина. 2013. № 1. С. 103–108.

Соловьева А. Г., Зимин Ю. В. Новый способ оценки динамики метаболизма крови у больных и термической травмой // Современные технологии в медицине. 2012. № 2. С. 116–117.

Тимошин А. А. и др. Исследование уровня оксида азота в тканях органов крыс и его изменение при длительной ингаляции воздуха с повышенным содержанием оксида азота // Доклады РАН. 2009. Т. 425. № 5. С. 696–700.

Титов В. Ю. и др. Может ли суммарное содержание нитрита и нитрата служить показателем интенсивности синтеза оксида азота (NO) в тканях организма? // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2012. Т. 153. № 6. С. 816–819.

Giliano N. Y. et al. Dinitrosyl-iron complexes with thiol-containing ligands and apoptosis: studies with HeLa cells // Nitric Oxide Biol. Chem. 2011. Vol. 24. P. 151–159.

Hall C. N., Garthwaite J. What is the real physiological NO concentration *in vivo*? // Nitric Oxide Biol. Chem. 2009. Vol. 12, Iss. 2. P. 92–103.

Murad F. The role of nitric oxide in modulating guanylyl cyclase // Neurotransmissions. 1994. № 10. P. 1–4.

Van Der Vliet A. et al. Formation of reactive nitrogen species during peroxidase-catalyzed oxidation of nitrite. A potential additional mechanism of nitric oxide-dependent toxicity // J. Biol. Chem. 1997. Vol. 272. P. 7617–7625.

Vanin A. F. Dinitrosyl-iron complexes with thiolate ligands: physico-chemistry, biochemistry and physiology // Nitric Oxide Biol. Chem. 2009. Vol. 21. P. 136–149.

СОСТОЯНИЕ ОКСИДОРЕДУКТАЗ ЭРИТРОЦИТОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭКЗОГЕННОГО ДОНОРА ОКСИДА АЗОТА IN VIVO

А. В. Давыдюк, А. К. Мартусевич, А. Г. Соловьева, А. Д. Плеханова
Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр,
Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия

В настоящее время показаны многочисленные положительные эффекты естественной депонированной формы оксида азота – динитрозильных комплексов железа (ДНКЖ) – в отношении различных биологических систем (Borodulin et al., 2013; Shumaev et al., 2008; Vanin, 2009). Ранее нами in vitro установлен характер влияния ДНКЖ на отдельные компоненты метаболизма крови человека, включая энергетический обмен, состояние про- и антиоксидантных систем (Мартусевич и др., 2013 а; Мартусевич и др., 2013 б) и т.д. В то же время комплексный анализ влияния рассматриваемого донора оксида азота на состояние крови при термической травме в литературе не представлен. В связи с этим, целью работы явилось изучение активности некоторых оксидоредуктаз крови животных с термической травмой при введении ДНКЖ.

Исследование проводили на 30 половозрелых крысах-самцах линии Вистар массой 220–250 г., разделенных на 3 группы равной численности: интактную (никаких манипуляций не проводили, выполняли лишь однократный забор крови), контрольную (воспроизводили термическую травму и применяли стандартное лечение) и основную (аналогична контрольной с дополнительным введением раствора ДНКЖ).

Животным контрольной и основной групп травму наносили по собственной методике, включающей контактный термический ожог кожи спины (площадь – 20% поверхности тела) в сочетании с термоингаляционной травмой. Содержание животных, экспериментальные вмешательства осуществляли согласно приказу Минздрава СССР №775 от 12.08.1977 г. Травму наносили под комбинированным наркозом («золетил» + «ксила»). Животным контрольной группы с первых суток после моделирования термической травмы проводили ежедневные внутрибрюшинные инфузии физиологического раствора (3 мл), раны обрабатывали левомеколем. Крысы основной группы ежедневно внутрибрюшинно получали ДНКЖ в физиологическом растворе (1 : 9 (по объему) – суммарно 3 мл; в течение 10 суток), местное лечение аналогично проводимому в контрольной группе.

ДНКЖ синтезировали по методике А. Ф. Ванина (Borodulin et al., 2013).

На третьи и десятые сутки выполняли получение образцов крови у животных обеих групп. Изучали активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в прямой (ЛДГпр) и обратной (ЛДГобр) реакциях в гемолизате эритроцитов о методу Г. А. Кочетова (1980). Уровень лактата в эритроцитах оценивали с помощью автоматического анализатора SuperGL Ambulance. Исходя из полученных значений параметров, рассчитывали интегральные показатели: коэффициент субстратного обеспечения (КСО) и баланса энергетических реакций (КБЭР) (Мартусевич и др., 2013 б).

Данные были обработаны статистически с помощью Statistica 6.0.

Системное введение ДНКЖ животным с комплексным термическим повреждением значительно модифицировало активность фермента как в прямой, так и в обратной реакциях. В частности, каталитические свойства эритроцитарной ЛДГ_{пр} у крыс данной группы на третьи сутки практически не отличались от характерных для интактных животных, значимо превосходя уровень контрольной группы ($p < 0,05$). На десятые сутки послеожогового периода у животных основной группы наблюдали выраженное нарастание активности энзима в прямой реакции, превышающее значения, выявленные для животных как интактной, так и контрольной группы в 2,02 и 2,24 раза соответственно ($p < 0,05$). С учетом метаболической сущности данной реакции подобную динамику показателя следует, на наш взгляд, расценивать как результат положительного воздействия ДНКЖ.

Этому заключению в полной мере соответствует характер влияния изучаемого соединения на активность ЛДГ в обратной реакции: на третьи сутки она была лишь минимально повышена относительно уровня интактных животных (в 1,21 раза; $p < 0,05$), оставаясь значительно ниже значений, зарегистрированных у животных контрольной группы (в 2,64 раза; $p < 0,05$). Аналогичная картина имела место и на десятые сутки послеожогового периода (к моменту завершения эксперимента). Таким образом, наши исследования позволили предположить, что изучаемая депонированная форма оксида азота предотвращает избыточную активацию ЛДГ_{обр}, потенцирующую синтез лактата, известного молекулярного маркера гипоксии.

Установлено, что, аналогично изменениям каталитических свойств ЛДГ, на третьи сутки после нанесения ожога у животных контрольной группы имело место существенное повышение концентрации лактата в эритроцитах относительно уровня у интактных крыс (в 1,5 раза; $p < 0,05$), сохраняющееся к завершению эксперимента (в 1,35 раза на десятые сутки; $p < 0,05$). Данная динамика подтверждает формирующееся в результате тяжелой термической травмы смещение активности ЛДГ в сторону обратной реакции.

Иная картина регистрируется у животных, получавших инъекции ДНКЖ, у которых отмечена нормализация рассматриваемого звена энергетического метаболизма крови на всех сроках. Динамика концентрации лактата в эритроцитах у животных основной группы косвенно свидетельствовала о повышении адаптационных резервов исследуемого компонента системы энергообеспечения при действии депонированной формы оксида азота.

Также нами был произведен расчет дополнительных параметров: коэффициентов субстратного обеспечения и баланса энергетических реакций. Отмечено выраженное смещение режима функционирования ЛДГ с существенной активацией обратной реакции на фоне угнетения прямой, наблюдавшееся у крыс контрольной группы, что проявилось в резком снижении уровня КБЭР на 3 и 10 сутки послеожогового периода (в 23,1 и 11,2 раз соответственно, $p < 0,05$). Этот сдвиг отражает системную метаболическую дезадаптацию, формирующуюся в условиях тяжелой термической травмы. При введении животным с комбинированной термической травмой ДНКЖ на 3 сутки лечения регистриро-

вали лишь умеренное падение КБЭР (в 1,58 раза; $p < 0,05$), сменявшееся его нарастанием ко времени завершения эксперимента (в 1,57 раза; $p < 0,05$), что, в свою очередь, свидетельствовало о стимуляции энергетического обмена.

Аналогичная, но менее показательная динамика была выявлена в отношении коэффициента субстратного обеспечения: у животных контрольной группы как на третьи, так и на десятые сутки регистрировали значительное снижение КСО (в 3,2 и 2,5 раза соответственно; $p < 0,05$), что указывало на сопряженность сдвигов каталитической активности ЛДГ и эритроцитарной концентрации лактата, а также их декомпенсацию в условиях моделирования комбинированной ожоговой травмы. В то же время модуль сдвигов данного коэффициента при проведении курса инфузионной терапии с включением ДНКЖ был существенно меньше, причем на 3 сутки обнаруживали умеренное снижение показателя (69% от нормы; $p < 0,05$) с последующим его выраженным приростом (123% от нормы; $p < 0,05$). Эта тенденция, по нашему мнению, указывает на протективное, адаптогенное действие изучаемого соединения в отношении энергетического метаболизма эритроцитов.

В эксперименте получены данные о положительном действии динитрозильных комплексов железа на метаболические параметры крови животных с термической травмой. Выявлено, что ДНКЖ стимулируют энергетический метаболизм эритроцитов крыс с термической травмой за счет преимущественной активации ЛДГ в прямой реакции и снижения темпов нарастания уровня лактата.

Литература

- Кочетов Г. А. Практическое руководство по энзимологии. М.: Высшая школа, 1980.
- Мартусевич А. К., Соловьева А. Г., Перетягин С. П., Диденко Н. В. Анализ влияния оксида азота на физико-химические параметры крови *in vitro* // Врач-аспирант. 2013 а. № 2. С. 218–222.
- Мартусевич А. К., Соловьева А. Г., Перетягин С. П., Митрофанов В. Н. Оценка влияния некоторых физических факторов на энергетический метаболизм крови *in vitro* // Биомедицина. 2013 б. № 1. С. 103–108.
- Borodulin R. R., Kubrina L. N., Shvydkiy V. O. et al. A simple protocol for the synthesis of dinitrosyl iron complexes with glutathione: EPR, optical, chromatographic and biological characterization of reaction products // Nitric oxide. 2013. Vol. 35. P. 110–115.
- Shumaev K. B., Kosmachevskaya O. V., Timoshin A. A. et al. Globins and other nitric oxide-reactive proteins. Dinitrosyl iron complexes bound with haemoglobin as markers of oxidative stress // Methods in Enzymology. 2008. V. 436. P. 441–457.
- Vanin A. F. Dinitrosyl-iron complexes with thiolate ligands: physico-chemistry, biochemistry and physiology // Nitric Oxide Biol. Chem. 2009. Vol. 21. P. 136–149.

ВЛИЯНИЕ ЦИТОСТАТИКОВ АНТИМЕТАБОЛИЧЕСКОГО РЯДА НА ПРОСТРАНСТВЕННУЮ СТРУКТУРУ КРЫЛА ЛИНИЙ ДИКОГО ТИПА *DROSOPHILA MELANOGASTER*

О. Н. Антосяк, Е. Д. Распопова, С. В. Шихова
Уральский федеральный университет

Изучение устойчивости популяций в меняющихся условиях окружающей среды – одна из основных проблем эволюционной генетики и экологии. Оценивается уровень мутагенеза при воздействии факторов стресса различной природы для изучения данной проблемы. По литературным данным после облучения личинок дрозофилы γ -лучами дозой 1500 Р в имагинальных крыловых дисках наблюдалась гибель клеток в форме апоптоза (Abbott, 1983). Кроме апоптозной гибели клеток в дисках существует также и некроз. Он несет очаговый характер (Haupie, 1977). Апоптоз связан с запрограммированными процессами, а некроз является патологическим ответом на параметры окружающей среды. В исследовании морфогенеза и формирования рисунка крыла часто используют методики клонального анализа для стимуляции происхождения помеченных клеток, которые видны как пятна волосков мутантного крыла в крыле мухи (Kylsten, 1997).

В нашей работе использовались четыре линии дикого типа *Drosophila melanogaster*, отловленные в природе в разное время и в различных местообитаниях: «Host» (Екатеринбург, 2005), «Белгород» (Белгород, 2006), «Биос-3» (Двуреченск, 2007), «Дегтярск» (Дегтярск, 2011). В качестве факторов стресса химической природы в питательную среду добавлялись два цитостатических препарата антиметаболического ряда: метотрексат и аминоптерин (концентрация 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ среды). Для определения изменения пространственной структуры крыла использовался морфометрический анализ крыловой пластинки по 18 линейным и 6 двумерным параметрам крыла. Установлено, что в линиях Биос-3 и Host изменяются все площади ячеек крыла, кроме 22, тогда как в линиях Белгород и Дегтярск – 24 (рис. 1).

Подобные линейные различия могут быть связаны с тем, что в первых двух линиях изменению больше подлежат части крыла, характеризующие его ширину, а в двух других линиях части крыла, характеризующие его длину. Характеристика линейных параметров крыловой пластинки подтверждает доминирующее изменение длины крыла в линиях Белгород и Дегтярск (рис. 2).

Наименьшая реакция на стресс зафиксирована в линии Host. Всего 5 линейных параметров небольшого размера крыла из 18 изменяется после воздействия цитостатическими препаратами, а именно: АТ, АМ, LM, IE, NM. Канонический анализ позволил установить разделение выборок особей, выращенных на аминоптерине и особей из контрольной выборки и особей, выращенных на метотрексате (рис. 3). Полученная разница в действии цитостатических препаратов со схожим механизмом воздействия на биологические объекты свидетельствует о различном генотоксическом эффекте данных препаратов на соматические клетки у дрозофилы.

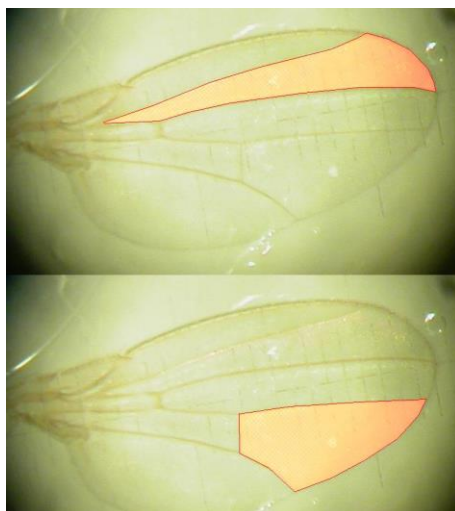


Рис. 1. Площади ячеек крыла не изменяющиеся после воздействия цитостатическими препаратами на линии дикого типа (вверху – *Биос-3* и *Host*, внизу – *Белгород* и *Дегтярск*)

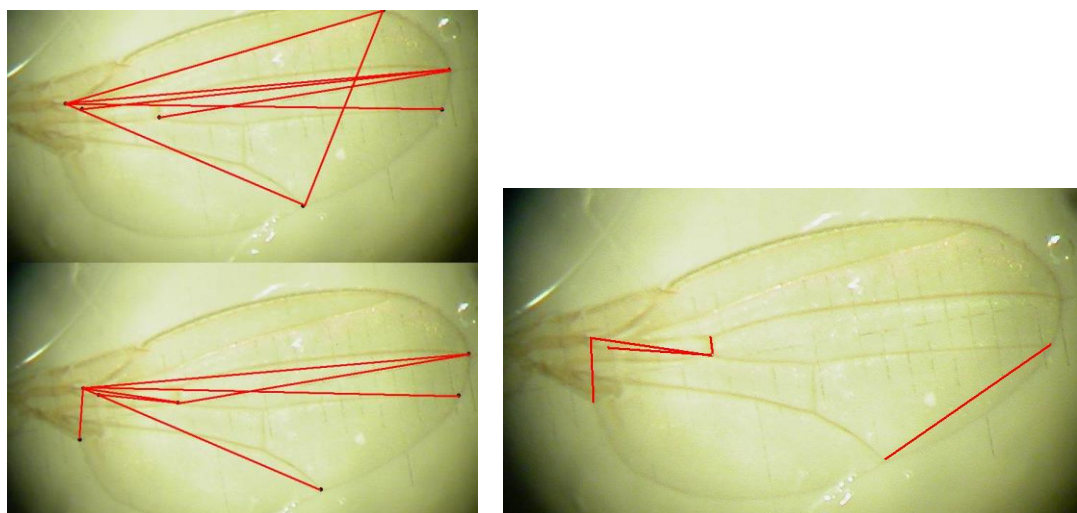


Рис. 2. Линейные параметры крыла, изменяющиеся после воздействия цитостатическими препаратами на линии дикого типа (вверху – *Белгород*, внизу – *Дегтярск*, справа – *Host*)

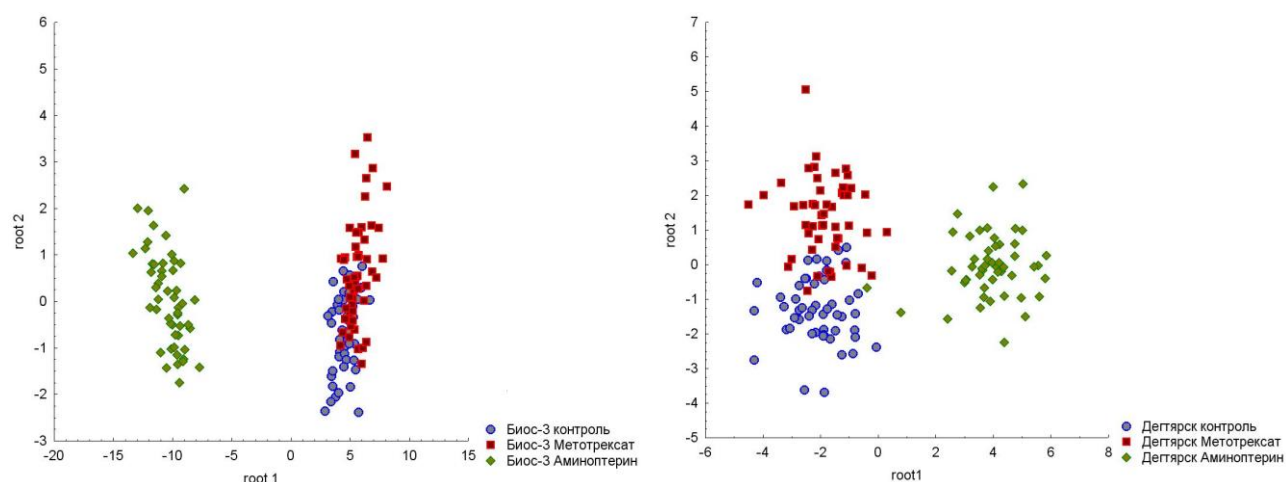


Рис. 3. Канонический анализ площадей ячеек крыла после воздействия цитостатических препаратов на линии дикого типа *Drosophila melanogaster* (слева *Биос-3*, справа – *Дегтярск*)

Таким образом, можно сделать следующее заключение: во-первых, линии дикого типа характеризуются различным ответом на стресс, соответственно различным генотоксическим эффектом, во-вторых, линии дикого типа можно искусственно охарактеризовать как чувствительные и устойчивые к определенным факторам стресса, а соответственно имеющие различный адаптационный резерв.

Литература

Abbott L. A. Ultrastructure of Cell Death in Gamma- or X-irradiated Imaginal Wing Discs of *Drosophila* // *Radiat. Res.* 1983. Vol. 96. P. 611–627.

Haynie J. L. The effect of X-rays on the proliferation dynamics of cells in the imaginal wing disc of *Drosophila melanogaster* // *Wilhelm Roux's Archives.* 1977. Vol. 183. P. 85–100.

Kylsten P. Imaginal tissues of *Drosophila melanogaster* exhibit different modes of cell proliferation control // *Developmental Biol.* 1997. Vol. 192. P. 509–522.

АКТИВНОСТЬ И СУБСТРАТНАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ ХОЛИНЭСТЕРАЗЫ У *DREISSENA POLYMORPHA*

М. Ю. Михопарова¹, Г. М. Чуйко², Л. С. Михалева¹, Н. А. Сунцова¹

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,
rita.mikhoparova@mail.ru, luda.m.2011@mail.ru, suntsova_nadi@mail.ru,

² ИБВВ РАН им. И. Д. Папанина, *gchuiko@mail.ru*

Холинэстеразы (ХЭ) – ферменты, широко распространенные в живой природе от микроорганизмов и простейших одноклеточных организмов до позвоночных, включая человека.

Активность ХЭ и их состав может значительно варьироваться у животных, относящихся к разным филогенетическим группам, а так же у близкородственных организмов (Чуйко, Подгорная, 2014).

Абсолютно новым объектом исследования холинэстеразной активности является пресноводный двустворчатый моллюск *Dreissena polymorpha*.

Литературный обзор по исследованиям, касающимся *Dreissena polymorpha* показал, что данных по холинэстеразной активности этого моллюска нет.

Исследования *Dreissena polymorpha* на ферментативном уровне необходимы, для того что в дальнейшем использовать в гидроэкотоксикологии активность ХЭ этого моллюска, как специфический биомаркер воздействия токсических веществ на водных животных (Пряничникова, Крылов, 2013).

Биомаркеры в настоящее время являются важным инструментом в гидроэкотоксикологии, который используется при изучении антропогенного влияния на водные организмы и экосистемы, помогает понять механизмы этого влияния и оценить его последствия (Чуйко, 2014).

Целью нашего исследования являлось изучение активности и субстратной специфичности холинэстераз у пресноводного двустворчатого моллюска *Dreissena polymorpha*.

Объект исследования – *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) был отобран из Рыбинского водохранилища летом 2014 г. Для исследования отобрано 163 особи дрейссенид. 88 особей разного пола были использованы для выявления полового диморфизма, 75 особей – на исследования субстратной специфичности.

У всех особей проводили видовую идентификацию, определяли сырую и сухую массу с помощью аналитических весов Mettler, измеряли длину, ширину и толщину раковины с помощью штангенциркуля. Для изучения строения мягкого тела проводилось вскрытие моллюсков.

Для биохимических экспериментов все необходимые реактивы готовили согласно методикам (Козловская и др., 1987).

В органах исследуемого объекта определили содержание белка методом Брэдфорда, для того чтобы в дальнейшем использовать эти данные для расчета активности холинэстеразы в нмоль/мг белка/мин.

Холинэстеразную активность определяли по методу Элмана (Козловская и др., 1987). Исследования активности ХЭ и определение содержания белка проводили на спектрофотометре Perkin Elmer Lambda-35 в программе GSH и PROTEIN при длине волны 412 нм и 595 нм и в фиолетовом диапазоне фотоэлемента. Средние значения и стандартные ошибки рассчитывали с помощью программы ASD и Microsoft Excel.

Анализ морфометрических показателей показал, что различия у самцов и самок *Dreissena polymorpha* в длине, ширине и толщине раковины незначительны. Они варьируют от 12 до 28 мм, от 9 до 13 мм, от 9 до 15 мм соответственно. Средняя длина самцов и самок равняется 22,85 и 22,87 мм, ширина 11,3 и 11,29 мм, толщина 12,22 и 12,24 мм. Сухая и сырая массы самцов и самок также имеют незначительные различия. Средние показатели этих параметров соответственно равны 1,6 г и 0,18 г. Это говорит о том, что во внешних признаках половой диморфизм *Dreissena polymorpha* не наблюдается.

Активность в отношении ацетилхолинэстеразы (АТХ), различается между исследованными органами у *Dreissena polymorpha*. Наибольшей холинэстеразной активностью обладают жабры моллюсков, где скорость гидролиза АТХ в мкмоль/г ткани/мин у самок моллюсков составляет 0,0270 мкмоль/г ткани/мин, у самцов 0,0262 мкмоль/г ткани/мин, различия недостоверны ($p > 0,05$). Холинэстеразная активность в гонадах у самок меньше в 1,8 раза, а у самцов в 1,6 раза ($p > 0,05$) относительно активности в жабрах.

При анализе АТХ в мкмоль/мг белка/мин установлено что концентрация в гонадах у самцов и самок варьировала от 0,002 до 0,003 мкмоль/мг белка/мин, в жабрах у самок и самцов - от 0,003 до 0,005 мкмоль/мг белка/мин. Различия в активности АТХ между самцами и самками недостоверны ($p > 0,05$), гонадами и жабрами достоверны ($p < 0,05$).

Различия в активности ХЭ на мкмоль/мг белка/мин и мкмоль/г ткани/мин у самцов и самок в различных органах являются достоверными ($p < 0,05$).

Анализ данных экстинкции ацетилхолинэстеразы показал, что у самцов и самок различия незначительны. В жабрах у самцов экстинкция увеличивается от 0,0396 до 0,138, у самок от 0,0413 до 0,1203 относительно увеличения вре-

мени инкубации с 15 до 60 мин. В гонадах у самцов экстинкция увеличивается от 0,0277 до 0,0886, у самок от 0,0256 до 0,0541. В связи с этим половой диморфизм при дальнейших исследованиях следует исключить.

У фермента в жабрах моллюсков при всех исследованных субстратах, за исключением бутирилхолина (БуТХ), скорость гидролиза возрастает с увеличением их концентрации до 0,023 - 0,061 мкмоль.

В гонадах наблюдалось изменение скорости гидролиза тиохолиновых эфиров от их концентрации под действием АТХ. Скорость гидролиза пропионилхолинэстеразы (ПрТХ) и АТХ возрастает с увеличением их концентрации до 0,012, – 0,025 мкмоль соответственно, а метилхолинэстераза (МеТХ) и бутирилхолинэстераза (БуТХ) снижается.

Исследования субстратной специфичности показали, что в гонадах и в жабрах, если взять за 100% АТХ, МеТХ=54%, ПрТХ=25%, БуТХ=3%.

Активность АХЭ обнаружена во всех проанализированных органах - в гонадах и жабрах. Наибольшая активность ХЭ из исследованных органов выявлена в жабрах и составляет 0,0270 мкмоль/г ткани/мин. В гонадах средняя активность ХЭ - 0,0160 мкмоль/г ткани/мин. Различия достоверны ($p < 0,05$).

Активность ХЭ у самцов и самок *Dreissena polymorpha* не имеет достоверных различий.

Исследования субстратной специфичности показали, что в гонадах и в жабрах, если взять за 100% АТХ, наибольшую часть занимает МеТХ, наименьшую – БуТХ.

Литература

Козловская В. И., Чуйко Г. М., Подгорная В. М. Определение активности ацетилхолинэстеразы мозга рыб при изучении токсичности фосфорорганических пестицидов // Методы ихтиотоксикологических исследований. Л., 1987. С. 60–61.

Пряничникова Е. Г., Крылов А. В. Дрейссениды: эволюция, систематика, экология // Лекции и материалы докладов II-й Междунар. школы-конф. Борок, 2013. 129 с.

Чуйко Г. М. Биомаркеры в гидрозкотоксикологии: принципы, методы и методология, практика использования // Современные методы исследования состояния поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки: Материалы V Всерос. конф. по водной экотоксикологии, посвященной памяти Б. А. Флерова. Борок, 2014. Т. 2. 204 с.

Чуйко Г. М., Подгорная В. А. Холинэстеразы пресноводных костистых рыб // Современные методы исследования состояния поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки: Материалы V Всерос. конф. по водной экотоксикологии, посвященной памяти Б. А. Флерова. Борок, 2014. Т. 1. 204 с.

ГЕНОТОКСИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ АМИНОПТЕРИНА И МЕТОТРЕКСАТА НА ФЕРТИЛЬНОСТЬ *DROSOPHILA MELANOGASTER*

С. В. Шихова

Уральский федеральный университет им. Б. Н. Ельцина

Большой интерес для науки представляет изучение процессов онтогенетической и генетической адаптации, на фоне химического стресса. Нами было

разработано несколько методов, позволяющих охарактеризовать так называемый генотоксический эффект. В первую очередь речь идет об анализе жизнеспособности, как комплексном показателе. Среди стрессовых факторов, наибольший интерес представляют факторы химической природы, имеющие отношение к фармакогенетике. В качестве такого фактора, в данной работе, представляло интерес использовать цитостатики. Биологический эффект которых очень многосторонен и в настоящее время усиленно изучается.

Аминоптерин (АП) и Метотрексат (МТ) долгое время использовались как препараты, блокирующие клеточное деление и вызывающие апоптоз клеток опухоли, в частности для лечения некоторых форм лейкозов. Было показано, что они выступают в роли ингибитора дигидрофолатредуктазы, так как являются конкурентом его основного субстрата – фолиевой кислоты (J. Silber *et al.*, 2007; W. Wolfgang, 2007). Оба цитостатика оказывают серьезное воздействие на женскую репродуктивную систему *D. melanogaster*. Яичники, извлеченные из обработанных самок, оказались с вялыми, маленькими, неразвитыми фолликулами. Появившиеся яйца меньше обычных, с короткими или отсутствующими хорионическими придатками, с неровной поверхностью. У многих личинок бывают, развиты меланотические опухоли и/или они умирают в более поздний период развития (J. Affleck *et al.*, 2007). При изучении воздействия этих препаратов, на фоне химического стресса нами был отмечен ряд адаптивных механизмов.

В данной работе было использовано ряд линий дикого типа: «Oregon R», «Новый Свет», «Челябинск». Цитостатики добавлялись в среду, которой питались личинки, вплоть до окукливания. Концентрация МТ и АП составляла 400 мкг/кг. Второе поколение не подвергалось обработке цитостатиками.

Для изучения средней индивидуальной плодовитости (СИП) нами было использовано 20 индивидуальных культур на протяжении 11 дней. Полученные яйца от каждой пары особей помещались на агаровые пластинки. Через пять дней, после откладки яиц, изучалась частота эмбриональных леталей. С этой целью подсчитывалось количество неразвившихся яиц, которые подразделялись на две категории: яйца бурого цвета – поздние эмбриональные летали (ПЭЛ), яйца белого цвета – ранние летали и неоплодотворенные яйца (РЭЛ). Полученные данные обрабатывались в программе Statistica 13.0, методом парного сравнения с контролем, с использованием Т-критерия Стьюдента, при уровне значимости $P < 0,05$.

Как видно из графиков, изображенных на рисунке 1, различные линии дикого типа по-разному реагируют на химический стресс. Линия дикого типа «Новый свет» показала достоверно значимое снижение СИП, после обработки МТ, в F_2 наблюдается повышение плодовитости, также достоверное. Эта линия отловлена из природы относительно недавно, и обладает наименьшей инбредностью. Линия дикого типа «Oregon R», наиболее инбредная, не показывает достоверных отличий при обработке МТ, и на втором поколении. Линия дикого типа «Челябинск» показывает достоверное снижение СИП в F_1 и ещё более сильное в F_2 . При обработке АП все линии дикого типа демонстрируют значительное снижение СИП в F_1 и различный уровень восстановления плодовитости в F_2 .

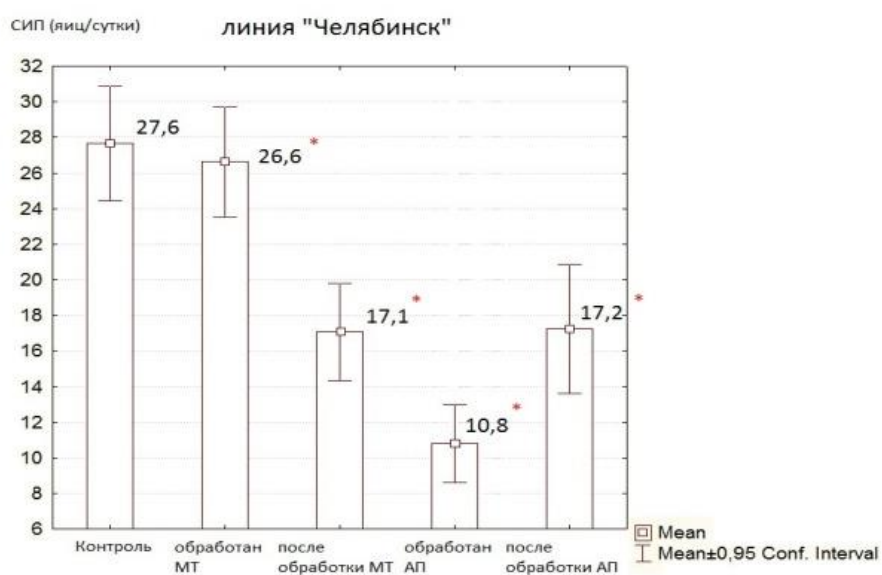
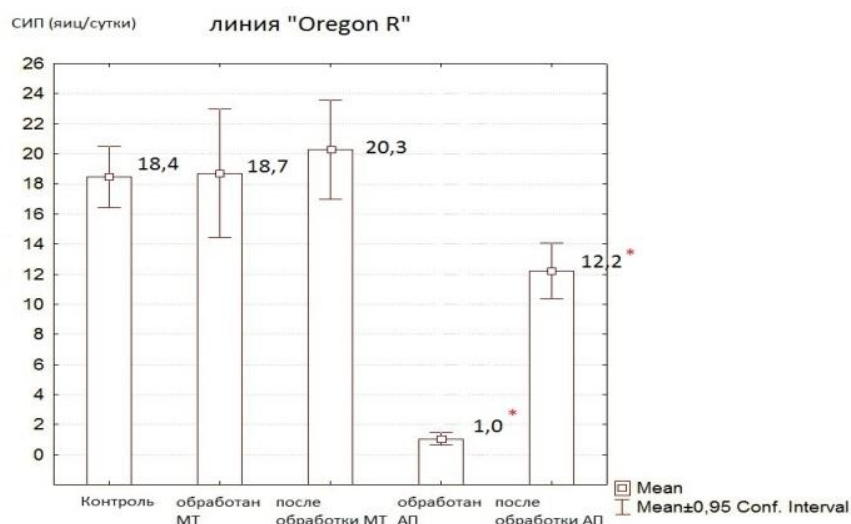
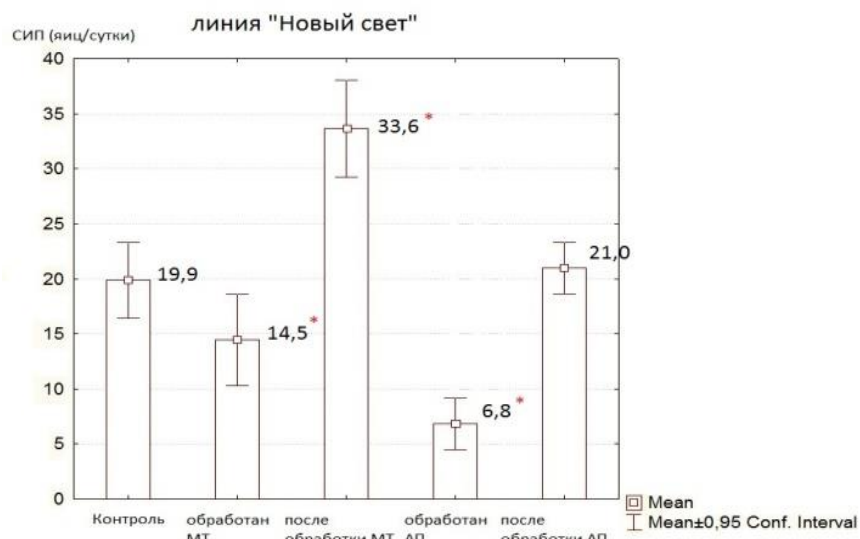


Рис. 1. Средняя индивидуальная плодовитость различных линий дикого типа после обработки АП и МТ в первом и втором поколениях

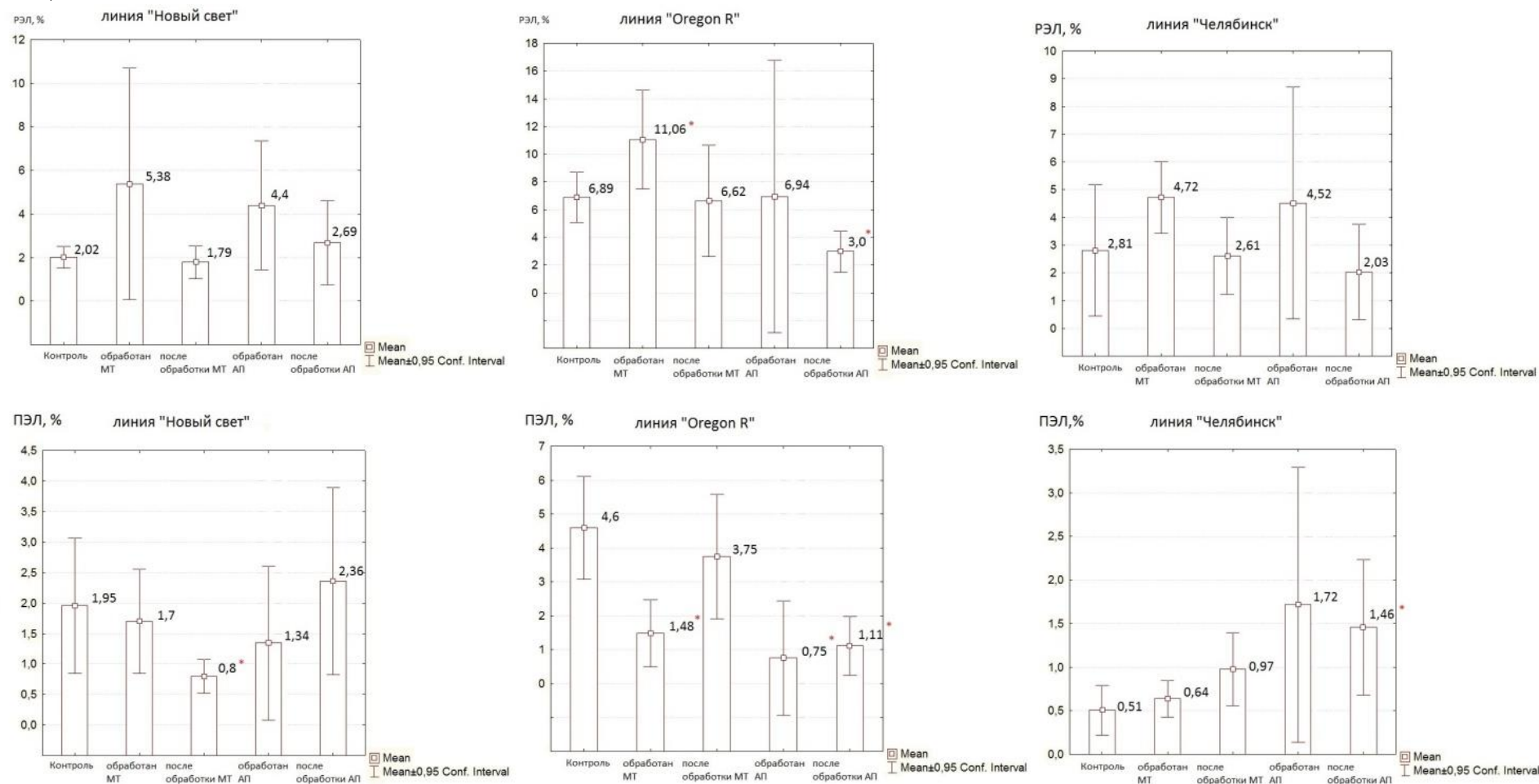


Рис. 2. частота эмбриональных и постэмбриональных леталей в различных линий дикого типа после обработки AP и MT в первом и втором поколениях

Что касается РЭЛ, то тут мы можем заметить тенденцию к возрастанию количества леталей, после обработки цитостатиками, и последующее изменение частоты к показателям нормы. Однако, наибольшая частота ранних леталей наблюдалась нами в первые дни после вылета имаго, вероятно, за счёт некоторого количество неоплодотворённых яиц. В таком случае, повышение РЭЛ может быть вызвано временной стерильностью самцов.

Частота ПЭЛ так же изменяется по-разному, у различных линий. Чаще всего она повышается или достоверно не изменяется, но у линии дикого типа «Oregon R», частота ПЭЛ, напротив, возрастает. Это связано с тем, что плодовитость данной линии под влиянием цитостатиков очень снижена, и учёт леталей проводился в очень небольшой выборке.

В работе было показано, что аминоптерин обладает большим генотоксическим эффектом, чем метотрексат. Оба вещества снижают фертильность в первом поколении, но повышают её во втором, вследствие адаптивного механизма. Цитостатические препараты могут вызывать временную стерильность самцов.

Литература

Affleck J. G., Neumann K., Wong L., Walker V. K. The Effects of Methotrexate on *Drosophila* Development, Female Fecundity, and Gene Expression // Toxicological Sciences. 2006. № 89(2). P. 495–503.

Silber J. et al. In Vivo Analysis of *Drosophila* Deoxyribonucleoside Kinase Function in Cell Cycle, Cell Survival and Anti-Cancer Drugs Resistance // Cell Cycle. 2006. V.7 P. 740–749.

Wolfgang W. J. Exploring Protection from Methotrexate-Induced Teratogenicity in Flies // Toxicological Sciences. 2007. № 99(2). P. 363–365.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ ЗАЩИТЫ ПТИЦ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОТОКОМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРО-ПЕРЕДАЧ 20 КВ И РАЗРАБОТАННЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПО ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ. К ПРОБЛЕМЕ ГИБЕЛИ ПТИЦ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Ю. Г. Радюшкин, М. Ю. Воронин, Н. И. Хотько

Государственный НИИ промышленной экологии, info@sar-ecoinst.org,
Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского,
voroninmj@yandex.ru

Стремительный рост энерговооружённости индустриальных и сельскохозяйственных районов России повлёк за собой значительное увеличение магистральных и распределительных электрических сетей. Создание широкой сети воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) – неотъемлемый атрибут, сопровождающий экономическое развитие любого региона страны. Одним из ландшафтнообразующих элементов технической сферы повсеместно становятся надземные сети проводной электрической и телефонной связи. На фоне дигрессии природных ландшафтов наблюдается вытеснение природных компонентов

их искусственными аналогами. Вместе с тем ВЛЭП становятся существенной частью антропогенно трансформированного ландшафта, а также составляющей антропогенного пресса на биоту региона. Прежде всего, это давление оказывается на популяции птиц. Оно определяет повышение уровня смертности птиц, вызванной техногенными причинами.

Смертность птиц от поражения электрическим током на ВЛЭП стала объектом фундаментальных научных исследований с середины XX века. По многочисленным количественным оценкам исследователей в различных регионах мира отсутствие специальных технических решений по защите птиц при проектировании и строительстве ВЛЭП ведет к существенному ущербу популяциям многих видов птиц. Только на территории Поволжья уязвимыми с точки зрения поражения электрическим током на ВЛЭП следует считать более 150 видов птиц (Перерва, Блохин, 1981; Антончиков, Варламов, 2012).

ВЛЭП имеют значительную привлекательность для птиц, определяемую их господствующим положением в ландшафте по высоте, недоступностью для наземных хищников. В условиях открытых ландшафтов (степи, луга, агроландшафты и т. п.) наличие ВЛЭП ведет к существенной временной концентрации птиц вблизи этих сооружений, что неизбежно ведет к увеличению частоты контакта птиц с токопроводящими элементами опор ВЛЭП. Контакты птиц с этими элементами могут при определенном стечении обстоятельств и факторов вести к замыканию.

Чаще всех на ЛЭП погибают грачи, галки, сороки и обыкновенные пустельги. Среди видов, занесенных в Красные книги, наиболее часто гибнут могильники и степные орлы. Крупные хищные птицы, по мнению большинства исследователей, являются наиболее уязвимой группой птиц. При этом среди хищных птиц более половины от общего количества видов имеют статус редких и охраняемых видов (Гаджиев, 2013). Так, орлы составляют в общей сложности 62,79% всех погибших птиц на участках ЛЭП в разных районах Мангистауской области Казахстана.

Повышенная гибель крупных хищных птиц от электротока чаще наблюдается в открытых биотопах, таких как пустыня, степь, тундра, горная местность. В лесистых биотопах гибель птиц наблюдается значительно реже в силу того, что у птиц имеется большое количество естественных присад. Так, в Оренбургской области большинство проблемных линий с повышенным количеством останков представителей краснокнижных видов сосредоточены в основном по южной границе с Казахстаном. При этом в местах с низким травостоем хищные птицы больше времени проводят, высматривая своих жертв с опор линий электропередач, и именно здесь наблюдаются самые значительные потери.

Наиболее опасны для птиц ВЛЭП напряжением 6–20 кВ на опорах со штыревыми и опорными линейными стержневыми изоляторами на металлических траверсах. Орнитоцидная агрессивность электролинии обусловлена её заземлением, связывающим металлические элементы опоры (траверсу и арматуру) в единую цепь. Поражение электрическим током происходит в момент замыкания цепи, когда в промежутке между заземляющим элементом и электри-

ческим проводом оказывается одна или несколько птиц. Расстояние между проводом и углом заземлённой траверсы составляет порядка 15–25 см, что сопоставимо с размером тела (и размаха крыльев) относительно небольшой птицы. Значительно реже происходит замыкание птицами цепи между проводами, поскольку промежуток между фазами весьма значителен (Гаджиев, 2013)

Орнитологами и инженерными экологами разработана простая типология, упорядочивающая по частотному принципу различные варианты взаимодействия птиц с конструкциями ВЛЭП (как с неизолированными, так и с защищенными проводами), приводящие к замыканиям.

Наиболее частыми причинами замыканий на ВЛ с неизолированными проводами признаются следующие ситуации:

1. Касание токоведущего провода крылом при посадке на траверсу или торец опоры птиц крупного размера (орлы, канюки, луны и т.п.), а также птиц среднего размера (крупнее грача, но менее канюка).

2. Касания, происходящие при взлете с траверсы или торца опоры.

3. Касание провода в момент шагающего движения птицы с траверсы на изолятор, соединенный с проводом.

4. Чистка клюва об изолятор птицей, сидящей на траверсе.

5. Кормление взрослой птицей слетка, когда одна из птиц сидит на изоляторе (чаще взрослая), а другая – на траверсе (чаще слёток). Данная ситуация гибели от замыкания в наибольшей степени характерна для относительно мелких птиц размером от конька до скворца и галки. В этом случае наблюдается гибель сразу двух птиц.

6. Поведенческие взаимодействия, связанные с установлением доминирования и выборе положения на траверсе (наиболее частая ситуация гибели стайных видов птиц размером со скворца).

7. Поражение птицы через струю жидкого помета, попадающую на токоведущие элементы (Салтыков, 1990).

К причинам гибели птиц от поражения электрическим током на ВЛ с защищенными проводами (далее – ВЛЗ), сопровождаемым возможными аварийными ситуациями, можно отнести:

1. Перекрытие проводов разноименных фаз крыльями птиц в местах выхода потенциала, в том числе, на натяжных зажимах клинового, коушного, заклинивающего и болтового типа.

2. Повышения вероятности пробоя изоляторов вследствие их загрязнения экскрементами птиц (Пособие ..., 2011)

3. Замыкание крылом токоведущих частей разноименных фаз или токоведущих и заземленных элементов разъединителя, установленного на ВЛ. Касание происходит при взлете, посадке или шагающего движения с рамы на полюс разъединителя (ситуация аналогична и на ВЛ с неизолированным проводом).

Эксплуатация воздушных линий электропередачи без устройств по защите птиц от поражения электрическим током наносит существенный вред популяциям птиц. При этом в основном страдают хищные птицы, значительная часть видов которых является охраняемыми в соответствии с законами РФ. Исходя из этого, целесообразным является оборудование линий электропередач

устройствами по защите птиц. По мнению большинства исследователей, эффективное снижение смертности птиц от удара электрическим током достигает 20 крат. При этом в первую очередь необходимо оснащать УЗП линии электропередач, расположенные в открытых битопах (степь, пустыня) или в местах концентрации хищных птиц (особенно редких охраняемых видов). В лесных местообитаниях проблема гибели птиц на линиях электропередачи будет стоять не столь остро. Кроме того, в результате использования УЗП сокращаются эксплуатационные расходы: уменьшается загрязнение изоляторов пометом.

Литература

Перерва В. И., Блохин А. О. Оценка гибели редких видов хищных птиц на линиях электропередач // Биологические аспекты охраны редких животных. М. 1981. С. 36–39.

Антончиков В. Н., Варламов А. Г. Предотвращение гибели птиц на высоковольтных линиях электропередачи в Саратовской области // Проблемы гибели птиц и орнитологическая безопасность на воздушных линиях электропередачи средней мощности: современный научный и практический опыт: Матер. науч.-практ. семинара. Ульяновск, 2012. С. 50–55.

Гаджиев А. Гибель хищных птиц на ЛЭП Дагестана // Пернатые хищники и их охрана. 2013. № 27. С. 235–239.

Салтыков А. В. Руководство по предотвращению гибели птиц на линиях электропередачи 6–10 кВ. Методическое пособие. Ульяновск: «Венец», 1999. 44 с.

Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными и защищенными проводами // Система защищенных проводов напряжением 6–20 кВ. Одноцепные железобетонные опоры ВЛЗ 10 кВ для IV–VII климатических районов. Кн. 4 Т. 4. СПб.: ENSTO – ОАО «НТЦ электроэнергетики» – РОСЭП, 2011.

СЕКЦИЯ 5

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ СОСТОЯНИЙ ГЕОСИСТЕМ

Ж. В. Атутова

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
atutova@mail.ru*

Актуальной задачей современной физической географии является изучение динамики природной среды в условиях интенсификации природопользования, «которое открывает прямые пути научного познания влияния человека на структуру и функционирование геосистем, помогает вскрыть механизм антропогенных воздействий на природу» (Сочава, 1978). Одним из направлений в решении данной проблемы являются исследования, которые опираются на ландшафтно-историческое изучение территории, берущее начало с рассмотрения естественного современного состояния геосистем (до начала хозяйственного использования) и заканчивающееся анализом современной преобразованной деятельностью человека ландшафтной структуры. Такой путь исследований дает возможность рассмотрения проблемы «человек – природа» с двух позиций, о чем упоминалось в работах ряда авторов (Исаченко, 1971; Жекулин, 1972; Низовцев, 1999 и др.). С одной стороны, знание естественной структуры геосистем позволит проанализировать влияние природных условий на причины расселения человека, на формирование видов и способов ведения хозяйства. Вторая позиция заключается в исследовании антропогенного влияния на преобразование природной среды: именно анализ развития производственной деятельности позволяет выявить причины, этапы, масштабы и результаты антропогенного вмешательства.

Главный аспект при исследовании антропогенной трансформации геосистем заключается в том, что каждый антропогенно-преобразованный комплекс имеет свою динамичную историю развития (Сочава, 1978). История трансформированных геосистем – это одновременно и история заселения, освоения и хозяйственного развития территории, знание которой является неотъемлемой частью при установлении специфики воздействия антропогенного фактора на естественные комплексы. Раскрытие процесса преобразования геосистем в результате хозяйственной деятельности человека происходит через исторические ряды, крайние звенья которых – исходные естественные и антропогенно-преобразованные комплексы.

В результате проведенного анализа основных представлений о взаимодействии природы и общества нами определена методологическая структура работы по исследованию современных естественных и антропогенно-преобразованных состояний геосистем юга Восточной Сибири (рис.).

На первом этапе работы рассматриваются закономерности формирования и функционирования геосистем, что заключается в исследовании компонентов природной среды – геологического и тектонического строения, рельефа, климата и др. Определяется место исследуемой территории в системе физико-географического районирования. На основе анализа полученных характеристик выявляются физико-географические особенности развития естественного состояния геосистем. Наибольшее внимание в этом разделе уделяется восстановлению картины первоначального состава потенциальной растительности, т.к. именно этот компонент подвергается наибольшему влиянию со стороны хозяйственной деятельности человека. Итогом этого этапа работы является полученная естественная основа дифференциации геосистем, своего рода эталон неизменной природы, отражающий природные свойства географической среды.

1 ЭТАП. ХАРАКТЕРИСТИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ ГЕОСИСТЕМ



Анализ покомпонентной структуры геосистем.
Реконструкция естественной ландшафтной структуры.
Физико-географическое районирование.



2 ЭТАП. ИЗУЧЕНИЕ ИСТОРИИ ЗАСЕЛЕНИЯ И ОСВОЕНИЯ ГЕОСИСТЕМ



Определение основных периодов хозяйственного освоения геосистем с указанием способов и видов ведения хозяйства, а также последствий хозяйственного использования
природно-ресурсного потенциала.

Установление основных видов антропогенных воздействий, происходивших на различных исторических отрезках, и определение основных черт преобразованности
геосистем в результате их хозяйственного использования.



3 ЭТАП. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОВРЕМЕННОЙ



Анализ основных черт трансформации геосистем в результате их хозяйственного использования.
Определение естественных и трансформированных комплексов в современной ландшафтной структуре.

Рис. Основные этапы исследования естественных и антропогенно-преобразованных состояний геосистем

В основу второго этапа положен историко-географический анализ влияния деятельности человека на природную среду, что позволяет определить характер антропогенного воздействия на определенных этапах развития производственной деятельности человека. В результате устанавливаются начальный период заселения, особенности и этапы расселения с выявлением видов и способов ведения хозяйства, а также основные стадии хозяйственного освоения и преобразования геосистем. Результирующим звеном этой части работы является анализ современной природно-хозяйственной ситуации с выделением основных видов хозяйственной деятельности человека и определением черт их влияния на природную среду.

Заключительный, третий, этап работы состоит в широкомасштабном исследовании естественных и антропогенно-преобразованных комплексов. Обобщаются полученные на предыдущих этапах материалы, в результате чего устанавливаются основные черты трансформации геосистем, выявляются естественные и преобразованные комплексы, составляется ландшафтная карта современного состояния геосистем.

Представленная схема исследований апробирована при изучении территории юга Восточной Сибири, природная специфика которой, как было отмечено выше, обусловлена нахождением ее на стыке двух крупных физико-географических областей – платформенной Среднесибирской и горной Южно-сибирской. Ключевыми участками исследования выступили территории, характеризующиеся отличными друг от друга природными условиями и особенностями хозяйственного освоения. Это Тункинская котловина (юго-западная часть Республики Бурятия) и Лено-Ангарское плато (юг Иркутской области).

Природные комплексы юга Восточной Сибири испытывают воздействие человека на протяжении длительного времени, берущего свой отсчет с раннего палеолита. Однако начало интенсивному антропогенному вмешательству было положено с момента прихода русского населения во второй половине XVII века. В результате длительной истории использования человеком природных ресурсов Сибири изучаемый район становится одним из центров аграрно-индустриального освоения, что стало причиной значительной антропогенной преобразованности геосистем.

В процессе работы были обособлены три этапа природопользования, хозяйственная деятельность во время которых отразилась на антропогенной динамике геосистем юга Восточной Сибири; это период конца XIX – начала XX веков, 20-е – 80-е гг. XX века и период с 1990-х гг. до настоящего времени. Была подготовлена серия ландшафтных карт, отражающих природо-хозяйственную специфику территории ключевых участков Лено-Ангарского плато (Атутова, 2014) и Тункинской котловины (Атутова, 2013) в обозначенные временные периоды. Кроме этого был дан ретроспективный анализ хозяйственного освоения и современные особенности природной среды исследуемых территорий. Полученные материалы, а также составленные серии разновременных ландшафтных карт, отражающие состояние естественных и антропогенно-преобразованных геосистем на определенных этапах своего развития, являются

уникальными и разработаны для ряда территории юга Восточной Сибири впервые.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 14-45-04002 р_сибирь_a.

Литература

Атутова Ж. В. Естественные и преобразованные геосистемы Тункинской котловины // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 97–104.

Атутова Ж. В. Реконструкция ландшафтной структуры Лено-Ангарского междуречья рубежа XIX – XX веков // География и природные ресурсы. 2014. № 1. С. 100–106.

Жекулин В. С. Историческая география ландшафтов. Новгород, 1972. 230 с.

Исаченко А. Г. Развитие географических идей. М.: Мысль, 1971. 416 с.

Низовцев В. А. Антропогенный ландшафтогенез: предмет и задачи исследования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1999. № 1. С. 26–30.

Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА СОСТОЯНИЕМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВОКРУГ ОБЪЕКТОВ РАЗМЕЩЕНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

И. Ю. Петухова¹, А. В. Албегова²

¹ *Департамент экологии и природопользования Кировской области,
depgreen43@mail.ru,*

² *Вятский государственный гуманитарный университет,
albegovaalla@gmail.com*

Окружающая среда представляет собой систему физических и биологических взаимосвязанных факторов, в пределах которой живет человек и живые организмы. В нее входят как природные факторы, так и факторы, созданные в результате деятельности человека. Все это влияет на экологическое равновесие, и определяет условия жизни человека и развитие общества.

Интенсивная антропогенная деградация природы ставит задачу контроля состояния почвенного покрова и находящихся вокруг территории полигонов водных сред. Почва является центральным звеном глобальной биосферной системой, планетарным узлом экологических связей, объединяющим в единое целое другие структурно-функциональные составляющие этой системы: гидросферу, атмосферу и биомир. Несомненно то, что без экспериментально полученных данных невозможно обосновать выбор оптимального режима природопользования.

Как правило, на территории Кировской области свалки бытовых отходов создавались у крупных населенных пунктов в 60–70 годы прошлого столетия. По решению местных властей для вывоза мусора и бытовых отходов отводились небольшие земельные участки около 2 га, куда в последующем сами жители или предприятия ЖКХ вывозили отходы. Поскольку в 70 годы каких-либо требований в части охраны окружающей среды к созданию объектов размеще-

ния отходов не выдвигалось, свалки бытовых отходов так и оставались лишь в статусе земельных участков. Зачастую, даже на сегодняшний день, свалки бытовых отходов не зарегистрированы как объекты недвижимого имущества.

В современном законодательстве понятия свалки бытовых отходов не существует. Дано определение объекта размещения отходов – специально оборудованное сооружение (полигон, шламохранилище, хвостохранилище, отвал горных пород и другое) предназначенное для размещения отходов и включающее в себя объекты хранения и объекты захоронения отходов. В настоящее время эксплуатируемые свалки представляют собой огороженные земельные участки с созданной хозяйственной зоной, зоной разгрузки и приемки мусора, разворотной площадкой, а также с номинальной системой наблюдения за состоянием окружающей среды. После обустройства свалок эксплуатирующие их организации получают возможность оформить требуемые природоохранным законодательством документы и осуществлять свою деятельность в сфере обращения с отходами в правовом поле.

Наблюдение за состоянием окружающей среды вокруг свалок бытовых отходов КОГБУ «Кировский областной центр охраны окружающей среды и природопользования» подведомственному департаменту экологии и природопользования Кировской области ведется с 2010 года.

Учитывая, что на территории Кировской области по результатам последней инвентаризации объектов размещения бытовых отходов 2012 г. насчитывалось 593 свалки [1], выполнить мониторинг всех объектов не представляется возможным и не всегда целесообразно и оправдано экономически. В связи с этим было принято решение проводить контроль состояния окружающей среды только на тех свалках, которые являются потенциально опасными, и, соответственно, способны оказывать воздействие на отдельные компоненты окружающей среды.

Приоритетными объектами, подлежащими контролю с точки зрения оценки состояния окружающей среды, принимались объекты, которые удовлетворяли ряду критериев: расположение вблизи населенных пунктов (имеющих статус районных центров), неблагоприятные ландшафтные условия, длительный срок эксплуатации, наличие поверхностных водных объектов в радиусе до 1 км, наличие водозаборных скважин питьевого назначения в радиусе 2 км и некоторые другие.

Также для предупреждения негативных последствий и в качестве превентивных мер контроля за эксплуатацией полигонов твердых бытовых отходов (ТБО), разовые отборы проб качества атмосферного воздуха, качества воды в поверхностных водоисточниках, качества почвы осуществлялись вблизи ряда полигонов ТБО на территории региона. Подобные исследования носили эпизодический характер.

Как правило, замеры атмосферного воздуха проводились в 3 точках: непосредственно на территории полигона (свалки), в 500 м от полигона (свалки) в направлении населенного пункта и в фоновой точке. Вид отбираемой пробы – максимально-разовая. В качестве приоритетных показателей принимались следующие загрязняющие вещества (ЗВ): оксид углерода (II), сероводород, ам-

миак, бензол. Отбор проб и определение концентраций веществ осуществлялось инструментальным методом с использованием следующих средств измерений: электроаспиратор ПУ-4Э, газоанализатор «Палладий-3», газовый хроматограф «Цвет 500», спектрофотометр «КФК», метеометр МЭС-200А. Отбор проб и проведение исследований атмосферного воздуха производились в соответствии РД 52.04.186-89 [2].

На основании полученных результатов количественного химического анализа (КХА) можно сделать следующий вывод: на момент обследования уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризуется как низкий, концентрация всех определяемых показателей находится на уровне фоновых значений и менее нижнего предела обнаружения методик измерений. Превышений максимально-разовых значений предельно допустимых концентраций (ПДК) за весь период наблюдений не обнаружено.

Кроме того, начиная с 2010 г., также осуществлялся химико-аналитический контроль почвы, отбираемой в трех точках: с карты полигона (свалки), с территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и в точке, расположенной вне территории полигона и его СЗЗ, принимаемой в качестве фоновой пробы. Отбор проб осуществлялся в соответствии с ПНДФ 12.1:2:2.2:2.3.2-03 [3]. Образцы почвы анализировались на содержание следующих элементов и ионов (загрязнителей): медь, цинк, свинец, никель, марганец, железо, хром, кадмий, мышьяк, ртуть, ион аммония и нитраты. Определение велось по методикам [4–7] с использованием: атомно-абсорбционного спектрофотометра «Спектр» (определение металлов), анализатора ртути «РА», спектрофотометра «КФК».

Кроме того, проводился анализ экотоксичности почв методом биотестирования с применением двух тест объектов: *Daphnia magna* Straus, *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bred. по Ф.Р.1.39.2007.03222 [8]; Ф.Р.1.39.2007.03223 [9].

Оценка результатов измерений показала следующее: образцы почвы, отбираемые вдоль границы СЗЗ и в фоновой точке, за весь период наблюдений не показали превышений ПДК и ОДК ни по одному из контролируемых показателей. Содержание исследуемых веществ в почве с территории полигонов (свалок), как правило, выше по сравнению с содержанием аналогичных веществ в пробах, отобранных на границе СЗЗ и в фоновой пробе. В некоторых случаях в фоновых пробах наблюдается повышенное по сравнению с пробами почвы, отобранными с территории полигона, содержание свинца (полигон ТБО Лубягино в 2014 г., полигон ТБО в Арбаже в 2012 г.). Скорее всего, данное явление связано с наличием дополнительного техногенного источника воздействия на окружающую среду (садоводства, автодорога и т. д.).

По данным наблюдений за 2011 г., в некоторых случаях отмечалось превышение ПДК марганца (от 1,5 до 2,5 ПДК), причем независимо от места отбора пробы. Скорее всего, это не является загрязнением, а свидетельствует об особенностях почвенного горизонта. Зачастую почвы в местах исследования представлены суглинками и тяжелыми суглинками, способными аккумулировать повышенное содержание марганца и его спутника – железа. Также марганец часто увязывают с водностью (количеством поступивших осадков), т. е. в

местах, подверженных заболачиванию, в стоячей воде часто наблюдается повышенное содержание марганца (природное явление).

Из всех определяемых показателей наиболее часто выявлялись превышения ПДК по содержанию мышьяка в 1,1–4 раза: в 2011 г. из 10 контролируемых объектов превышения выявлены на 2-х полигонах (свалках), в 2012 – на 6, в 2013 на 3 полигонах (свалках). В некоторых случаях наблюдается превышение по содержанию меди (1,2–5 ПДК), цинка (2,2–6 ПДК) и свинца (3,5 ПДК). По остальным показателям превышений ПДК в пробах, отобранных с территорий полигонов (свалок) не наблюдалось. Таким образом, по исследуемым пробам можно сделать вывод, что воздействие на окружающую среду на некоторых объектах присутствует (свалка п. Аркуль (Нолинский район), свалка п. Арбаж, свалка п. Тужа), что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии производственной территории, связанной с некачественной эксплуатацией полигона (свалки).

Вместе с тем, исследования экотоксичности почв, отобранных вблизи полигонов (свалок) за пределами промплощадок, показало, что водная вытяжка без разведения не оказывала острого токсического действия на тест-объекты, соответственно исследуемые образцы почвы можно квалифицировать как нетоксичные, а почву вокруг территории полигона (свалки) не загрязненной.

Также, начиная с 2010 г., осуществляется контроль воды из наблюдательных скважин и воды поверхностной (рек, ручьев, обводных канав или открытых пожарных водоемов) вблизи контролируемых объектов размещения отходов. Отбор проб (консервация, характеристика сосудов и транспортировка пробы, метеоусловия и т.д.) происходил в соответствии с ГОСТ 31861-2012 [10]. Подземная вода наблюдательных скважин исследовалась по следующим показателям: взвешенные вещества, водородный показатель, БПК, ХПК, формы азота, фосфаты, хлориды, сульфаты, металлы, фенол, формальдегид, гидрокарбонаты и жёсткость в соответствии с методиками [11–19]. Отобранные пробы воды исследовались с использованием спектрофотометра и атомно-абсорбционного фотометра.

Ввиду отсутствия контрольных (фоновых) скважин в зоне расположения полигонов (свалок) полученные результаты по содержанию ЗВ сравнивались с ПДК_{к/б}. Результаты исследований показали следующее. Как правило, в воде, отобранной из скважин, наблюдается незначительные превышения ПДК_{к/б} окисляемости бихроматной (2,3–11,7 ПДК), железа (2,6–22 ПДК), азота аммонийного (1,7–15 ПДК), а также сухого остатка (1,9–5,9 ПДК). В поверхностной и подземной воде наблюдается иногда превышение ПДК по содержанию фенола и железа, которые носят зональный характер, однако, могут быть обусловлены как природными факторами исследуемой местности (тогда фиксируемые показатели по содержанию фенола и железа можно принять за естественный природный фон почвы), так и техногенными воздействиями иных источников. При этом полученные результаты токсикологических анализов, проведенных с применением тест-объекта *Daphnia magna*, показали, что пробы воды из наблюдательных скважин и поверхностной воды не обладают острым токсическим действием, что позволяет судить о низком техногенном воздействии на

окружающую среду объектов размещения отходов, подлежащих контролю и оценке состояния в 2010–2014 гг.

Таким образом, исследования атмосферного воздуха в районе расположения свалок бытовых отходов, показали отсутствие превышений ПДК. В образцах почвы, отобранных с карт свалок и полигонов, наблюдается незначительное превышение ПДК И ОДК по содержанию тяжелых металлов и мышьяка, в связи с чем можно сделать вывод о неудовлетворительном поверхностном состоянии производственной территории объектов размещения отходов в результате некачественной эксплуатации объектов. Однако в подземной воде превышений по данным показателям не обнаруживается, например, в поверхностных и подземных водах содержание мышьяка ниже предела обнаружения или менее 0,01 ПДК. В тоже время отсутствие отрицательных результатов по аналогичным показателям в наблюдательных скважинах однозначно показывает на отсутствие диффузионного переноса загрязняющих веществ в грунтовые воды и, как следствие, отсутствие загрязнения подземных вод.

Литература

1. Распоряжение Правительства Кировской области от 28.12.2013 № 431 «Об утверждении перечня свалок твердых бытовых отходов, подлежащих рекультивации, и перечня свалок бытовых отходов, не отвечающих требованиям природоохранного законодательства и подлежащих ликвидации» // Официальный сайт: Консультант Плюс. [Электронный ресурс].
2. Руководство по контролю загрязнения атмосферы (рег. номер МЗ СССР, ГКГМ СССР РД 52.04.186-89 от 16 мая 1989 г). // Официальный сайт: Консультант Плюс. [Электронный ресурс].
3. ПНДФ 12.1:2.2.2:2.3.2-03 «Отбор проб почв, грунтов, осадков биологических очистных сооружений, шламов промышленных сточных вод, донных отложений искусственно созданных водоемов, прудов-накопителей и гидротехнических сооружений». Методические рекомендации (2003 г.).
4. ПНД Ф 16.1;2.2;2.3.36-02 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля и марганца в почвах».
5. ПНД Ф 16.1:2.23-2000 (с изм.) «Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С».
6. ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.30-02 (с изм.) «Методика выполнения измерений содержания азота аммонийного в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях фотометрическим методом с реактивом Несслера».
7. ПНД Ф 16.1.8-98 «Методика выполнения измерения массовых концентраций ионов нитритов, нитратов, хлоридов, фторидов, сульфатов и фосфатов в пробах почв (в водорастворимой форме) методом ионной хроматографии». 2008.
8. Ф.Р.1.39.2007.03222 «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний».
9. Ф.Р.1.39.2007.03223 «Биологические методы контроля. Методика определения токсичности вод по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей».
10. ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» // Официальный сайт: Консультант Плюс. [Электронный ресурс].
11. ПНД Ф 14.1:2.3:4.121-97 «Методика выполнения измерений pH в водах потенциометрическим методом».

12. ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97 «Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода после n-дней инкубации (БПКполн) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах».

13. ПНД Ф 14.1:2:4.114-97 «Методика измерений массовой концентрации сухого остатка в питьевых, поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом».

14. ПНД Ф 14.1:2.1-95 «Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера».

15. ПНД Ф 14.1:2:4.112-97 «Методика измерений массовой концентрации фосфат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с молибдатом аммония».

16. ПНД Ф 14.1:2.49-96 «Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов мышьяка в природных и сточных водах фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом серебра».

17. ПНД Ф 14.1:2:4.52-96 «Методика измерений массовой концентрации хрома в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с дифенилкарбазидом».

18. ПНД Ф 14.1;2.3-95 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит-ионов в природных и сточных водах».

19. ПНД Ф 14.1;2;4.165-2000 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений суммарной массовой концентрации минерального и органического фосфора (общего фосфора)».

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТБО Г. КИРОВА И Г. СЛОБОДСКОГО КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Аникина^{1,2}, А. С. Олькова¹, Е. В. Маханова², Г. И. Березин¹

*¹ Вятский государственный гуманитарный университет,
morgan-abend@mail.ru,*

*² Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
anickina.aleksandra@yandex.ru*

В ходе хозяйственной и иной деятельности человека в окружающую среду поступает большое количество загрязняющих веществ. Основная их масса аккумулируется и депонируется в почве, изменяя ее физическое, химическое и биологическое состояние, то есть ведет к деградации почвенного покрова. Одним из антропогенных факторов, влияющих на почвенный покров, является складирование и захоронение твердых бытовых и промышленных отходов на полигонах и свалках (Лысухо, 2011).

Целью работы стала оценка состояния почвенного покрова в районах расположения объектов хранения твердых бытовых отходов (ТБО) г. Кирова и г. Слободского Кировской области. Для диагностики были использованы методы биотестирования, также была проведена сравнительная оценка содержания тяжелых металлов (ТМ) в почвенных образцах исследуемых участков.

Слободской полигон ТБО организован относительно недавно (введен в эксплуатацию в 2007 г.), тогда как полигон ТБО г. Кирова действует с 1972 г. Сравнение состояния почв вблизи данных объектов представляет научно-практический интерес.

Пробы почв отбирались осенью 2014 г. с территорий полигонов, их санитарно-защитных зон (СЗЗ), а также за пределами СЗЗ. В окрестностях полигона ТБО г. Кирова было отобрано 9 проб на расстоянии 500, 1000 и 1500 метров от полигона в трех направлениях (северном, южном, восточном). В окрестностях полигона ТБО г. Слободского было отобрано 6 проб на расстоянии 500, 1000 и 1500 метров в двух направлениях от полигона (юго-западном и северо-восточном), 2 пробы в СЗЗ (около фоновой скважины, на границе СЗЗ – северо-восточная сторона) и 2 пробы с территории полигона.

Среди методов биотестирования были выбраны два, которые относятся к экспрессным методам, так как они позволяют получить результат за короткий промежуток времени. Для установления острой токсичности проб использовали бактериальную тест-систему «Эколюм» (ПНДФ Т 14.1:2:3:4.11-04 Т.16.1:2:3:3.8-04) и инфузорий *Paramecium caudatum* (ПНД Ф Т 14:3:4.2-98(ред.2010 г.)).

Содержание тяжелых металлов (ионов меди, цинка, никеля, кадмия и свинца) в почвенных образцах определяли атомно-абсорбционным методом (ФР.1.31.2007.04106).

Полученные результаты представлены в таблице.

Таблица

Характеристика почвенных образцов полигонов ТБО г. Кирова и г. Слободского

Полигон	Участок отбора пробы	Результаты биотестирования		Кратность ПДК (валовая форма)
		Тест объект <i>Paramecium caudatum</i>	Тест-система «Эколюм»	
Полигон ТБО г. Кирова	500 м, С	0,37±0,075 I группа	56,9±3,8 III группа	Cu 0,65
	1000 м, север	0,39±0,08 I группа	5,8±1,1 I группа	Cu 1,22 Pb 0,62
	1500 м, север	0,41±0,08 II группа	35,8±1,1 II группа	Cu 1,0
	500 м, юг	0,39±0,08 I группа	42,0±0,9 II группа	Cu 1,29 Zn 0,56 Ni 0,51
	1000 м, юг	0,27±0,05 I группа	30,6±1,3 II группа	Cu 0,71
	1500 м, юг (условно-фоновая)	0,61±0,12 II группа	0 I группа	Cu 0,58
	500 м, восток	0,35±0,07 I группа	56,3±3,9 III группа	Cu 0,67 Pb 0,59
	1000 м, восток	0,36±0,07 I группа	14,2±6,9 I группа	Cu 1,2 Zn 0,52 Pb 0,73 Ni 0,76
	1500 м, восток	0,39±0,08 I группа	0 I группа	Cu 1,64 Zn 0,51 Ni 0,68
Полигон ТБО г. Слобод-	№1, полигон	0,63±0,13 II группа	7,0±0,5 I группа	«-»
	№2, полигон	0,57±0,11	72,6±0,8	«-»

Полигон	Участок отбора пробы	Результаты биотестирования		Кратность ПДК (валовая форма)
		Тест объект <i>Paramecium caudatum</i>	Тест-система «Эколюм»	
Слободского		II группа	III группа	
	Около фоновой скважины (в СЗЗ)	0,41±0,08 II группа	22,3±2,1 II группа	Cu 0,66
	На границе СЗЗ (С-В сторона)	0,33±0,07 I группа	85,9±1,6 III группа	«-»
	500 м, С-В	0,51±0,22 II группа	41,7±2,3 II группа	Cu 0,56
	1000 м, С-В	0,35±0,15 I группа	0 I группа	«-»
	1500 м, С-В (условно-фоновая)	0,32±0,1 I группа	0 I группа	Cu 0,64
	500 м, Ю-З	0,13±0,05 I группа	62,3±1,7 III группа	«-»
	1000 м, Ю-З	0,30±0,13 I группа	47,2±2,2 II группа	«-»
	1500 м, Ю-З	0,43±0,18 II группа	13,8±1,0 I группа	«-»

Примечание: *север* – в северном направлении от полигона; *юг* – в южном направлении от полигона; *восток* – в восточном направлении от полигона; *С-В* – в северо-восточном направлении от полигона; *Ю-З* – в юго-западном направлении от полигона; *№1, полигон* – около контрольной скважины с территории полигона; *№2, полигон* – западная сторона СЗЗ полигона (с территории полигона).

ПДК валовой формы металла: медь – 55 мг/кг, никель – 85 мг/кг, цинк – 100 мг/кг, свинец – 30 мг/кг, кадмий – 2 мг/кг (ГН 2.1.7.2042-06). «-» - значение не достигало 0,5ПДК. *I* – допустимая степень токсичности, *II* – умеренная степень токсичности, *III* – высокая степень токсичности.

Содержание анализируемых металлов в исследуемых почвенных образцах, взятых в зоне расположения полигона ТБО г. Кирова, превышает допустимые нормативы по меди в пробах 1000 и 1500 метров от полигона в северном направлении, 500 м в южном направлении, 1000 и 1500 метров в восточном направлении (превышение ПДК до 1,64 раз). Самое высокое содержание меди наблюдается в пробе, взятой в 1500 м в восточном направлении от полигона (превышение ПДК в 1,64 раз). В остальных почвенных образцах наблюдается повышенное содержание меди (0,65–0,71 ПДК), но оно выше условно-фонового показателя (0,58 ПДК). Также данные пробы отличаются повышенным содержанием цинка, свинца и никеля (кратность ПДК>0,5). Возможно, что дополнительным фактором загрязнения металлами служит наличие железной дороги рядом с полигоном ТБО.

Содержание валовых форм ТМ в пробах почвы Слободского полигона ТБО, характеризуется повышенным содержанием меди в трех пробах (кратность ПДК>0,5), включая условно-фоновую. Но ни по одному показателю превышение установленных нормативов не наблюдается.

По результатам биотестирования с помощью инфузорий (*Paramecium caudatum*) большинство проб почвы полигона ТБО г. Кирова (77,8%) принадлежат к I группе токсичности. Однако индекс токсичности фоновое участка и в 1500 м в северном направлении от полигона относится ко второй группе «умеренная степень токсичности». Вероятно, это связано с тем, что в данных пробах наблюдается повышенное содержание меди, близкое к нормативу ПДК.

Половина почвенных образцов, взятых в зоне расположения полигона ТБО г. Слободского, являются не токсичными для инфузорий. Другие 50% проб относятся ко II группе токсичности, при чем, только в 20% проб наблюдалось повышенное содержание меди. В остальных исследуемых образцах превышения содержания определяемых ТМ не наблюдалось. Возможно, что токсический эффект вызывается комплексным действием загрязняющих веществ различной природы, поступающих в почву с полигона.

Высокая степень токсичности (III группа) в исследуемых образцах с полигонов не наблюдалась.

По результатам биотестирования с использованием тест-системы «Эколюм» 44,4% проб полигона ТБО г. Кирова и 40% проб Слободского полигона оказались не токсичными, при чем, условно-фоновые образцы и пробы, взятые на границе СЗЗ (1000 м, С-В) и за ее пределами (1500 м, восток) оказали стимулирующее действие на биолюминесценцию тест-системы «Эколюм». В соответствии с используемой методикой такой эффект приравнивается к нулю. 33,3% исследуемых проб полигона ТБО г. Кирова относятся ко II группе токсичности, а 22,3% – являются сильно токсичными (III группа). Вероятно, это связано с тем, что данные пробы характеризуются превышением норматива по меди и повышенным содержанием цинка, свинца и никеля. Оставшиеся пробы полигона ТБО г. Слободского (60%) относятся к группам с умеренной и высокой токсичностью. Однако в данных пробах превышения ПДК тяжелых металлов не наблюдалось. Вероятно, это связано с комплексным загрязнением, исходящим от полигона.

Сравнивая два крупных полигона Кировской области, можно сказать, что полигон ТБО г. Слободского оказался благополучнее полигона ТБО г. Кирова по содержанию тяжелых металлов в почве. Однако, при биотестировании с использованием *Paramecium caudatum* и тест-системой «Эколюм», почвенных образцов Слободского полигона с умеренной и высокой степенью токсичности было больше (30%), чем образцов полигона ТБО г. Кирова (22,3%).

Таким образом, можно говорить о том, что, несмотря на повышенное содержание тяжелых металлов, почвы зоны влияния полигона ТБО г. Кирова, действующего более 40 лет, оказались более благополучными, чем почвы в районе действия относительно нового полигона ТБО г. Слободского. Вероятно, это связано с особенностями геоморфологического строения мест размещения отходов, а также с комплексным загрязнением, исходящим от полигона.

Литература

ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.

Лысухо Н. А., Ерошина Д. М. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду: монография. Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. 210 с.

Методика выполнения массовых долей токсических металлов в пробах почв атомно-абсорбционным методом ФР.1.31.2007.04106.

ПНДФ Т 14.1:2:3:4.11-04

Т.16.1:2:3:3.8-04. Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм».

ПНД Ф Т 14:3:4.2-98 (ред. 2010 г.) Методика определения проб природных, питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных вод экспресс-методом с применением прибора «Биотестер».

ПОКАЗАТЕЛЬ КОМПЛЕКСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ г. БРЯНСКА ЭЛЕМЕНТАМИ ГРУППЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Л. Н. Анищенко, О. Н. Онофрейчук, Е. В. Борздыко

*Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского,
eco_egf@mail.ru*

Особый компонент урбанизированных экосистем – почва, которая претерпевает ряд серьезных изменений и преобразований под действием антропогенных факторов, выполняя ряд важных экологических функций, от которых зависит не только состояние других биологических компонентов экосистемы, но и здоровье человека. Экологические риски особенно высоки при загрязнении элементами группы тяжелых металлов (ТМ) – большой группы химических элементов с атомным весом более 50. ТМ, загрязняющие почву, могут поглощаться растениями и по пищевой цепи попадать в организмы животных и человека (Алексеев, 1987; Ильин, 1991 и др.). Основные источники выбросов ТМ сконцентрированы в крупных промышленных городах, в том числе и Брянске (Нечерноземье России). Современная ситуация характеризуется, с одной стороны, переходом на неэтилированные бензины, сокращением объемов выбросов имеющихся промышленных предприятий, с другой стороны, увеличением парка автомобилей, появлением новых производств (в том числе и по переработке бытовых и промышленных отходов). Но вопрос о распространении и депонировании в почвах урбоэкосистем ТМ не снят. Поэтому необходимо планировать и проводить анализ мониторинговых исследований почв урбоэкосистем по отношению к ТМ и осуществлять направления экологической диагностики состояния почв.

Цель работы – представить информацию о химическом состоянии почв крупной урбоэкосистемы – г. Брянска в рамках регионального экомониторинга.

Для выполнения работ отобрано 89 проб почв. Собранные образцы подвергались общепринятой камеральной обработке для пробоподготовки к работе на спектрометре «Спектроскан-Макс» фирмы Spectron (ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84; ГОСТ 28168-89; Методика выполнения измерений ..., 2004). Степень химического загрязнения почв ТМ определяли по суммарному

показателю химического загрязнения (Z_c) (Методические указания ..., 1999). Фоновые данные ($C_{\text{ф}}$) для расчета принимались равными средним значениям валового содержания ТМ в почвах эталонной территории заповедника «Брянский лес». Показатели следующие: для стронция – 67,4; для свинца – 17,3; для мышьяка – 1,02; для цинка – 17,8; для меди – 21,2; для никеля – 14,6; для кобальта – 0,05; для железа – 3821; для хрома – 11,2; для ванадия – 9,55; для титана – 881,2. Во всех почвенных образцах выявляли почвенную альгофлору методами чашечных культур на свету (Голлербах, 1969; Методы почвенной ..., 1991).

По содержанию в почвах крупного города ТМ сделаны следующие выводы. Наибольшее валовое содержание в почвах города зарегистрировано для свинца, меди, цинка, никеля, мышьяка, в отдельных пробах – для стронция, хрома, ванадия. Эти загрязнители можно считать приоритетными для городских почв. В почвах г. Брянска выявлено превышение ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) пяти ТМ: свинца, хрома, кобальта, никеля, мышьяка, обладающих канцерогенным эффектом на организм человека, а также семи ТМ, для которых доказано наличие негативного влияния на здоровье человека (титан, ванадий, марганец, железо, медь, цинк, стронций), оказывающих воздействие при хроническом ингаляционном, пероральном и перкутанном поступлении.

Для районов г. Брянска анализ валового содержания ТМ показал следующее. В Советском районе наиболее загрязнены придорожные зоны улиц Дуки, Красноармейская, Крахмалева, Авиацонная, площадь Ленина, газон вдоль автомобильной дороги, сторона противоположная зданию Лицея №1, 6 м от дорожного полотна. Также повышенные концентрации ТМ зарегистрированы у строящегося стадиона Лицея №1; газона на территории школы №56; почвы во дворе дома 158/б по ул. Красноармейской; склон отрога оврага Верхний судок в районе спортплощадки нового корпуса БГИТА. В Бежицком районе наиболее загрязнены придорожные зоны улиц Калинина, Литейная и Ульянова. В Володарском районе имеют наибольшую валовую концентрацию поллютантов почвы возле дорожного полотна ул. Пушкина. В Фокинском районе загрязнены почвы по проспекту Московский вблизи проезжей части. Также проводились исследования в Брянском районе – район дачного кооператива «Союз», где также в почве превышено содержание ТМ. Наибольшее количество ТМ в почве находится непосредственно около дорожного полотна и уменьшается по мере удаления почвы от источника загрязнения (путепровода). Превышение ОДК в целом по всем образцам выявлено для ванадия (в 1,5 раза), хрома (в 10 раз), кобальта (в 5 раз), меди (в 3 раз), цинка (в 5 раз), свинца (в 1,3 раз).

Уровень химического загрязнения почв ТМ определяли по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c). В таблице 1 представлены значения Z_c почв г. Брянска за период 2011–2013 гг.

**Суммарный показатель химического загрязнения (Z_c) почв г. Брянска
по отдельным пробам**

№ пробы*	Z _c	№ пробы	Z _c	№ пробы	Z _c
1	59,81	18	130,09	2*	20,47
2	41,89	19	67,47	3*	34,28
3	36,29	20	60,33	4*	29,29
4	33,43	21	18,33	5*	163,32
5	29,29	22	151,31	6*	86,89
6	41,83	23	127,77	7*	29,79
7	26,59	24	79,12	1,1	23,18
8	32,16	25	104,43	1,2	21,04
9	18,81	26	203,30	1,3	16,10
10	24,69	27	18,38	2,1	132,35
11	35,17	28	121,67	2,2	61,14
12	29,51	29	59,602	2,3	19,15
13	58,00	30	141,13	3,1	29,64
14	4,34	31	169,17	3,2	16,36
15	82,65	32	124,43	3,3	13,62
16	125,96	33	187,52	4,1	12,01
17	166,17	1*	5,48	4,2	5,38
				4,3	4,32

Примечание. * Номера проб: 1 – ул. Калинина, первая проба; 2 – ул. Калинина, вторая проба; 3 – ул. Ульянова; 4 – ул. Дуки; 5 – ул. Авиационная; 6 – пр. Московский первая проба; 7 – пр. Московский вторая проба; 8 – пр. Московский третья проба; 9 – ул. Пушкина; 10 – пер. Волгоградский; 11 – ул. Красноармейская первая проба; 12 – ул. Красноармейская вторая проба; 13 – Газон вдоль автомобильной дороги, сторона противоположная зданию Лицея № 1, 1,5 м от дорожного полотна; 14 – Газон вдоль автомобильной дороги, сторона противоположная зданию Лицея № 1, 5 м от дорожного полотна; 15 – Газон вдоль автомобильной дороги, сторона противоположная зданию Лицея № 1, 6 м от дорожного полотна; 16 – Строящийся стадион Лицея № 1 проба 1; 17 – Строящийся стадион Лицея №1 проба 2; 18 – Строящийся стадион Лицея № 1 проба 3; 19 – Газон вдоль автомобильной дороги по ул. Крахмалева, около садового общества «Восход», 2,5 м. от дорожного полотна; 20 – Газон вдоль автомобильной дороги по ул. Крахмалева, около садового общества «Восход», 3 м. от дорожного полотна; 21 – Газон вдоль автомобильной дороги по ул. Крахмалева, около садового общества «Восход», 3 м. от дорожного полотна; 22 – Газон на территории школы № 56, проба 1; 23 – Газон на территории школы № 56, проба 2; 24 – Газон на территории школы № 56, проба 3; 25 – Двор дома 158/б по ул. Красноармейской, проба 1; 26 – Двор дома 158/б по ул. Красноармейской, проба 2; 27 – Двор дома 158/б по ул. Красноармейской, проба 3; 28 – Район дачного кооператива «Союз», Брянский район, проба контроль № 1; 29 – Район дачного кооператива «Союз», Брянский район, проба контроль № 2; 30 – Район дачного кооператива «Союз», Брянский район, проба контроль № 3; 31 – Склон отрога оврага Верхний судок в районе спортплощадки нового корпуса БГИТА, проба контроль 1; 32 – Склон отрога оврага Верхний судок в районе спортплощадки нового корпуса БГИТА, проба контроль 2; 33 – Склон отрога оврага Верхний судок в районе спортплощадки нового корпуса БГИТА, проба контроль 3. 1* – лесопарк «Соловьи» (возле дороги); 2* – ост. Цирк (возле дороги); 3* – пл. Ленина (возле дороги); 4* – район общежитий БГУ (возле дороги); 5* – ул. Пушкина (возле дороги); 6* – ул. Литейная (возле дороги); 7* – Городищенский поворот (возле дороги) 1.1 Ул. Пушкина (возле дороги); 1.2 Ул. Пушкина (50 м от дороги); 1.3 ул. Пушкина (100 м от дороги); 2.1 ост. «Брянск 2» (возле дороги); 2.2 ост. «Брянск 2» (50 м от дороги); 2.3 ост. «Брянск 2» (100 м от дороги); 3.1 ул. Взлетная (возле дороги); 3.2 ул. Взлетная (50 м от доро-

ги); 3.3 ул. Взлетная (100 м от дороги); 4.1 лесопарк «Соловьи» (возле дороги); 4.2 лесопарк «Соловьи» (50 м от дороги); 4.3 лесопарк «Соловьи» (100 м от дороги).

Допустимый уровень химического загрязнения почв наблюдается в точках 14; 1^{*}; 3.3; 4.1; 4.2; 4.3. Умеренно – опасное загрязнение имеют почвы в пробах 5; 7; 9; 10; 12; 21; 27; 2^{*}; 4^{*}; 7^{*}; 1.1; 1.2; 1.3; 2.3; 3.1; 3.2. Высоко – опасное загрязнение наблюдается в точках 1; 2; 3; 4; 6; 8; 11; 13; 15; 16; 19; 20; 23; 24; 25; 28; 29; 3^{*}; 6^{*}; 2.2. Чрезвычайно опасное загрязнение почвы наблюдается в точках 17; 18; 22; 26; 30; 31; 33; 5^{*}; 2.1.

Таким образом, показатель Zc отражает общее валовое содержание ТМ в почвах и может служить основой для экологического картографирования. Так, в почвах с высоким индексом Zc наблюдается повышенная концентрация стронция, свинца, кобальта и никеля.

Показатель Zc – индекс загрязненности почв выявил наличие четырёх зон по содержанию ТМ в городе: на первом месте по загрязнению стоят почвы лентовидных придорожных газонов, на втором – внутридворовые территории, на третьем – почвы лесополос и городского лесопарка.

Почвенная альгофлора – отражение условий, имеющих в верхних почвенных горизонтах (деятельностном слое). В целом в урбанозёмах Брянска выявлено 24 вида почвенных водорослей, доминантные и субдоминантные виды представлены в таблице 2.

Таблица 2

Доминантные и субдоминантные виды почвенных водорослей почв крупной урбоэкосистемы

№	Показатель Zc	Доминантные и субдоминантные виды почвенных водорослей
1	До 16	* <i>Cylindrospermum muscicola</i> ^D , <i>Nostoc commune</i> , <i>Phormidium autumnale</i>
2	16-32	<i>Cylindrospermum muscicola</i> ^D , <i>Nostoc commune</i> , <i>Nostoc microscoporicum</i> , <i>Anabaena variabilis</i>
3, 4	32-128, более 128	<i>Chlorococcum</i> ^D sp., <i>Microcoleus vaginatus</i> , <i>Euglena viridis</i> , <i>Nostoc commune</i>

Примечание: * D – доминантный вид водорослей.

Доминантом в почвах первой и второй группы (Zc менее 16, от 16 до 32) зарегистрирован вид отдела *Cyanophyta* порядка *Nostocales*. В наиболее загрязненных почвах (Zc от 32 до 128, более 128) доминирует вид почвенных водорослей отдела *Chlorophyta*, порядка *Chlorococcales*. В почвенных горизонтах всех трёх зон встречается виды рода носток (отдела *Cyanophyta*, порядок *Nostocales*). Виды-доминанты могут быть рекомендованы как биоиндикаторы, однако требуются дополнительные исследования альгосостава почв крупного города.

Для осуществления экомониторинга состояния урбанозёмов крупного города Нечерноземья РФ предложены следующие рекомендации. Организовать мониторинговые исследования загрязнения почв Брянска тяжелыми металлами; провести рекультивацию почв территорий школ образовательных учреждений из-за повышенного содержания свинца в почве; в связи с повышенным содержанием тяжелых металлов в зоне транспортных магистралей провести компенсационное оздоровление почв, путем «запечатывания» или озеленения; органи-

зовать места парковки автотранспорта (при дополнительной возможности) за пределами жилой застройки.

Литература

- Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
- Голлербах М. М. Почвенные водоросли. М.: Наука, 1969. 227 с.
- ГОСТ 17.4.4.02-84. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа.
- ГОСТ 17.4.3.01-83 Почвы. Общие требования к отбору проб.
- ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 150 с.
- Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04. СПб.: ООО НПО «Спектрон», 2004. 20 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. О. Г. Звягинцева. М.: Изд. МГУ. 1991. 291 с.
- Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест».

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ПОБЕРЕЖЬЯ оз. БАЙКАЛ

Е. В. Напрасникова, И. А. Белозерцева
Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
napev@irigs.irk.ru

Актуальность данной работы определяется тем, что управление средой обитания и ресурсами жизнеобеспечения человека, является актуальной задачей современности.

Уникальное географическое положение, природно-климатические особенности и обилие объектов историко-культурного наследия предопределяют высокую рекреационную привлекательность Ольхонского района. Климат территории резко-континентальный с холодной и продолжительной зимой, теплым, но коротким летом. Наиболее значимый климатообразующий фактор в котловине Байкала – водная масса озера (Буфал, 2005).

Почвы рекреационных территорий Байкальской экологической зоны с точки зрения их загрязнения оставались неизученными, что и послужило одной из основных предпосылок для начала соответствующих исследований.

Исходя из обозначенной проблемы, целью работы явилось изучение современного эколого-биохимического и санитарного состояния почв исследуемой территории, где хозяйственная деятельность регулируется в соответствии с требованиями сохранения ситуации и потенциала самоочищения уникальных ландшафтов.

Настоящая экспериментальная работа выполнена на основе биоиндикационного подхода. Этот подход не новый, но продолжает успешно развиваться, расширяя круг задач во многих областях естественнонаучных знаний.

Состояние почв, изучаемой территории Ольхонского района, определяется как влиянием природных факторов, подчиняющихся региональным и локальным закономерностям, так и многообразием видов антропогенного воздействия.

Результаты определения биохимической активности почв (БАП) в разных местоположениях приведены на рисунке. Следует отметить, что данный интегральный показатель, имеет статистически достоверную связь с pH почв, что было показано нами ранее (Напрасникова, 2005). Анализы выполнены экспресс-методом по Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой, (1985), суть которого состоит в определении скорости изменения pH в зависимости от выделяемого аммиака при разложении модельного вещества – карбамида.

Уровень БАП колеблется от 2,5 до 9 часов, на основании чего их можно отнести к высокоактивным и частично к среднеактивным. Чем меньше часов зарегистрировано при разложении карбамида, тем выше БАП.

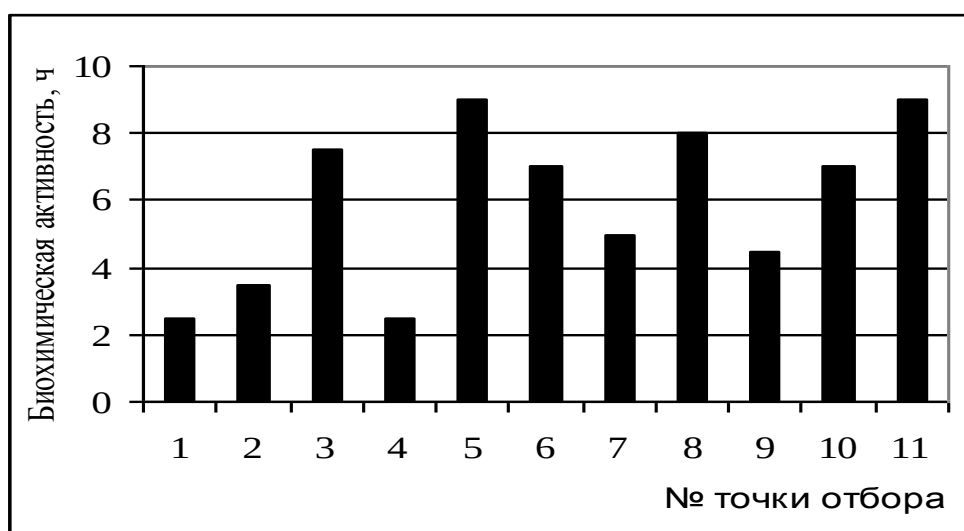


Рис. Уровень биохимической активности почв рекреационных зон Ольхонского района

Примечание: точка отбора № 11 является условным контролем.

Показатели pH почв варьируют от нейтральных до щелочных. В рекреационных зонах кислотно-основные свойства имеют тенденцию смещаться в область щелочных значений. В определенной мере это обстоятельство может содействовать самоочищающей способности почв.

Результаты санитарно-микробиологического анализа почв, выполненные согласно требованиям СанПиН-2.1.7.1287-03, свидетельствуют об их различной степени загрязнения хозяйственно-бытовыми органическими веществами. Наибольшее количество аммонифицирующих эубактерий отмечалось в загрязненных почвах рядом с пляжем (10 млн КОЕ/г) и меньшее на территории стационара ИГУ (1,5 млн КОЕ/г). Среди эубактерий контрольной зональной почвы

и слабо загрязненной, доминировали бациллы вида *Bacillus mycoides*, а также псевдомонады и микрококки. При этом бактерии группы кишечной палочки в данных почвах представлены видами *Citrobacter freundii*, реже – *Enterobacter ciferogenes*. В сильно загрязненных почвах обнаруживались представители *Escherichia coli*, свидетельствующие о свежем фекальном загрязнении. На контрольных участках кишечная палочка не обнаруживалась.

Наблюдалась высокая численность актиномицетов, но в качественном отношении они сравнительно однообразны. Микроскопические грибы показали многообразие, что подтверждает хорошие потенциальные условия для деструкции хозяйственно-бытовых отходов.

Итак, результаты исследований, проведенные в рекреационной зоне Ольхонского района Байкальской экологической зоны, кроме научной новизны имеют и практическую направленность. Они будут полезны для проведения обустройства территории в целях улучшения среды обитания человека.

Литература

Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.

Буфал В. В., Линевич Н. Л., Башалханова Л. Б. Климат Приольхонья // География и природ. ресурсы. 2005. № 1. С. 66–73.

Напрасникова Е. В. Уреазная активность и pH как показатели экологического состояния почв городов Восточной Сибири // Почвоведение. 2005. № 11. С. 1345–1352.

СанПиН-2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. 2003. С. 3.

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ г. ВОРОНЕЖА

Н. Н. Назаренко¹, И. Д. Свистова²

¹ Воронежский государственный аграрный университет
им. императора Петра I, talalajko@mail.ru,

² Воронежский государственный педагогический университет,
i.svistova@mail.ru

Сохранение качества окружающей среды является одной из важнейших проблем современности. Увеличивающиеся темпы и масштабы урбанизации приводят к существенной деградации природных экосистем. Город Воронеж – областной индустриально развитый центр, включающий шесть административных районов. Разветвленная и насыщенная городская инфраструктура, многочисленные промышленные предприятия и загруженные автомагистрали создают предпосылки эколого-гигиенического неблагополучия. Воронеж отнесен ко второй группе городов России с высокой степенью экологической опасности для здоровья населения (Куролап и др., 2010).

Основным загрязнителем городской среды Воронежа является автотранспорт, вклад которого в долю загрязнений составлял в 90-х годах прошлого века 30%, а в настоящее время достигает 90% и продолжает нарастать. На втором

месте по объему выбросов – объекты теплоэнергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2) и предприятия машиностроения и приборостроения («Воронежсинтезкаучук», «Воронежшина» и др.). В их выбросах обнаружено более 300 различных вредных для здоровья населения веществ и соединений, среди которых тяжелые металлы (ТМ), канцерогены и аллергены (Доклад о состоянии, 2013).

Загрязнение ТМ оказывает влияние на биогеоценотические функции почв, что и обусловило необходимость контроля поступления основных элементов-загрязнителей в урбопочвы различных функциональных зон г. Воронежа. *Рекреационная зона* города представлена ненарушенными почвами (черноземы выщелоченные, частично культуроземы), а *промышленная и транспортная зона* – (почвы урбаноземы и индустриземы). Отбор почвенных проб по городским зонам проводился отдельно для левобережной и правобережной части города в силу разного гранулометрического состава почв, а также уровня техногенной нагрузки. Правобережная часть города представляет собой высокое холмистое суглинистое плато. Левобережная часть – преимущественно песчаного гранулометрического состава. Для сравнения в качестве фоновых использовали почвы, отобранные на значительном удалении от источников выбросов (Воронежский биосферный заповедник, п. Рамонь, с. Никольское)

Содержание подвижных форм ТМ (Cd, Pb, Zn, Ni, Cu) в почвах определяли на атомно-абсорбционном спектрометре «СПЕКТР-5-4», предварительно экстрагируя почвенные образцы аммонийно-ацетатным буфером (рН 4,8). Значения рН измеряли потенциометрически на рН-метре. Содержание органического вещества почвы определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. В статье отражены данные по содержанию ТМ в городских почвах за лето 2013 г.

Проведенные исследования позволили установить особенности накопления подвижных форм ТМ в рекреационной и транспортной зонах города. Результаты исследуемых почвенных образцов на содержание основных загрязняющих веществ представлены в таблице.

Таблица

Содержание ТМ в почве различных функциональных зон г. Воронежа

Экотоп	ТМ (подвижная форма), мг/кг					рН (сол.)	Гумус, %
	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni		
Правый берег							
Рекреационная зона	0,001	0,7–1,2	5,6–8,7 **	0,3–0,5	0,1–0,2	5,92	4,6
Транспортная зона	0,002 **	1,7–6,0 **	3,4–23,8 **	0,3–5,1*	0,1–2,8 **	7,28	3,9
Левый берег							
Рекреационная зона	0,001	1,9–2,2 **	10,1–11,1 **	0,2–0,7	0,2–0,25	6,54	3,4
Транспортная зона	0,2 **	1,2–9,0 **	15,6–28,7*	0,3–4,5*	0,2–1,5 **	7,42	2,8
Фон региональный	0,001	1,5	5,6	1,2	0,2	5,24	5,4
ПДК	Не опр.	Не опр.	23	3	4		

* – превышение ПДК, по данным Российских нормативов, ** – превышение фона.

Большая часть ТМ закрепляется в почвенно-поглощающем комплексе в верхней части профиля урбаноземов. Этому способствует преимущественно нейтральная и слабощелочная реакция почв города ($pH=5,92-7,42$). Известно, что ТМ первого класса опасности обладают широким токсическим действием, а некоторые из них (свинец, кадмий) проявляют высокую токсичность в следовых количествах и концентрируются в живых организмах (Ильин, 1989).

Содержание свинца в почвогрунтах г. Воронежа колеблется от 1,2 до 9,0 мг/кг в загрязненной транспортной зоне. Значительное превышение регионального фона в 6 раз обнаружено в левобережной части города. Низкая подвижность меди отмечена в относительно чистой зоне города (рекреация).

Достаточно высоким оказалось загрязнение почвогрунтов города цинком. Подвижность цинка имеет четкие различия между функциональными зонами. Минимальное значение доли подвижных фракций элемента выявлено в почвах естественных ландшафтов (5,6 мг/кг). В рекреации левобережной и правобережной части города по сравнению с фоном обнаружено незначительное превышение. Наибольший уровень аккумуляции, как и в случае со свинцом, характерен для почв транспортной зоны. Здесь отмечено превышение как по ПДК, так и фоновым значениям (в 5 раз).

Важным природным микроэлементом является медь, содержание которой – один из показателей почвенного плодородия. В тоже время избыток ее оказывает отрицательное воздействие на живые организмы. На 80% обследованных площадках транспортной зоны города выявлено 2-х кратное и более превышения фона.

Никель относится к числу канцерогенных элементов, способен вызывать ряд заболеваний. Никель на исследуемой территории не является специфическим загрязнителем, что обуславливает невысокое отклонение его среднего значения от фонового уровня в целом по рекреации. По транспортной зоне города подвижность никеля близка к аналогичному показателю у меди.

Таким образом, в ходе исследования нами выявлено, что средний уровень загрязнения имеют почвы рекреационных зон, а почвогрунты вдоль крупных транспортных магистралей г. Воронежа достаточно сильно загрязнены ТМ, доля подвижных форм убывает в ряду: $Zn > Pb > Cu$. Вероятно, сильное загрязнение этими металлами связано как с наличием большого количества автомобилей, так и близким расположением промышленных предприятий в левобережной части города, что в совокупности определяет высокий уровень загрязнения почвенного покрова.

Литература

ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Утверждены Глав. государственным санитарным врачом РФ 23. 01. 2006. № 1. М., 2006.

Доклад о природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2013 году // Управление экологии администрации городского округа город Воронеж. Воронеж, 2014. 67 с.

Ильин Л. А., Филатов В. А. Вредные химические вещества. Л.: Химия, 1989. 592 с.

ПОВЕДЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ» В МОДЕЛЬНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Е. С. Сунцова¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab@vshu.kirov.ru

В летний период 2014 г. в ходе экспедиционных работ по исследованию техногенной территории вблизи Кирово-Чепецкого промышленного комплекса сотрудниками лаборатории биомониторинга ВятГГУ были отобраны образцы почв с участка пойменного луга для постановки модельного эксперимента. Суть эксперимента заключалась в изучении миграции и аккумуляции техногенных и естественных радионуклидов в растениях ячменя (сорт «Заозёрский 85») и рапса. Участок отбора почвенных образцов представляет собой склон гривы в центральной пойме р. Вятки, подверженной ежегодному затоплению. Тип фитоценоза – луговой с преобладанием в травостое двукисточника тростниковидного и крапивы двудомной.

На исследуемом участке проводились замеры мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД), которые варьировали от 18 до 33 мкР/ч. Почвенный образец отбирался в той части участка, где значения МЭД были максимальными (31–33 мкР/час), на глубину дернины 0–10 см и гумусового горизонта 10–18 см. Вниз по профилю проявлялись признаки оглеения.

Определение удельной активности (УА) радионуклидов в почвенных образцах проводилось в токсикологической лаборатории филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Кировской области. В таблице 1 представлены результаты измерения УА техногенных радионуклидов в разные годы исследования.

Таблица 1

Значения удельной активности радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr на загрязненном участке в 2009–2014 гг.

Год исследования	Удельная активность (Бк/кг)	
	^{137}Cs	^{90}Sr
2009	2473	98
2011	2291	143
2012	2573	98
2014	2102	127

Активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах изменялась незначительно в пределах погрешности методики определения. Плотность загрязнения участка поймы ^{137}Cs составляла 549 кБк/м², что соответствовало сильному уровню загрязнения по классификации В. А. Бычинского, плотность загрязнения ^{90}Sr – 34 кБк/м² – свидетельствовала о среднем уровне загрязнения (Сунцова и др., 2013).

Определение агрохимических показателей почв проводилось на базе Испытательного центра ФГБУ ГЦАС «Кировский» – по аттестованным методикам (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика свойств почв на загрязненном участке поймы

Показатель	Значение
Органическое вещество почвы, %	6,53
Влажность почвы, %	35
рН солевая	4,7
Обменный кальций, мг-экв/100г	31,1
Обменный магний, мг-экв/100г	6,0
P ₂ O ₅ , мг/кг (подвижный по Кирсанову)	85
K ₂ O, мг/кг (обменный по Кирсанову)	41
Аммонийный азот NH ₄ ⁺ , мг/кг	4,6
Нитратный азот NO ₃ ⁻ , мг/кг	11,3

Высокая кислотность почв на участке способствует увеличению подвижности радионуклидов. Отмечалось низкое содержание обменного калия и среднее – обменного фосфора, высокие концентрации обменных кальция и магния – 31,1 и 6,0 соответственно. В качестве контроля были взяты образцы почв, отобранные в районе с. М. Коньп Кирово-Чепецкого района.

В лабораторных условиях с контролируемым световым и тепловым режимом был заложен опыт по изучению миграции и аккумуляции естественных и техногенных радионуклидов в сельскохозяйственных культурах (ячмень и рапс). Предварительно было проведено измерение УА семян этих культур. Их значения не превысили допустимых значений технического регламента «О безопасности зерна» (ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»).

Для модельного опыта подготовили пластиковые ёмкости, на дно поместили дренаж и заполнили ёмкости одинаковым по массе количеством почвы. Длительность опыта составила 90 дней. Почву увлажняли через сутки. Всходы появились через 5 дней. По мере продолжения опыта визуально проявлялось отличие всходов: на загрязненной почве растения отставали в развитии, наблюдалось раннее увядание и пожелтение. После проведения опыта образцы почв, проростки ячменя и рапса высушивались и подвергались дальнейшему анализу согласно методическим рекомендациям. В таблицах 3 и 4 представлены результаты измерения УА радионуклидов в почвенных образцах после проращивания семян.

Таблица 3

Значения удельной активности радионуклидов в почвах (Бк/кг) после проведения опыта на рапсе

	Удельная активность (Бк/кг)				
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
Контроль (до опыта)	8,3±2,4	15,1±4,4	20,9±4,5	24,2±4,8	411±84
Контроль (после опыта)	6,2±2,7	14,0±3,9	19,0±4,2	22,6±4,8	410±74
Загрязненные почвы (до опыта)	2102±218	127,6±38,4	22,6±6,2	31,8±6,1	474±93
Загрязненные почвы (после опыта)	1971±193	93,8±23,5	20,1±4,7	28,4±5,5	455±60

Отмечается тенденция снижения удельной активности радионуклидов в почвах после выращивания рапса, причем в большей степени снижается активность ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Таблица 4

**Значения удельной активности радионуклидов в почвах (Бк/кг)
после проведения опыта на ячмене**

	Удельная активность (Бк/кг)				
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Контроль (до опыта)	8,3±2,4	15,1±4,4	20,9±4,5	24,2±4,8	411±84
Контроль (после опыта)	8,1±2,3	14,3±4,2	20,0±4,6	20,7±4,1	435±71
Загрязненные почвы (до опыта)	2102±218	127,6±38,4	22,6±6,2	31,8±6,1	474±93
Загрязненные почвы (после опыта)	2001±195	106,6±26,7	14,7±3,9	30,3±5,5	440±67

После выращивания ячменя на контрольном участке активность ^{137}Cs и ^{90}Sr практически не изменилась, в то время как на загрязненном участке значения УА в почве снизились. Наблюдается незначительное снижение УА радионуклида ^{226}Ra , содержание радионуклида ^{232}Th практически не изменилось.

Результаты измерения УА в проростках ячменя и рапса представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Значения удельной активности радионуклидов
в проростках ячменя и рапса**

Проростки	Удельная активность (Бк/кг)				
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Рапс (контроль)	2,3±1,4	1,4±0,6	0	0	214±36
Рапс (загрязненные почвы)	330±62	36,9±7,8	0	0	123±22
Ячмень (контроль)	1,8±1,3	0	0	0	435±20
Ячмень (загрязненные почвы)	107±26	128±21	0	0	365±43

Согласно данным таблиц 4 и 5 на загрязненной почве ячмень аккумулирует ^{137}Cs в три раза менее интенсивно, чем рапс, что согласуется с литературными данными (Прасад, 2003; Prabha et al., 2007; Прикладная ..., 2012). На почве контрольного участка рапс также аккумулирует ^{137}Cs более активно, чем ячмень. Стронций в контрольном варианте почти не накапливается растениями. ^{226}Ra и ^{232}Th в зелёной массе не обнаружены.

Таким образом, результаты модельного эксперимента позволяют сделать вывод о том, что ячмень и рапс обладают различной способностью к аккумуляции радионуклидов из загрязненных почв. Рапс накапливает больше ^{137}Cs , ячмень – ^{90}Sr . Присутствующие в почвах ^{226}Ra и ^{232}Th в растениях не обнаружены. Высокое содержание техногенных радионуклидов, вероятно, является причиной отставания в росте и быстрого увядания растений по сравнению с контрольным вариантом.

Литература

Сунцова Е. С., Ашихмина Т. Я., Дабах Е. В., Кантор Г. Я. Оценка радиоактивного загрязнения на участках мониторинга в районе Кирово-Чепецкого химического комбината

// Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки экологических проектов с междунар. участием (г. Киров, 18–20 апреля 2013 г.). Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 249–252.

Прасад М. Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязнённых металлами // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 5. С. 764–780.

Prabha K. Padmavathiamma, Loretta Y. Li Phytoremediation technology: hyper-accumulation metals in plants // Water Air Soil Pollut. 2007. V. 184. P. 105–126.

Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: Т. 2 / А. Е. Кузнецов и др. М.: БИ-НОМ. Лаборатория знаний. 2012. 485 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ В РАЙОНАХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ г. КИРОВА И г. СЛОБОДСКОГО КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А. В. Аникина^{1,2}, Е. А. Бармина², М. А. Шумихина²,
Е. В. Маханова², А. С. Олькова¹*

*¹ Вятский государственный гуманитарный университет,
morgan-abend@mail.ru,*

*² Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
anickina.aleksandra@yandex.ru*

Почвы полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) характеризуются комплексным загрязнением. В связи с этим поиск оптимальных методов оценки их интегральной токсичности является актуальной задачей.

Большинство методов биотестирования в качестве тест-объектов предлагают использовать гидробионтов, тогда как почва для данных организмов не является естественной средой обитания. В этом случае фитотестирование является группой методов, позволяющих объективно оценивать качество почвы (Бубнов и др., 2007).

Целью работы явилось определение фитотоксичности в районах расположения объектов хранения твердых бытовых и промышленных отходов г. Кирова и г. Слободского Кировской области.

Фитотоксичность почвы – это свойство почвы, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсикантов, подавлять рост и развитие высших растений (Волкова, Кондакова, 2002).

Слободской полигон ТБО организован относительно недавно (введен в эксплуатацию в 2007 г.), тогда как полигон ТБО г. Кирова действует с 1972 года. Сравнение состояния почв вблизи данных объектов представляет научно-практический интерес.

Пробы почв отбирались осенью 2014 года с территорий полигонов, их санитарно-защитных зон (СЗЗ), а также за пределами СЗЗ. В окрестностях полигона ТБО г. Кирова было отобрано 9 проб на расстоянии 500, 1000 и 1500 метров от полигона в трех направлениях (северном, южном и восточном). С полигона ТБО г. Слободского было отобрано 2 пробы и 6 проб на расстоянии 500, 1000 и 1500 метров в двух направлениях от полигона (юго-западном и северо-восточном).

В качестве тест-культуры был выбран кресс-салат (*Lepidium sativum*), так как он обладает быстрым ростом и практически стопроцентным прорастанием. Семена проращивали в чашках Петри в течение 7 дней, тестируя параллельно почвенные образцы (контактный способ) и водные вытяжки из них (элюатный способ). В качестве контроля использовали прокаленный речной песок при проращивании семян контактным способом и дистиллированную воду для элюатного способа. По истечении срока экспозиции фиксировали всхожесть семян, длину проростка и корня (ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013).

Фитотоксичность определяли по результатам всхожести семян и присваивали один из четырех уровней загрязнения, приведенных в табл. 1 (<http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/4425>).

Таблица 1

Определение фитотоксичности по результатам всхожести семян

Всхожесть семян, %	Уровень загрязнения
90–100	Загрязнение отсутствует
60–90	Слабое загрязнение
20–60	Среднее загрязнение
<20	Сильное загрязнение

Полученные результаты отражены в таблице 2.

При фитотестировании элюатным методом по показателю всхожести все образцы оказались не токсичны. Другие результаты получены контактным методом: 4 образца почвы слободского полигона характеризовались слабой фитотоксичностью, 3 – средней фитотоксичностью. Пробы почвы полигона ТБО г. Кирова оказались благополучнее: всего 3 пробы отнесены к слабому загрязнению по результатам фитотестирования.

При проращивании семян элюатным методом стимулирующее действие относительно контрольных значений оказали 100% проб полигона ТБО г. Кирова и 75% проб полигона ТБО г. Слободского. Остальные 25% проб слободского полигона оказали угнетающие воздействие.

При проращивании семян контактным методом стимулирующее воздействие относительно контрольных значений оказали 77,8% проб полигона ТБО г. Кирова. Остальные 22,2% проб оказали угнетающее действие на проростки и корни, так как в них наблюдалось слабое загрязнение по данным прошлых исследований 2014 г. (Аникина и др., 2014).

Таблица 2

**Результаты определения фитотоксичности почв в районах полигонов ТБО
с помощью кресс-салата**

Исследуемый участок	Элюатный метод				Контактный метод			
	Длина корня, мм	Длина проростка, мм	Всхожесть, %	Фитотоксичность	Длина корня, мм	Длина проростка, мм	Всхожесть, %	Фитотоксичность
Полигон ТБО г. Кирова								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
500 м юг	103,2±0,04	20,4±1,2	100	Загрязнение отсутствует	70,0±9,8	28,9±0,2	98	Загрязнение отсутствует
1 км юг	101,4±6,1	21,5±0,2	98	Загрязнение отсутствует	39,8±2,3	24,1±0,3	99	Загрязнение отсутствует
1,5 км юг	102,0±0,5	18,2±1,2	98	Загрязнение отсутствует	50,8±4,2	21,1±4,9	81	Слабое загрязнение
500 м север	112,6±8,6	20,1±0,8	99	Загрязнение отсутствует	53,4±4,4	28,3±3,8	100	Загрязнение отсутствует
1 км север	90,6±1,7	18,7±0,2	97	Загрязнение отсутствует	57,0±7,8	26,4±1,9	97	Загрязнение отсутствует
1,5 км север	101,9±2,2	20,9±0,1	98	Загрязнение отсутствует	41,2±3,1	19,2±2,3	85	Слабое загрязнение
500 м восток	82,8±1,4	18,2±0,8	98	Загрязнение отсутствует	54,9±9,7	25,4±5,1	99	Загрязнение отсутствует
1 км восток	114,6±6,1	18,9±0,7	99	Загрязнение отсутствует	47,9±7,7	27,7±0,3	95	Загрязнение отсутствует
1,5 км восток	82,9±2,2	18,9±0,3	97	Загрязнение отсутствует	39,8±5,8	20,4±4,6	83	Слабое загрязнение
Контроль	43,9±2,1	16,2±2,2	97	Загрязнение отсутствует	44,7±7,1	20,9±3,2	94	Загрязнение отсутствует

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Полигон ТБО г. Слободского								
Около контрольной скважины (с территории полигона)	49,8±4,1	15,7±0,9	100	Загрязнение отсутствует	32,2±4,1	30,2±2,2	64	Слабое загрязнение
Западная сторона СЗЗ полигона	24,1±2,3	18,1±0,1	96	Загрязнение отсутствует	23,9±4,4	33,0±7,1	20	Среднее загрязнение
500 м юго-запад	25,2±2,81	8,9±0,1	94	Загрязнение отсутствует	37,8±7,2	31,3±4,4	81	Слабое загрязнение
1 км юго-запад	52,9±1,1	14,8±0,3	100	Загрязнение отсутствует	19,9±2,0	20,4±7,9	57	Среднее загрязнение
1,5 км юго-запад	63,3±4,3	15,1±1,0	100	Загрязнение отсутствует	31,7±4,7	32,4±3,9	68	Слабое загрязнение
500 м северо-восток	7,1±0,1	4,9±0,1	92	Загрязнение отсутствует	66,1±4,8	28,0±0,4	90	Загрязнение отсутствует
1 км северо-восток	56,4±0,5	15,9±0,4	100	Загрязнение отсутствует	27,9±2,0	31,3±4,7	61	Слабое загрязнение
1,5 км северо-восток	51,8±3,8	16,5±0,6	98	Загрязнение отсутствует	26,9±11,2	30,2±4,6	48	Среднее загрязнение
Контроль	29,9±0,1	11,3±0,8	100	Загрязнение отсутствует	71,9±3,4	28,4±0,04	99	Загрязнение отсутствует

Из всех проб полигона ТБО г. Слободского 87,5% признаны слабо и средне фитотоксичными. Из них 75% оказали стимулирующее действие на рост проростков и угнетающее действие на рост корней, а 12,5% оказали угнетающее воздействие на рост проростков и на рост корней. Остальные 12,5% проб сверхнормативного загрязнения не имеют, но в них также наблюдается угнетение ростовых показателей проростков и корней.

В пробах полигона ТБО г. Кирова, которые признаны слабо загрязненными, значения средней длины проростков и корней были ниже контрольных значений на 2,4–11%, что свидетельствует об угнетении роста проростков и корней в 1,02–1,12 раз.

В пробах полигона ТБО г. Слободского, которые являются слабо и средне фитотоксичными, было выявлено угнетающее действие на рост корней и угнетающее и стимулирующее действие на рост проростков. Исходя из этого, значения средней длины проростков и корней ниже контрольных значений на 1,4–72,2%, что говорит об угнетении в 1,01–3,6 раз. Значения средней длины проростков выше контрольных значений на 6,3–16,2%, что свидетельствует о стимулирующем действии в 0,9 раз.

На основании выше изложенного, можно сделать выводы:

1. Нашими исследованиями показано, что контактный метод фитотестирования чувствительней элюатного.

2. По результатам тестирования почвы полигона ТБО г. Кирова менее фитотоксичны, чем почвы полигона ТБО г. Слободского.

Таким образом, можно говорить о том, что почвы зоны влияния полигона действующего более 40 лет, оказались менее фитотоксичны, чем почвы в районе действия относительно нового полигона. Вероятно, это связано с особенностями геоморфологического строения мест размещения отходов, но и влияние загрязняющих (токсических) веществ исключать нельзя. Поэтому требуются крупномасштабные исследования.

Литература

Аникина А. В., Олькова А. С., Маханова Е. В. Оценка состояния почвенного покрова вблизи объектов хранения ТБО // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2014. С. 215–220.

Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно-методическое пособие / А. Г. Бубнов и др.; под общ. ред. В. И. Гриневича. Иваново, 2007. 112 с.

Волкова И. Н., Кондакова Г. В. Экологическое почвоведение: Лабораторные занятия для студентов-экологов (бакалавров): Метод. указания / Сост. И. Н. Волкова, Г. В. Кондакова. Ярославль, 2002. 35 с.

Оценка качества почв в городской черте [Электронный ресурс]. Режим доступа URL: <http://sibac.info/index.php/2009-07-01-10-21-16/4425>.

ПНД Ф Т 14.1:2.4.19-2013. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса проростков семян кресс-салата (*Lepidium sativum*). 2013.

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ АММОНИЙНОГО АЗОТА, ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ

Е. В. Чащина¹, Е. С. Петухова¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

ecolab2@gmail.com

Роль азота для живых организмов велика, он необходим для синтеза аминокислот, из которых в свою очередь образуются белки и нуклеиновые кислоты. Это важнейший элемент питания растений, в связи с этим он играет главнейшую роль в жизни на нашей планете. Азот в молекулярной форме занимает 78% объема земной атмосферы. В различных объектах биосферы содержится более 151 млрд т азота, в том числе в органических соединениях почвенного покрова 150 млрд т, в биомассе растений – 1.1 млрд тонн, в биомассе животных – 61 млн т (Риклефс, 1979; Геохимия ..., 1990). Однако среди соединений азота немало и токсичных веществ – оксиды азота, нитриты, аммиак, в высоких концентрациях нитраты, соединения аммония и некоторые специфические азотсодержащие органические соединения, содержание которых в окружающей природной среде с каждым годом увеличивается.

На территориях вблизи химических, промышленных предприятий, ТЭЦ, транспортных магистралей почвы и произрастающие растения, обычно подвержены более сильному антропогенному воздействию, в том числе по комплексу загрязняющих веществ, среди которых могут быть как различные соединения металлов, так и соединения неорганического и органического азота, фосфора, серы, мышьяка и т.д.

Изучение эффектов суммации, кумуляции при совместном присутствии токсикантов различной природы, фитотоксичности почв под воздействием различных поллютантов является актуальной задачей исследования. Были проведены исследования по выявлению воздействия на рост растений высоких концентраций соединений аммонийного и нитратного азота, соединений железа и алюминия при совместном их присутствии.

Почвы были отобраны с территории в районе промышленных предприятий Кирово-Чепецкого промышленного комплекса, где научными сотрудниками лаборатории биомониторинга проводился в 2013–2014 гг. полив почв водой с высокой концентрацией аммонийного азота. Модельный эксперимент с поливом и без полива был проведён на следующих участках: № 9 (пойменная грива между 1 и 2 межгривным понижением без полива); № 8 (5 межгривное понижение с поливом в 2014 г.); № 4 (4 межгривное понижение с поливом в 2013 г.) и № 6 (1 межгривное понижение, т.1). Исследуемые почвы на площадках пробоотбора являются аллювиальными дерновыми оглеенными (супесчаные на гривах, суглинистые и легкосуглинистые в понижениях) (Дабах и др., 2010; Скугорева и др., 2009). Почвенные образцы характеризуются кислой реакцией среды. Химический анализ почв проведён на содержание в них соединений аммония, нитратов, нитритов. Результаты анализа представлены в таблице.

Содержание соединений азота в пробах почв на участках исследуемой территории в районе предприятий Кирово-Чепецкого промышленного комплекса

Показатели почв Номер участка (характеристика)	pH	Обменный NH_4^+ (мг/кг)	NO_3^- (мг/кг)	NO_2^- (мг/кг)
№ 9 (пойменная гряда между 1 и 2 межгрядным понижением без полива)	5,01	14,4±1,4	5,5±0,4	ниже предела обнаружения
№ 8 (5 межгрядное понижение с поливом в 2014 г.)	5,05	770±60	220±17	ниже предела обнаружения
№ 4 (4 межгрядное понижение с поливом в 2013 г.)	3,62	50,5±3,8	31,2±2,3	ниже предела обнаружения
№ 6 (1 межгрядное понижение, т.1)	4,07	1810±140	46,7±3,5	ниже предела обнаружения

С целью изучения фитотоксичности почв, загрязнённых соединениями азота, в лабораторных условиях был проведён модельный эксперимент с добавлением в пробы почв, отобранных с 4 участков, соединений железа и алюминия с различной их концентрацией. Эксперимент проводился в чашках Петри. Для этого брали по три чашки Петри, заполняли их почвой (по 10 г.), в одну чашку соль не добавлялась, в другую добавляли 0,1 г, а в третью чашку добавляли по 1 г соли, содержащей катионы железа или алюминия. Затем в каждую чашку высевали по 10 семян.

Фитотоксичность почв определялась с использованием семян ячменя по времени прорастания через каждые два дня, по длине корешков проросших семян.

Результаты эксперимента представлены на рисунке.

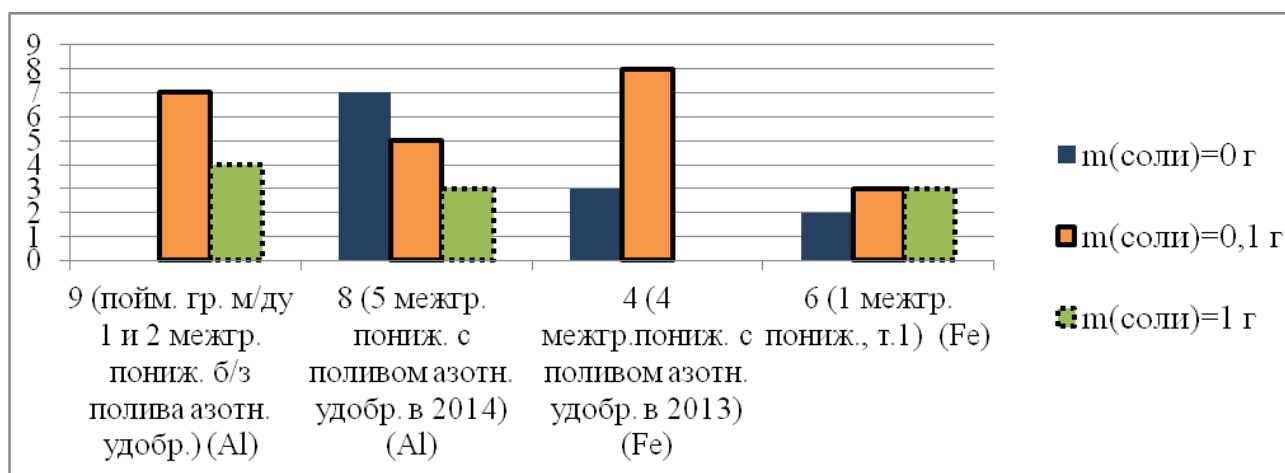


Рис. Зависимость количества проросших семян от концентрации солей ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

На участке № 9 полив почвы водой, загрязнённой соединениями азота, не проводился. Содержание аммонийного и нитратного азота в почве низкое – 14,4 и 5,5 мг/кг соответственно, pH составляет 5,01. Вероятно, поэтому всхожесть

семян ячменя в течение двух недель в данной пробе не выявлена. Однако, при добавлении в данную пробу почвы с участком № 9 0,1 г соли алюминия значительно повышает всхожесть семян (рис.). Полученные данные свидетельствуют о том, что при невысоких значениях концентрации аммонийного и нитратного азота, добавление в почву соединений алюминия или железа в количестве 0,1 г незначительно изменяет pH и почти одинаково сказывается на росте корневой системы ячменя. Вероятно потому, что ионы металлов связываются соединениями азота в более устойчивые комплексы, снижая, тем самым, фитотоксичность почвы. При этом, следует отметить, что без добавки в пробу почвы соли железа, где проводился полив водой, загрязнённой соединениями аммонийного азота (рис., участок 4) прорастание семян снижается, а добавление в пробу почвы с данного участка 1 г соли железа, т.е. происходит увеличение концентрации сульфата железа в 10 раз, выявляет полное отсутствие всхожести семян ячменя, вероятно, по причине существенного увеличения кислотности почвы и влияния токсиканта.

Семена ячменя хорошо проросли в пробах почвы, которую в полевых условиях поливали водой загрязнённой соединениями аммонийного азота (содержание NH_4^+ и NO_3^- пробе почвы и составляет соответственно 50,5 мг/кг и 31,2 мг/кг), и в которую была в лабораторных условиях внесена соль железа (0,1 г).

На участке № 8 проводился полив почвы водой, загрязнённой соединениями аммония, в связи с этим содержание NH_4^+ и NO_3^- в пробе почвы относительно высокое и составляет соответственно 770 мг/кг и 220 мг/кг. Анализ полученных данных по фитотоксичности почвы с участка № 8 позволяет сделать вывод о том, что такая концентрация аммонийного и нитратного азота не оказывает ингибирующего воздействия на рост семян ячменя. Однако при добавлении в модельном эксперименте в пробы почвы 0,1 или 1 г соли алюминия количество проросших семян уменьшается с увеличением содержания данной соли. Вероятно, это происходит вследствие образования неустойчивых двойных солей и снижением процессов комплексообразования между ионами алюминия и аммонийным азотом при достаточно высокой его концентрации.

Сравнение данных по исследованию влияния соединений алюминия на прорастание семян ячменя в пробах почв с поливом и без полива водой, загрязнённой соединениями азота (рис., участки № 9 и 8), позволяет сделать вывод о том, что наличие в почве невысоких доз соединений алюминия вызывает стимулирующее воздействие на развитие проростков ячменя.

Влияние различных доз соединений железа в пробах почв с поливом и без полива водой, загрязнённой соединениями аммонийного азота, на прорастание семян ячменя отражено на рисунке. На участке № 6 не проводился полив почвы водой, загрязнённой соединениями азота, однако содержание NH_4^+ и NO_3^- в данной пробе почвы очень высокое и составляет соответственно 1810 мг/кг и 46,7 мг/кг. Поэтому неслучайно рост корневой системы проростков ячменя на почве с участка № 6 происходит замедленно по сравнению с участками № 4 и 8. При этом не выявляется отличий в прорастании семян ячменя и при добавлении 0,1 или 1 г соли железа в пробы почвы, вследствие чего происходит подкисле-

ние почвы за счёт сульфата железа. Причиной угнетения прорастания семян на почвах данного участка, безусловно, является высокая концентрация аммонийного азота в почве, на которое накладывается влияние кислотности среды и воздействие поллютанта.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Низкие значения содержания аммонийного азота в почвах 14,4 мг/кг и высокие значения – 1810 мг/кг ингибируют развитие проростков ячменя. Благоприятным для прорастания семян являются значения концентраций аммонийного азота в почвах в пределах 50,5–770 мг/кг.

2. При невысоких значениях концентрации аммонийного и нитратного азота, добавление в почву соединений железа и алюминия в количестве 0,1 г почти одинаково способствует росту корневой системы ячменя.

3. Наличие в почве невысоких доз соединений алюминия 10 г/кг вызывает стимулирующее воздействие на развитие проростков ячменя.

4. Наибольшее фитотоксическое воздействие на прорастание семян ячменя оказывают сульфаты железа и алюминия при добавлении 1 г данных солей к 10 г почвы, вследствие существенного подкисления почвы за счёт сульфатов и одновременного воздействия поллютанта.

Литература

Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

Дабах Е. В., Кантор Г. Я., Лемешко А. П. Состояние почв в зоне влияния Кирово-Чепецкого химического комбината // Современные проблемы загрязнения почв: Матер. III Междунар. конф. М., 2010. С. 80–84.

Риклефс Р. А. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 364 с.

Скугорева С. Г., Дабах Е. В., Адамович Т. А., Кантор Г. Я., Шуктомова И. И., Ашихмина Т. Я. Изучение состояния почв на территории вблизи Кирово-Чепецкого химического комбината // Теоретическая и прикладная экология, 2009. № 2. С. 37–46.

ИЗУЧЕНИЕ МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЦИНКА В ПРИСУТСТВИИ СОЕДИНЕНИЙ АММОНИЙНОГО И НИТРАТНОГО АЗОТА В СИСТЕМЕ ПОЧВА – РАСТЕНИЕ

Е. С. Петухова¹, А. В. Кремсал¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}
¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*
² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*
ecolab2@gmail.com

Загрязнение почв тяжелыми металлами является одним из факторов уменьшения плодородия почв и ценности земель. Это обусловлено снижением биопродуктивности угодий при их загрязнении, ухудшением качества сельскохозяйственной продукции (растениеводства, овощеводства, животноводства, птицеводства), загрязнением тяжелыми металлами водной и воздушной среды. Все это существенно влияет на здоровье человека и в конечном итоге причиняет экономические убытки.

При загрязнении почв тяжелыми металлами ухудшается их азотный режим вследствие ингибирования микроорганизмов, ослабляется гумусонакопление в связи с меньшим поступлением растительных остатков в почву, происходит ингибирование микробиологической активности; требуются дополнительные дозы CaCO_3 для осаждения тяжелых металлов. Все вышеизложенное определяет необходимость дополнительных затрат на окультуривание почв и меньшую эффективность применения минеральных удобрений и в целом антропогенного воздействия (Седых и др., 2011).

В настоящее время опубликовано значительное количество работ, посвященных загрязнению почв тяжелыми металлами, их влиянию на свойства почв, биопродуктивность угодий, микробиологическую активность. В ряде работ рассматривается изменение содержания и подвижности тяжелых металлов в почвах при применении удобрений. Однако работ, в которых рассматривается подвижность конкретного тяжелого металла в присутствии соединений аммонийного и нитратного азота в системе почва – растение крайне мало. В связи с этим нами проведены исследования в системе почва – растение по изучению миграционной способности соединений цинка в присутствии соединений аммонийного и нитратного азота.

Цинк, являясь физиологически активным микроэлементом, относится к группе приоритетных загрязнителей почв. В оптимальных количествах он повышает активность физиологических процессов в растениях и их продуктивность, при избытке – ингибирует их рост и развитие. Влияние элемента на растение во многом определяется его содержанием в почве, защитными способностями вида растения и типом почвы (Елькина, 2002). Роль азота для живых организмов велика, прежде всего, это важнейший элемент питания растений (Риклефс, 1979), но при высоких концентрациях любое из соединений азота может оказать токсичное воздействие.

Почвенные и растительные образцы отбирали на территории, расположенной в пойме р. Вятки, в зоне влияния предприятий Кирово-Чепецкого промышленного комплекса. Отбор проб проводился на участке № 9 (пойменная грива между 1 и 2 межгрядным понижением без полива) и участке № 4 (4 межгрядное понижение с поливом), где с 2013 года научными сотрудниками лаборатории биомониторинга проводится эксперимент с поливом почв водой с высокой концентрацией аммонийного азота. Результаты анализа представлены в таблицах 1. и 2.

Обменный аммоний и нитраты в почвах определялись методом ЦИНАО, нитраты в растительности – ионометрическим методом, а нитриты – фотометрическим. Содержание цинка в растительных и почвенных образцах проб определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Таблица 1

**Содержание цинка и соединений азота в пробах почв на участках
исследуемой территории в районе предприятий
Кирово-Чепецкого промышленного комплекса**

Показатели почв Номер участка (характеристика)	pH	Обменный NH_4^+ (мг/кг)	NO_3^- (мг/кг)	Zn (подвижная форма, мг/кг)
№ 9 (пойменная грива между 1 и 2 меж- гровым понижением без полива)	5,01	14,4±1,4	5,5±0,4	2,44±0,81
№ 4 (4 межгровое понижение с поливом в 2013 г.)	3,62	50,5±3,8	31,2±2,3	3,15±1,04

Таблица 2

**Содержание цинка и соединений азота в пробах растительности
на участках исследуемой территории в районе предприятий
Кирово-Чепецкого промышленного комплекса**

Показатели растительности Характеристика участков	NO_3^- (мг/кг)	NO_2^- (мг/кг)	Zn (подвижная форма, мг/кг)
Полив 2013 г., разовый и активный	776±103	ниже предела обнаружения	9±3
Без полива или умеренный полив 2013 г., разовый	Ниже предела обнаружения	ниже предела обнаружения	7,9±2,6

На рисунках 1 и 2 представлена зависимость между содержанием цинка и содержанием нитратов в растительных и почвенных образцах проб.

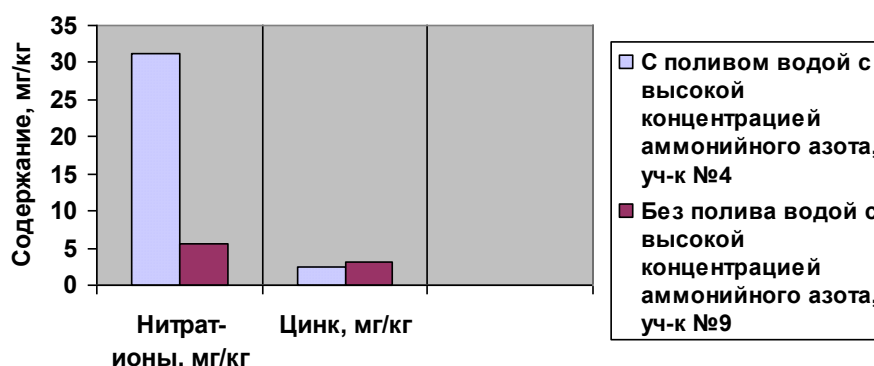


Рис. 1. Содержание цинка и нитрат-ионов в почвах с поливом и без полива водой с высокой концентрацией аммонийного азота

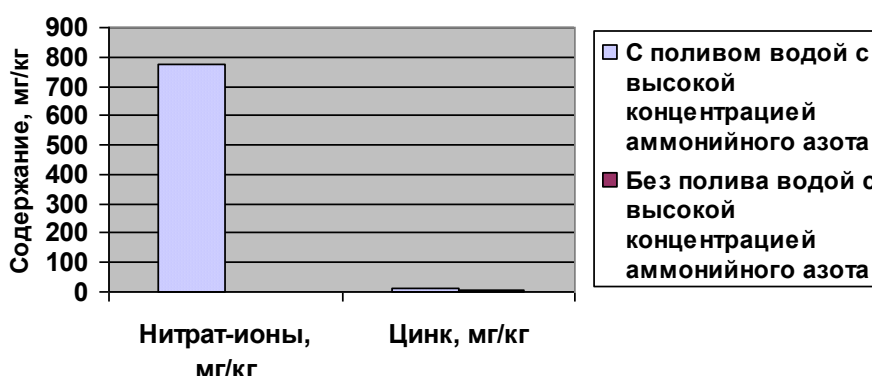


Рис. 2. Содержание цинка и нитрат-ионов в растительности с участков с поливом и без полива водой с высокой концентрацией аммонийного азота

Миграция цинка в системе почва-растение определяется влиянием почвенных условий, биологическими особенностями растений, свойствами элементов. К основным почвенным факторам, влияющим на доступность цинка растениям, относятся: химический состав почвы (содержание цинка, нитратного и аммонийного азота) и величина pH. Аккумуляция цинка в растениях оценивается по коэффициенту биологического накопления (КН), который представляет собой отношение величин содержания элемента в растении к содержанию его в почве или в породе ($KH = C_{\text{раст}} : C_{\text{почва}}$), где $C_{\text{раст}}$ – концентрация тяжелого металла в единице массы растения, $C_{\text{почва}}$ – концентрация тяжелого металла в единице массы почвы.

Анализ полученных данных (рис. 1, 2), свидетельствует о том, что в почвах, на которых в полевых условиях проводился полив водой (участок 4), загрязненной соединениями аммонийного азота, содержание аммонийного азота составляет 50,5 мг/кг, нитратного азота – 31,2 мг/кг. Содержание нитратного азота в растениях на данном участке составляет 776 мг/кг. Содержание цинка в почве составляет 3,15 мг/кг, а в растениях, отобранных с данного участка – 9 мг/кг. Почвенный образец характеризуется кислой реакцией среды. Коэффициент биологического накопления цинка растениями составляет 2,9, следовательно, увеличивается подвижность цинка в системе почва-растение.

На участке № 9 полив почвы не проводился. В соответствии с этим, содержание аммонийного и нитратного азота в почве было низким (14,4 и 5,5 мг/кг), следовательно, содержание нитратного азота в растениях тоже очень низкое. Отсюда видно, что содержание цинка снижается и составляет 2,44 мг/кг в почве и 7,9 мг/кг в растениях в отличие от его содержания в почве, где осуществлялся полив, и в растениях, произрастающих на этой почве. Но коэффициент биологического накопления цинка растениями составляет 3,2, в соответствии с этим, подвижность цинка в системе почва-растение выше на почвах без полива, чем на почвах, политых водой, загрязненной соединениями аммонийного азота.

Сравнение данных по изучению влияния нитратного и аммонийного азота на регулирование подвижности цинка в системе почва-растение позволяет сделать вывод о том, что чем ниже содержание в почве аммонийного и нитратного азота, а также нитратного азота, поглощенного растениями, тем выше коэффициент биологического накопления цинка в системе почва-растение.

Таким образом, по результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. По результатам анализа наблюдается линейная зависимость между содержанием нитратного азота и цинка в системе почва-растение: чем выше содержание в почве аммонийного и нитратного азота, а следовательно, и нитратного азота, поглощенного растениями, тем выше содержание цинка при его миграции в системе почва-растение.

2. Цинк является элементом сильного поглощения, коэффициент биологического поглощения > 1 , что согласуется с экспериментальными данными.

3. Следует отметить, что существует линейная зависимость между содержанием нитратного азота в системе почва-растение и коэффициентом биологи-

ческого накопления цинка: чем ниже содержание в почве аммонийного и нитратного азота, а следовательно, и нитратного азота, поглощенного растениями, тем выше коэффициент биологического накопления цинка, а следовательно, выше подвижность цинка в системе почва-растение.

Литература

Седых В. А. и др. Изменение подвижности тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах в зависимости от степени их гумусированности и применения высоких доз органических удобрений // Известия ТСХА. 2011. Вып. 3. С. 17–25.

Елькина Г. Я. Поведение цинка в системе почва-растение в условиях Европейского Северо-Востока // Агрохимия. 2009. № 11. С. 57–64.

Риклефс Р. А. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979. 364 с.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАССОЛЕНИЯ ВТОРИЧНО-ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ

И. Э. Смирнова¹, Х. Д. Джамантиков², Р. Ш. Галимбаева¹

¹ *Институт микробиологии и вирусологии,
iesmirnova@mail.ru,*

² *Казахский НИИ рисоводства, abai95@mail.ru*

По данным Международного института окружающей среды и развития (International Institute for Environment and Development) и Института мировых ресурсов (World Resources Institute), около 10% поверхности континентов покрыто засоленными почвами. В большей степени они распространены в аридных районах. Серьезно проблема засоления почв проявляется в 75 странах мира (Австралия, Китай, Индия, Ирак, Мексика, Пакистан, США и др.). По данным ЮНЕСКО ФАО, площадь орошаемых земель мира составляет около 220 млн. га, из них не менее 40–50% площадей подвержено вторичному засолению и осолонцеванию (Новикова, 2004; Камара, Куст, 2006). Проблема восстановления засоленных почв является актуальной во всем мире и поэтому проведение мелиоративных мероприятий на этих почвах является крайне важными как с научной, так и с практической точки зрения.

В настоящее время, в Казахстане существует большая экологическая проблема – вторичное засоление земель (Аверьянов, 2008). Особенно эта проблема актуальна для Приаральского региона Казахстана, являющегося основным производителем риса в республике. Состояние почв в этом регионе является критическим, содержание гумуса за последние 50 лет снизилось на 30–40%, а около 60% посевных площадей содержат менее 1% гумуса (Добровольский, 2002). Площадь непригодных к использованию сильнозасоленных земель в этом регионе составляет 13,9%, средnezасоленных – 69,4%, слабозасоленных – 16,7%, незасоленных почв практически нет.

Одним из путей восстановления плодородия засоленных почв является их рекультивация на основе применения биомелиорантов, таких как солома, пожнивные остатки и др. Существует много исследований, посвященных этой проблеме (Зайдельман, 2006; Новикова, 2009). Недостатком этих способов яв-

ляется незначительная деструкция отходов растениеводства в почве и, как следствие, недостаточное снижение щелочного токсикоза растений, культивируемых на вторично-засоленных почвах.

Задачей исследования явилась разработка биологического способа снижения засоленности почв путем внесения в почву биомелиорантов – отходов рисового производства, предварительно подготовленных с помощью целлюлолитических бактерий.

Объектами исследования служили штаммы целлюлолитических бактерий, выделенные из силосов хорошего качества, пожнивных остатков пшеницы и риса, способные расти в факультативно-анаэробных условиях и синтезировать органические кислоты на целлюлозосодержащих отходах.

Твердофазную ферментацию целлюлозосодержащих отходов риса проводили по типу силосования. Целлюлолитические бактерии использовали в качестве биозаквасок. Измельченное сырье смачивали водой до конечной влажности 60–65% и вносили суспензию целлюлолитических бактерий. Массу тщательно перемешивали, утрамбовывали и герметично укупоривали (Ушаков и др., 2009).

Статистическую достоверность полученных результатов определяли по коэффициенту Стьюдента для доверительной вероятности $p < 0,01$.

Из почвы, силосов хорошего качества, пожнивных остатков пшеницы и риса были выделены 89 штаммов факультативно-анаэробных кислототолерантных целлюлолитических бактерий. В результате скрининга бактерий по способности к утилизации целлюлозы отходов растениеводства и накоплению органических кислот были отобраны два штамма с высокой целлюлазной и кислотообразующей активностью. Эти штаммы были использованы в качестве биозаквасок при ферментации отходов.

Для получения биомелиорантов использовали твердофазную ферментацию по типу силосования. Ферментацию рисовой шелухи проводили следующим образом. Жидкую культуру бактерий для инокуляции целлюлозосодержащего сырья выращивали в колбах со средой Гетчинсона с 2% рисовой соломы. Далее бактериальную суспензию разводили водой до концентрации 10^3 кл/мл и проводили обработку рисовой шелухи. Измельченное сырье смачивали водой до конечной влажности 60–65%, учитывая внесенную с бактериальной суспензией жидкость, тщательно трамбовали и закупоривали, создавая анаэробные условия. Длительность ферментации составляла 30 суток.

Изучение влияния биомелиоранта на процессы транзитного выноса токсичных солей из пахотного горизонта проводили на территории опытно-производственного хозяйства при ТОО «Казахский НИИ рисоводства» в Кызылординской области Приаральского региона на сильнозасоленной такыровидной почве (сумма ионов солей составляет 24,3 г/л). Полученный биомелиорант весной путем заправки вносили в почву в количестве 2 т/га под культуру риса. В качестве контроля использовали рисовую шелуху без ферментации. Полученные данные представлены в таблице 1.

Мелиоративное действие биомелиоранта выражается в существенном повышении минерализации почвенных фильтратов. Данные, приведенные в таб-

лице 1, свидетельствуют о том, что ферментированная шелуха, взаимодействуя с почвой, повышает щелочность почвенных растворов, закрепляя анионы SO_4^{2-} и катионы Ca^{2+} , а также способствует транзитному выносу солей растворимых соединений, токсично влияющих на развитие растений риса. Так, общая щелочности среды в HCO_3^- возросла относительно контроля в 1,5 раза, относительно варианта, где была внесена солома без ферментации – в 1,7 раза, общая сумма солей увеличилась по сравнению с контролем в 2 раза, с вариантом, где использовали солому без ферментации в 1,5 раза. Эти показатели свидетельствуют о сдвиге значения pH почвы в нейтральную сторону, то есть внесение биомелиоранта в засоленную почву способствует ее значительному рассолению и созданию благоприятных условия для развития растений.

Таблица 1

Минерализация почвенных фильтратов при внесении биомелиоранта под рис (20-й день опыта)

Варианты опыта	Сумма солей, %	Анионы (М. экв)			Катионы (М. экв)		
		Щелочность общая в HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ по разности
Контроль	2,429	46,0	27,8	28,0	54,0	28,0	35,0
Шелуха риса	3,502	41,0	34,7	28,0	82,0	15,4	34,0
Биомелиорант	5,082	70,0	27,8	18,00	36,4	11,0	46,0

Культивирование риса сорта «Маржан» на засоленных почвах с внесением биомелиоранта показало, что его применение оказывает высокое положительное влияние на урожайность риса. В таблице 2 представлены результаты влияния биомелиоранта на структуру и урожай риса.

Таблица 2

Влияние внесения биомелиоранта на структуру урожая риса сорта «Маржан»

Вариант	Всхожесть семян, %	Густота всходов, шт./м ²	Кусти-стость, шт.	Озернен-ность ме-телок, шт.	Масса 1000 шт. зерен, г	Урожай-ность зер-на, ц/га
Контроль	53	74	1,0	95,8	28,0	24,0
Шелуха риса	49	71	1,2	103,3	30,4	36,7
Биомелио-рант	65	83	1,4	117,2	32,2	41,3

Исследование структуры урожая риса показало, что за счет повышения кустистости растений, озерненности метелок и увеличения массы зерна, формируется повышенный урожай риса. При этом урожайность риса увеличивается в 1,7 раза по сравнению с контролем и на 12,5% по сравнению с вариантом, где использовали шелуху без ферментации.

Таким образом, разработан новый биологический способ рассоления вторично-засоленных почв на основе применения биомелиорантов, полученных с помощью целлюлолитических бактерий. Применение способа приводит к активизации микробных почвенных процессов, создает условия для транзитного выноса солей растворимых соединений, токсично действующих на развитие растений риса, и нормализует pH засоленных почвы. Все это способствует зна-

чительному рассолению почвы и создает благоприятные условия для развития растений риса. При этом урожайность риса увеличивается на 12,5% по сравнению с использованием не ферментированной шелухи риса.

Разработанный способ экологически безопасен, соответствует требованиям охраны окружающей среды, не приводит к загрязнению почвы и нарушению биологического равновесия почвы. Сами целлюлолитические бактерии являются полезными представителями микрофлоры почвы, участвующими в процессах повышения почвенного плодородия. На способ биологической мелиорации почв получен патент Республики Казахстан №27624KZ.

Литература

- Аверьянов С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос. 2008. 43 с.
- Добровольский Г. В., Васильевская В. Д., Зайдельман Ф. Р., Звягинцев Д. Г. и др. Факторы и виды деградации почв // Деградация и охрана почв. М.: Мир. 2002. С. 33–60.
- Зайдельман Ф. Р. Мелиорация почв. М.: МГУ. 2006. 87 с.
- Камара Х., Куст Г. С. Современное состояние и развитие почв и ландшафтов дельтовых территорий района Сентла (Штат Табаско, Мексика) // Почвоведение. 2006. № 10. С. 41–48.
- Новикова А. В. Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии. Харьков: ХНАУ, 2004. 120 с.
- Новикова А. В. Исследования засоленных и солонцовых почв: генезис, мелиорация, экология // Избранные труды. Харьков: ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», 2009. 720 с.
- Ушаков Н. А., Бродский Е. С., Козлов А. А., Нифотов А. В. Анаэробная ферментация растительных субстратов с использованием *Bacillus subtilis* 8130 // Прикл. биох. и микробиол. 2009. Т. 45. № 1. С. 70–77.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЧАНОГО КАРЬЕРА

Т. Х. Гордеева, О. В. Малюта, И. И. Митякова, М. А. Курочкина
Поволжский государственный технологический университет,
olgamal@list.ru

Добыча полезных ископаемых – один из основных видов хозяйственной деятельности человека, приводящий к изменению природной среды: изъятию вещества, нарушению целостности прилегающих к выемкам природных массивов и изменению физических, химических и биологических характеристик окружающей природной среды.

Цель данной работы – оценить состояние экосистемы, измененной в результате антропогенного воздействия – выемки песка.

Полевые исследования проводились в Куярском лесничестве Республики Марий Эл, экспериментальный участок был заложен на территории песчаного карьера, подлежащего рекультивации.

Для получения информации об экологической ситуации на объекте была использована комплексная оценка качества окружающей среды.

Для оценки изменения свойств почв был изучен почвенный покров естественных прилегающих к карьере территорий (целинные почвы) и территория песчаного карьера.

Лабораторные исследования проводили с использованием оборудования ЦКП ЭБЭЭ Поволжского государственного технологического университета.

Отбор и подготовку проб проводили согласно ГОСТ (ГОСТ 28168-89). Биотестирование выполнялось с использованием стандартизованных тест-культур: микро-водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) (Природоохранные ..., 2007); рачки дафнии (*Daphnia magna* Straus) (Природоохранные ..., 2006).

Учет численности микроорганизмов проводили методом посева на селективные питательные среды. Количество бактерий, ассимилирующих органические соединения азота, учитывали на мясопептонном агаре (МПА); микроорганизмы, использующие минеральный азот – на крахмалоаммиачном агаре (КАА), олиготрофы – на почвенном агаре (ПА); гумусоразрушающие – на нитритном агаре (НА); микромицеты – на подкисленном сусло-агаре; целлюлозо-деструкторы и азотобактер – методом обрастания комочков почвы на среде Гетчинсона и Эшби, соответственно (Методы ..., 1991).

Целлюлозоразрушающую и протеолитическую активность почвы определяли в полевых условиях аппликационным методом (Малюта, Григорьева, 2011), аммонифицирующую активность оценивали в лабораторных условиях в соответствии с методикой Т. В. Аристовской (Аристовская, 1989).

Химические исследования (атомно-абсорбционный метод) проводились согласно стандарту ИСО 11047 и методики ФГУ «ФЦАО», на атомно- абсорбционном спектрометре «АAnalit-400» (Методика ..., 2007).

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ Statistica 6.0.

Проведенные исследования показали, что почвы естественных биоценозов характеризуются очень низким содержанием гумуса в верхнем минеральном горизонте A_1A_2 (не более 1,9%) и сильноокислой реакцией среды ($pH < 4,5$) во всем профиле почвы. Содержание подвижного фосфора очень низкое во всех горизонтах за исключением органических (г. A_0 , Т) и органо-минеральных горизонтах A_0A_1 , где его содержание очень высокое – 31,3 мг/100 г. Подобная ситуация наблюдается и по содержанию обменного калия: в минеральных горизонтах его содержание очень низкое, а в органогенных – очень высокое – 80–139 мг/100 г.

В песчаном карьере количество гумуса в верхнем наносном слое ниже, чем в целинных почвах, и составляет 0,72%, реакция среды сильноокислая, содержание подвижного фосфора и обменного калия очень низкое – 1,2 мг/100 г и 1,7 мг/100 г, соответственно.

По плотности сложения почвы целинные и песчаного карьера так же различаются между собой. Наибольшие различия наблюдаются на глубине 10 см, где плотность сложения почвы в карьере в 1,7 раз выше, чем в целинных почвах.

Анализ содержания тяжелых металлов в почвах объектов исследования выявило отсутствие превышения допустимых уровней, но в лесной почве их концентрация была выше, чем в почве песчаного карьера (табл. 1). Вероятно, это связано с тем, что в карьере был снят наиболее загрязненный поверхностный слой почвы.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почве объектов исследования

Объект исследований	Содержание металлов в почве, мг/кг					
	Cu	Cd	Zn	Sr	Pb	Mn
Естественная территория (лес)	2,751	0,183	2,49	0	4,135	23,04
Песчаный карьер	1,27	0	2,37	0	0,72	8,8
ПДК	3,0	0,5	23,0	7,0	32,0	1500,0

Определение биологической активности почвы на объектах исследования выявило отсутствие достоверных различий по таким параметрам как аммонифицирующая и протеазная активность и усиление процессов трансформации сложных органических веществ в почве песчаного карьера по сравнению с естественной территорией (табл. 2).

Биотестирование, выполненное на двух тест-организмах, показало отсутствие токсичности в почвенных вытяжках как с естественных территорий (БКР=1; ТКР=1), так и песчаного карьера (БКР=1; ТКР=1,51).

Таблица 2

Биологическая активность почвы на объектах исследования

Вариант опыта	Биологическая активность почвы		
	Целлюлозоразрушающая активность, %	Аммонифицирующая активность, рН возд. среды	Протеолитическая активность, %
Естественная территория (лес)	13,57	7,33	0,71
Песчаный карьер	27,67	6,67	0,51
НСР ₀₅	3,35	—*	—*

*— различия на 5%-ном уровне значимости не достоверны

Изменения физических и агрохимических свойств антропогенно трансформированной почвы отражаются на структуре микробного сообщества (табл. 3).

Результаты изучения количественного, трофического и таксономического состава прокариот и мицелиальных организмов показали, что в почве песчаного карьера преобладает олиготрофная группировка микроорганизмов, снижена численность аэробных целлюлозоразрушающих бактерий и мицелиальных грибов. Увеличение коэффициентов педотрофности и олиготрофности при одинаковом значении показателя минерализации органических веществ в почве свидетельствует об активности процессов, связанных с утилизацией гумуса и гумусосодержащих соединений.

**Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов и
показатели активности микробиологических процессов
в подзолистой песчаной почве**

Микроорганизмы, млн. кл/г абс. сухой почвы и показатели активности микробиологических процессов	Песчаный карьер	Естественная территория (лес)
Аммонифицирующие	1,02±0,06	1,05±0,05*
Аминоавтотрофы	0,48±0,02	0,49±0,02*
Актиномицеты	0,21±0,01	0,14±0,01
Олиготрофные	1,36±0,05	1,05±0,04
Гумусоразлагающие	0,92±0,03	0,21±0,01
Микромицеты	0,007±0,35	0,084±3,94
Целлюлозодеструкторы**	40,0±1,16	54,0±1,83
Азотфиксирующие**	14,0±0,71	0,0±0,0
Коэффициент минерализации (МПА/КАА)	0,47	0,47
Коэффициент педотрофности (ПА/МПА)	1,34	1,00
Коэффициент олиготрофности (НА/МПА)	0,90	0,21

* – различия на 5%-ном уровне значимости не достоверны;

** – % обрастания комочков почвы

Использование показателей и критериев деградации почв (Титова и др., 2004) позволило сделать вывод о степени трансформации объекта исследований – песчаного карьера: физические и химические параметры свидетельствуют о четвертой степени деградации почвы, в то время как биологические параметры – мало отличаются от показателей почвы с естественной территории.

Литература

- Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс-метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.
- ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор почв. М., 1989.
- Малюта О. В., Григорьева А. Р. Экологический мониторинг: метод. указания. Йошкар-Ола, 2011. 125 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М., 1991. 304 с.
- Методика выполнения измерений валового содержания меди, кадмия, цинка, свинца, никеля, марганца, кобальта, хрома методом атомно-абсорбционной спектроскопии. М.: Изд. ФГУ «ФЦАО», 2007. 20 с.
- Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.7-04). Токсикологические методы. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Красноярск, 2007. 36 с.
- Природоохранные нормативные документы федеративные – ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06). Токсикологические методы. Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus. Красноярск, 2006. 46 с.
- Титова Т. В., Дабахова Е. В., Дабахов М. В. Рекомендации по оценке экологического состояния почв как компонента окружающей среды. Н. Новгород, 2004. 68 с.

ДЕЙСТВИЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА НА ЭКОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВ В ЗОНЕ ЕГО ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ВЛИЯНИЯ

Н. В. Медведева¹, А. С. Олькова², Ю. А. Орлова²

*¹ Саратовский социально-экономический институт (филиал)
Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова»,
medvedosik17@mail.ru,*

*² Вятский государственный гуманитарный университет,
morgan-abend@mail.ru*

В г. Саратове, как и в каждом промышленно развитом городе, на состояние окружающей природной среды влияет комплекс негативных воздействий. Это влияние, как правило, регулярное, хроническое.

Предприятия топливно-энергетического комплекса России, в том числе по добыче и переработки нефти, несмотря на некоторое снижение объёмов производства, остаются крупнейшими источниками загрязнения окружающей среды. На их долю приходится около 48% выбросов вредных веществ в атмосферу, 27% сброса загрязнённых сточных вод и до 70% общего объёма парниковых газов. Химические соединения, выделяемые нефтеперерабатывающими предприятиями в окружающую среду, в условиях города образует многокомпонентную смесь.

В Саратовской области мощным источником загрязняющих веществ является ОАО «Саратовский Нефтеперерабатывающий завод» (далее – НПЗ). НПЗ расположен в южном районе города Саратова. Мощность Саратовского НПЗ составляет 6,75 млн т. (48,9 млн барр.) нефти в год. Согласно технологии разделения сырой нефти на фракции, ректификационная колонна не может быть изолирована от окружающей среды, следствием чего является утечка исходных, промежуточных и конечных продуктов переработки, а также выброс в атмосферу побочных продуктов переработки. Как следствие, среди выбросов НПЗ в атмосферу углекислый газ (продукт сгорания углеводородов), легкие газообразные предельные углеводороды ряда метана состава C_1-C_4 , двуокись серы, закись азота, оксиды фосфора, анионы различного состава (www.saratov-tnk-bp.ru/data/kps2012). Часть нефтепродуктов представляет собой полиароматические углеводороды (ПАУ), которые являются кристаллическими соединениями, за исключением производных нафталина. Их токсичность высока для всех объектов окружающей среды (Бродский, 1985).

В отличие от таких компонентов природной среды, как атмосферный воздух и вода, почва – это та среда, которая не обладает свойством разбавления, а напротив отличается аккумулялирующими свойствами. Нефтепродукты оказывают существенное негативное влияние на состояние биоты почвенной среды не только в результате залпового загрязнения этими веществами, но и при хроническом накоплении их в почве.

Целью нашей работы стала оценка степени токсичности почв в зоне воздействия ОАО «Саратовский НПЗ» методами биотестирования.

Исследовались почвенные образцы, отобранные в радиусе 1 км от территории НПЗ, располагающегося на юге г. Саратова. Почвы Саратовской области относятся в основном к черноземам и каштановым почвам глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

Биотестирование проводили экспресс-методами (время тест-реакции 30 мин.) с помощью инфузорий *Paramecium caudatum* и бактериальной тест-системы «Эколюм». Данные методики позволяют оценивать степень токсичности тестируемого образца по индексу токсичности Т и отнести его к одной из трёх групп токсичности.

Полученные результаты отражены в таблице.

Таблица

Результаты биотестирования исследуемых почв

Участок пробоотбора		Результаты биотестирования Т, у.е.	
Направление	Расстояние от источника, км	<i>Paramecium caudatum</i>	Тест-система «Эколюм»
Условный фон (юг)	2	0,32±0,06 I группа	0 Стимуляция в 14 раз I группа
Север	0,5	0,48±0,09 II группа	0 Стимуляция в 1,7 раз I группа
	1	0,32±0,06 I группа	0 Стимуляция в 3,4 раза I группа
Юг	0,5	0,42±0,08 II группа	0 Стимуляция в 5,5 раз I группа
	1	0,44±0,09 II группа	0 Стимуляция в 2,1 раз I группа
Запад	0,5	0,25±0,05 I группа	0 Стимуляция в 6,5 раз I группа
	1	0,44±0,09 II группа	0 Стимуляция в 4,1 раз I группа
Восток	0,5	0,33±0,07 I группа	0 Стимуляция в 5,9 раз I группа

Почва, отобранная на условном фоновом участке, на расстоянии от нефтеперерабатывающего завода 2 км, отнесена к I группе токсичности (наиболее безопасным) по отношению к обоим используемым тест-организмам. Однако значения индекса Т по *P. caudatum* для этого участка близки к интервалу второй группы $0,4 < T \leq 0,7$ – умеренная степень токсичности. Это можно объяснить действием других антропогенных факторов г. Саратова на почвы, например, транспортной нагрузкой.

Большинство проб, отобранных на расстоянии 0,5 и 1 км от источника воздействия, характеризовались повышенными индексами токсичности, полученными с помощью инфузорий, и были отнесены ко II группе токсичности. Наибольшее угнетение двигательной активности инфузорий вызывала вытяжка из пробы, отобранной в 0,5 км к северу от НПЗ. Такая ситуация объясняется преобладающим направлением ветра: Северо-Запад (в сторону р. Волга). Вторым по преобладанию направлений ветра является Юг – Юго-Восток (рис.).

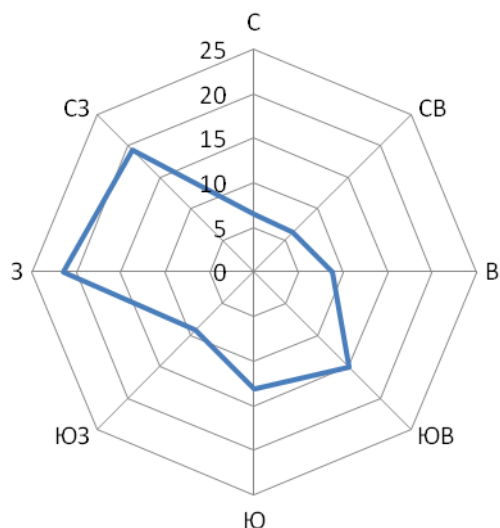


Рис. Роза ветров в районе г. Саратов

Интересные результаты получены с помощью бактериальной тест-системы «Эколюм». Угнетения билюминесценции тест-системы не было отмечено при тестировании исследуемых почв. Напротив – наблюдали значительную стимуляцию билюминесценции, причем наибольший эффект отмечен для условно фоновой участка. Ранее на модельных средах нами было показано, что для данной тест-системы характерна такая ответная реакция: максимальная стимуляция тест-функции происходит в ответ на относительно невысокие сверхнормативные дозы токсиканта, затем в ответ на увеличение дозы стимуляция сохраняется, однако постепенно снижается относительно начальных тестируемых доз, и в итоге происходит инверсия ответной реакции – угнетение люминесценции в ответ на максимальные дозы (Олькова, 2014).

Следовательно, относительно условно фоновых значений, можно говорить о снижении степени стимуляции билюминесценции «Эколюм» при тестировании почв из зоны потенциального влияния нефтеперерабатывающего завода.

Коэффициент корреляции Пирсона между индексами Т по двум тест-объектам составил $-0,6$, что соответствует слабой обратной зависимости. Тем не менее, описанные тенденции подтверждаются.

Таким образом, методами биотестирования установлено, что почвы вблизи ОАО «Саратовский НПЗ» отличаются повышенными индексами токсичности. Биотест по двигательной активности инфузорий для имеющего специфического загрязнения является более приемлемым, поскольку не имеет инверсии ответной реакции.

Литература

Бродский Е. С. Методы исследования состава органических соединений нефти и битумоидов. М.: Наука, 1985. 267 с.

Олькова А. С. Особенности и проблемы биотестирования водных сред по аттестованным методикам // Вода: химия и экология, 2014. № 10. С. 87–94.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ИХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

В. Л. Злобина

Институт водных проблем РАН, zlobina45@mail.ru

При многолетнем воздействии рассредоточенных и локальных источников загрязнения природной среды довольно сложно установить степень трансформации грунтовых вод для больших по площади регионов.

Устойчивое ухудшение свойств и состава грунтовых вод может усиливать и вызывать многие процессы в подземной гидросфере – нарушение геохимических циклов, активный ионный обмен, уменьшение нейтрализующей емкости воды с повышением агрессивных свойств, выщелачивание и многие другие. При этом разгрузка загрязненных грунтовых вод может способствовать ухудшению качества поверхностных вод.

Одной из актуальных задач является также обоснование системы наблюдений при пространственно-временном изменении природных и антропогенных факторов.

Весьма редкая стационарная сеть режимных скважин и отсутствие продолжительных рядов наблюдений не позволяют выполнять пространственно-временные оценки степени трансформации свойств грунтовых вод при сложном сочетании природных и антропогенных условий.

Региональные обобщения на базе ГИС-технологий выполнялись для Московской области, характеризующейся значительной антропогенной нагрузкой и весьма сложными природными условиями (Злобина, Медовар, 2009).

Московская область относится к наиболее освоенным регионам РФ. Площадь региона составляет 47 км² и включает более 150 агломераций (Государственный доклад ..., 1995).

Природные условия региона отличаются большим разнообразием физико-географических условий. По характеру рельефа в Московской области выделяется четыре геоморфологических района (Волжская и Мещерская низины, Клинско-Дмитровская гряда и Заокская равнина). Для рассматриваемой территории характерна значительная густота речной сети. Отмечается высокая степень заболоченности низинных территорий (до 30–45%) и широкое распространение болотных почв (Информационный бюллетень ..., 2005). Неглубокое залегание грунтовых вод и сильная заболоченность водосборов способствует значительному переувлажнению низинных территорий.

Чередование возвышенностей и низин отражается в специфическом строении подземной гидросферы. Для значительной части территории характерно распространение сильно закарстованных карбонатных пород каменноугольного возраста у поверхности земли.

Методология региональных оценок. Решение рассматриваемых проблем стало возможным с использованием ГИС-технологий, позволяющих создавать аддитивные модели изучаемых территорий и получать многовариантные аналитические и синтетические карты. Рассматриваемые технологии не ограничены объемом вводимой информации (Современные проблемы ..., 2008; Rifai, Hendricks, 1993).

Основные цели исследований включали:

- выявление наиболее уязвимых территорий к трансформации состава и свойств грунтовых вод;
- установление масштабов загрязнения;
- оценку возможных негативных процессов за счет трансформации гидрогеохимических свойств грунтовых вод.

Исследования весьма сложной природно-техногенной системы (ПТС) выполнялись в несколько этапов. На первом этапе обобщались разновременные картографические данные, характеризующие природные условия региона (климатические, физико-географические, ландшафтные, геолого-гидрогеологические и др.). На этом же этапе подбирался картографический материал по загрязнению атмосферных выпадений, загрязнению почв, изменению ландшафтных условий (за 1950–2010 гг.).

База данных в системе WINGIS формировалась для каждого слоя модели (степень загрязнения атмосферных осадков, типы ландшафта, разнообразие почв, мощность зоны аэрации, глубина залегания грунтовых вод).

В рассматриваемой модели задавалась гидрографическая сеть и административные районы региона.

Слой модели, характеризующий степень загрязнения атмосферных осадков включал четыре типа территорий и отражал степень их трансформации во времени (от $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ до $\text{SO}_4\text{-Na}$ типов). Следует отметить, что рассматриваемый регион расположен в одной из крупных аномалий, характеризующейся значительным закислением атмосферных выпадений и высокой сульфатной нагрузкой (до $15\text{--}20 \text{ г/м}^2$ в год). При этом количество аномальных и контрастных зон возрастало по площади и во времени за счет рассредоточенных и локальных источников загрязнения.

Послойная дифференциация слоев выполнялась для нескольких периодов времени (1955, 1975, 1990 и 2000 гг.). Каждому слою присваивалась определенная градация – от 1 до 4. Единица присваивалась наиболее благополучным условиям, а четыре – самым неблагоприятным. Остальные градации были промежуточными.

Ландшафтный слой модели учитывал пространственно-временное распределение лесных угодий, сельскохозяйственных земель, болотных и урбанизированных территорий. Учитывалась также степень изменения ландшафтов во времени.

В модели для упрощения границ пространственное разнообразие почвенного покрова задавалось в нескольких градациях – лесные, болотные, дерново-подзолистые и урбанизированные. Наличие картографических данных позволило отразить распространение ореолов их загрязнения по площади.

В последнее десятилетие в Московском регионе образовалось несколько типов районов, характеризующихся существенным загрязнением почвенного покрова (по данным ИМГРЭ). В составе почв при критическом их загрязнении наблюдаются значительные концентрации различных токсикантов (Pb, Cu, Zn, Mn и др.), а также их ассоциации.

Аналогичные подходы использовались при пространственном задании мощности зоны аэрации и глубины залегания грунтовых вод. В покровных отложениях, мощность которых изменяет от 0,5 до 103 м рассматривались: моренные, аллювиальные и болотные отложения. В межморенной толще встречается до 10 водоносных горизонтов, залегающих на глубинах от 0,5 до 25 м.

На втором этапе исследований выполнялось совмещение аналитических карт. Совмещение картографических данных, отражающих природные условия региона, показало, что более 45% территории является весьма уязвимой к загрязнению природной среды и грунтовых вод.

Многовариантное совмещение картографических данных позволило получить комплект синтетических карт. Послойное совмещение картографической информации установило значительную мозаичность в чередовании зон различной уязвимости к трансформации грунтовых вод.

На третьем этапе выполнялся ретроспективный анализ гидрогеохимической информации по скважинам, родникам и колодцам за многолетний период времени (с 1949 по 2010 гг.). Полученная база данных дополнялась результатами полевых исследований (1987–20013 гг.), выполняемых с учетом полученной региональной оценки по ГИС.

Совмещение гидрогеохимической информации с распространением наиболее неблагоприятных участков (4-й тип) показало, что переформирование свойств и состава грунтовых вод отражается в устойчивом образовании вод $\text{SO}_4\text{-Ca}$ и $\text{SO}_4\text{-Na}$ типов. При этом концентрации SO_4^{2-} за многолетний период времени возросли многократно (в 20 и более раз.). При этом концентрации гидрокарбонатов HCO_3^- уменьшились почти в 6,5 раз, что свидетельствует об уменьшении нейтрализующей емкости грунтовых вод.

На участках 1-го типа, соответствующих менее трансформированным гидрогеохимическим условиям, сохраняется $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ тип грунтовых вод, но отмечаются тенденции в изменении концентраций основных солеобразующих ионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , Fe и др.). При этом отмечается широкий диапазон в изменении окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий.

Пространственно-временное обобщение многолетних гидрогеохимических данных показало, что трансформация грунтовых вод прослеживается с различной интенсивностью по всей площади региона.

Обобщение результатов химических анализов грунтовых вод с применением термодинамического моделирования установило значительную агрессивность грунтовых вод. Выявление этого процесса может способствовать активизации процессов выщелачивания водовмещающих пород и развитию карстовых процессов в карбонатных породах.

Выводы. Многослойная модель ГИС позволила установить пространственно-временные особенности формирования трансформированных грунтовых вод при сложном сочетании природных и антропогенных факторов.

Результаты выполненных исследований установили региональную и необратимую трансформацию свойств и состава грунтовых вод в Московском регионе.

Литература

Государственный доклад о состоянии окружающей среды Московской области. М., 1995. 87 с.

Злобина В. Л., Медовар Ю. А. Применение ГИС при оценке качества подземных вод // Моделирование при решении геоэкологических задач. Сергеевские чтения. М.: ГЕОС, 2009. Вып. 11. С. 30–32.

Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2004 г. М., 2005. Вып. 28. 176 с.

Современные проблемы ландшафтов и геосистем: Матер. IV науч. конф. 14–17 окт. Минск, 2008. 359 с.

Rifai H. S., Hendricks L. A. A geographic information system (GIS) user for delineating wellhead protection areas // Ground water. 1993. V. 31. № 3. P. 480–488.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДНЕ-ТИМАНСКОГО БОКСИТОВОГО РУДНИКА

Т. Н. Пыстина, Е. Г. Кузнецова

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
pystina@ib.komisc.ru*

С 2002 г. специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН ежегодно проводятся комплексные наблюдения за состоянием почв и растительного покрова в зоне воздействия Средне-Тиманского бокситового рудника (СТБР). Производственные работы на СТБР приводят к выбросу ряда токсичных веществ в атмосферу. Основным источником загрязнения является красная бокситовая пыль, образующаяся практически на всех этапах производства, начиная с проведения взрывных работ и заканчивая погрузкой руды в железнодорожные вагоны. В состав пыли входят оксиды алюминия, железа и кремния, а также остаточные тяжелые металлы. К поллютантам также относятся газообразные вещества и твердые частицы, образующиеся в результате работы двигателей техники и транспорта, – оксиды серы, азота, оксиды углерода, тяжелые металлы, сажа, аэрозоли.

С целью контроля уровня загрязнения и динамики накопления токсичных веществ в растениях и почвах на территории СТБР ежегодно проводится отбор растительных образцов (мхов и лишайников), а также почв из верхних горизонтов – органогенного А₀ (подстилки) и верхнего минерального А₂ (А₂В). В растениях определяется содержание тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn, Mn, Ni, Fe) и Al, в почвах – pH, содержание обменных Ca и Mg, подвижных форм оксидов Fe

и Al, кислоторастворимых форм Pb, Ni, Co, Cu, Zn, Al, Fe, Mn. Химико-аналитические исследования проводятся в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии КНЦ УрО РАН. Отбор проб для химанализа осуществляется на 5 из 15 заложенных пунктов постоянного наблюдения (ППН). Все ППН расположены на однородных дренированных участках водоразделов в коренных ельниках зеленомошной группы типов на разном удалении от производственных объектов. В качестве фонового рассматривается ППН 15, находящийся в 2 км от края карьера № 2. ППН 1 и ППН 11 заложены в лесных массивах на границе с действующими карьерами № 2 и № 1, ППН 5 и ППН 6 – с южной и северной сторон шихтовального склада.

Единые нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) тяжелых металлов для растений не разработаны. Для сравнительного анализа нами были использованы показатели нормального и предположительно максимального содержания тяжелых металлов в растениях, приведенные в работе С. Мелстеда (Melsted, 1973, по: Ильин, 1991). Нормирование содержания Al дано по работе Е. Ниебоера с коллегами (Nieboer et al., 1978).

По результатам химического анализа было установлено, что в напочвенных мхах (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.) концентрации только двух элементов (Cu, Zn) были значительно ниже показателей их нормального содержания в растительных образцах, которые составляют для Cu – 3–40 мг/кг, для Zn – 15–150 мг/кг. Тем не менее, наиболее высокое содержание элементов за весь период наблюдений фиксировалось в районе шихтовального склада, наименьшее – на фоновой ППН 15.

В 2014 г. на пунктах наблюдений, кроме ППН 15 и ППН 11, отмечено превышение нормального содержания Pb (по С. Мелстуда оно составляет 0,1–5,0 мг/кг), а на ППН 6 – также и максимального (10,0 мг/кг). Концентрации свинца значительно варьировали по годам в зависимости от уровня техногенной нагрузки. Так, прекращение добычи руды в северной части карьера № 2 привело к снижению содержания элемента на ППН 1 (2002 г. – 10,8 мг/кг, 2007 г. – 6,8 мг/кг, 2014 г. – 6,5 мг/кг). На ППН 6 концентрация Pb за все время наблюдений оставалась стабильно высокой (6,3 – 18,0 мг/кг).

Содержание Ni и Mn в плевроциуме в разы превышает предположительно максимальные показатели содержания элементов даже на фоновой территории. Значительное накопление рассматриваемых элементов связано, прежде всего, с особенностями геохимии региона. Важным источником поступления является и бокситовая пыль, поскольку максимальное накопление зафиксировано на участках, примыкающим к карьерам и шихтовальному складу.

Наибольшая кратность накопления отмечена для Al и Fe. Так, их содержание на самом грязном участке (ППН 6) за весь период наблюдений возросло в 17,1 и 11,4 раза соответственно. В 2014 г. на всех ППН, за исключением фонового, содержание железа в образцах мхов превышает в 3,2 (ППН 11) – 32,0 (ППН 6) раза его максимально допустимое значение для растений, которое составляет 750 мг/кг. Содержание алюминия также выше нормативных показателей в 1,3 (ППН 11) – 50,0 (ППН 6) раз. Нормальная концентрация Al равняется 150–500 мг/кг (Nieboer et al., 1978).

Сходная закономерность прослеживается и при анализе накопления ионов металлов эпифитными лишайниками (для анализа отбирали образцы листоватого лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.). Наблюдения 2002–2014 гг. указывают на устойчивую тенденцию возрастания концентрации всех анализируемых элементов. Содержание Al, Fe, Mn, Pb и Ni значительно превышает нормальные и, предположительно, максимальные концентрации, установленные для растительных образцов, практически на всех ППН. Максимальная концентрация загрязняющих веществ отмечена на участках, расположенных в зонах интенсивной добычи и погрузки бокситов. Основными загрязняющими веществами являются оксиды алюминия и железа. Необходимо также отметить, что абсолютные значения содержания почти всех анализируемых элементов во мхах и лишайниках достаточно близки, за исключением Mn. У мхов способность к аккумуляции марганца примерно в 2 раза выше в сравнении с лишайниками.

По абсолютному количеству загрязняющих веществ в растениях на участках, испытывающих значительные техногенные нагрузки, металлы можно расположить в ряд: $Al > Fe > Mn > Zn > Ni > Cu > Pb$.

По структуре почвенного покрова все мониторинговые площадки обнаруживают сходство. Почвенный покров формируют преимущественно сочетания глееподзолистых и торфянисто-подзолисто-глееватых почв и низкогорные глееподзолистые, которые характерны для рассматриваемой территории (Рубцов, 1962).

Оценку степени загрязнения почв тяжелыми металлами Pb, Ni, Co, Cu, Zn проводили в соответствии с действующими нормативами (ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы; ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы). Была использована также шкала экологического нормирования содержания тяжелых металлов в почвах при pH 4,0–6,0 (Экология и охрана..., 2002).

Почвы на участках мониторинга имеют кислую реакцию – значения pH_{вод.} изменяются в интервале от 4,1 до 4,8, pH_{сол.} – от 3,1 до 3,8, что характерно для почв рассматриваемой территории. Несколько выше величина pH в почвах ППН 1 и ППН 6 (в гор. А0). Это можно объяснить пылевым загрязнением площадок в связи с расположением ППН 1 вблизи карьера и ППН 6 в районе шихтовального склада. Данный факт подтверждается и повышенным содержанием кальция и магния в верхнем горизонте А0 на этих площадках, особенно – на ППН 1. Содержание подвижных форм оксидов алюминия (0,12–0,49%) и железа (0,12–1,22%) в почвах за период наблюдений изменилось незначительно. Относительно повышенное количество оксидов алюминия и железа в верхних минеральных горизонтах по сравнению с органогенными обусловлено, главным образом, их накоплением в виде комплексных соединений с органическим веществом, что характерно для естественных глееподзолистых почв (Забоева, 1975).

В 2014 г. значительных изменений в содержании валовых (кислоторастворимых) форм Al, Fe и Mn в большинстве образцов почв не было зафиксиро-

вано по сравнению с предыдущими годами. Следует лишь отметить в верхнем органогенном горизонте почвы на ППН 11 уменьшение содержания алюминия и железа. Выше, по сравнению с предыдущим периодом наблюдений, количество Al, Fe и Mn в гор. А0 почвы на ППН 6 (28000, 26000, 1900 мг/кг соответственно).

Содержание тяжелых металлов в почвах в основном не превышает нормативные показатели ПДК (ОДК) (ГН 2.1.7.2041-06, ГН 2.1.7.2042-06), но несколько выше фоновых значений (ППН 15). В соответствии со шкалой экологического нормирования почвы по содержанию тяжелых металлов относятся в основном к грациям: уровень содержания «низкий» или «средний» (Экология и охрана..., 2002). В 2014 г. сохранилась тенденция увеличения содержания тяжелых металлов в почве ППН 6, расположенном вблизи шихтовального склада. Здесь, как и ранее, отмечены самые высокие концентрации Zn, Pb, Ni и Co в гор. А0, что, по-видимому, связано с аэрогенным загрязнением почв в процессе эксплуатации СТБР.

Большее количество тяжелых металлов, алюминия, железа и марганца в органогенных горизонтах по сравнению с минеральными можно объяснить их биогенной аккумуляцией. В меньшей степени загрязнена почва на ППН 5, который был заложен сравнительно недавно – в 2011 г., в связи с ликвидацией прежней площадки, обусловленной расширением шихтовального склада. Самой чистой является почва на ППН 15 – фоновом участке.

Согласно государственному стандарту, почвы по степени загрязнения можно отнести к категории слабо- и среднезагрязненных (ГОСТ 17.4.3.06-86. Охрана природы. Почва. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ).

Таким образом, по результатам мониторинга почв и растительности, проводимого на территории расположения Средне-Тиманского бокситового рудника, можно заключить, что в процессе эксплуатации предприятия основное влияние оказывается на растительность, выполняющую барьерные функции. Повышенное содержание некоторых тяжелых металлов и кислоторастворимых форм алюминия и железа в почвах связано не только с геохимическими особенностями почвообразующих пород, но и с пылевым загрязнением прежде всего верхнего слоя почв, особенно на участках, расположенных вблизи действующего карьера и шихтовального склада.

Литература

- Забоева И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
- Рубцов Д. М. Почвы северной части Среднего Тимана // Материалы по почвам Коми СССР и сопредельных территорий. М.-Л.: АН СССР, 1962. С. 37.
- Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лозановская. М.: Высшая шк., 2002. 334 с.
- Nieboer E., Richardson D. H. S., Tomassini F. D. Minera Uptake and Release by Lichens: An Overview // Bryologist, 1978. Vol. 81. № 2. P. 226–246.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ РЕК ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

А. И. Ломовский

*Тульский государственный университет,
gresfers@yandex.ru*

Тульская область вошла в десятку самых худших регионов России в экологическом рейтинге регионов. По одним данным, Тульская область входит в десятку от конца из 89 регионов, по другим – ситуация хуже и область уже в пятёрке самых загрязнённых регионов страны в рейтинге экологического состояния. Очагами повышенных концентраций загрязняющих веществ в Тульской области являются промышленные города, особенно Алексин, Тула, Щёкино, Новомосковск, Узловая, Кимовск, Ефремов. В целом очень сложную экологическую ситуацию в Тульской области можно объяснить тем, что на сравнительно небольшой ее территории расположено большое количество промышленных предприятий (химии, металлургии, машиностроения), а также несколько крупных тепловых электростанций. По концентрации таких предприятий на единицу площади Тульский регион уступает только Московской области. Основные промышленные предприятия – загрязнители: ОАО «ОГК-3», «Черепетская ГРЭС», ОАО «Тулачермет», ОАО «НК «Азот», ОАО «Косогорский металлургический завод».

Водоёмы сильно загрязнены в большей степени промышленными, в меньшей степени – бытовыми отходами. Загрязнение рек Упа, Тулица, Шат, Воронка, Бешка, Мышега, Сежа, верховьев Дона настолько сильное, что их самовосстановление уже невозможно: превышены ПДК для меди и никеля в 10–50 раз, для лития и никеля – в 5–10 раз, для таллия и ртути – в 2 раза. В ходе многолетних наблюдений установлено, что во многих реках и ряде водохранилищ возникло загрязнение донных отложений.

Одним из сильнейших по действию и наиболее распространенным химическим загрязнением является загрязнение тяжелыми металлами. В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. Термин «тяжелые металлы» чаще всего рассматривается не с химической, а с медицинской и природоохранной точек зрения и, таким образом, при включении в эту категорию учитываются не только химические и физические свойства элемента, но и его биологическая активность и токсичность, а также объём использования в хозяйственной деятельности. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Многие тяжелые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми для функ-

ционирования растений, животных и человека микроэлементами. С другой стороны, тяжёлые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец и ртуть, определяются как токсичные металлы (Бейзель и др., 2000).

Тяжелые металлы, попадая в организм, остаются там навсегда, т.к. вывести их очень трудно. Достигая определенной концентрации в организме, они начинают свое губительное воздействие – вызывают отравления, мутации. Концентрированные растворы их солей, обладая вяжуще-прижигающим действием, нарушают функции органов дыхания. Гидроокиси железа и марганца, осаждаясь на жабрах, нарушают газообмен, что приводит к асфиксии.

В анализе большинства технических и природных объектов, особенно там, где необходимо определять небольшие содержания элементов используется метод атомно-абсорбционной спектрометрии (Ермаченко, 1997). Методики атомно-абсорбционного определения разработаны более чем для 70 элементов (Al, Co, Mg, Mn, Cu, Ca, Cr, Pb, Sb, Fe, Ag, Ni, Hg, Cd, Bi и др.) (Плахова, 2001). Атомно-абсорбционный метод успешно применяется для определения содержания металлов в почвах, удобрениях, растениях, пищевых продуктах, табаке и других агрохимических материалах при содержании порядка 10^{-4} или $10^{-5}\%$.

Целью данной работы было исследование донных отложений рек Тульской области на содержание тяжелых металлов с использованием метода атомно-абсорбционной спектрометрии.

Пробы донных отложений отбирали согласно ГОСТ 17.1.5.01-80: из «чистых мест» отбирали из реки Непрядва и из реки Дон возле села Монастырщино (200 чел. населения) в месте слияния Непрядвы с Доном. В селе располагается мемориальный комплекс, посвящённый Куликовской битве. Далее отбор проб производили из Дона возле поселка Епифань (2241 чел. проживает). Основное предприятие поселка – спиртовой завод. Однако в 15 км расположен город Кимовск, в состав которого входят бывшие шахтёрские поселки, где с 1943 г. велась активная угледобыча на Кимовском угольном разрезе (добыча в 2001 г. составила 1 млн тонн). В настоящее время шахты и разрез закрыты. Кроме того, пробы отбирали из реки Воронка (левый приток реки Упы). Длина ее составляет 25 км. Воронка начинается к юго-западу от микрорайона Косая Гора г. Тулы, (здесь расположен Косогорский металлургический завод «КМЗ») и к западу от «Ясной Поляны» – усадьбы Л. Н. Толстого. ОАО «КМЗ» ведущий отечественный производитель ферромарганца, без которого невозможно современное сталелитейное производство. Отбор пробы также производили у города Белёв, который расположен на левом берегу Оки в 110 км к юго-западу от Тулы (численность населения: 13918 чел.). Основные предприятия города: завод «Трансмаш» и консервный завод (работает 1 цех).

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии определяли содержание металлов Ni, Cu, Zn, Pb (Захария и др., 1994). Атомно-абсорбционный спектральный анализ заключается в том, что исследуемое вещество вводят в газовое пламя (для пламенного атомизатора), одновременно пламя освещают светом с непрерывным спектром, например от лампы накаливания или от трубки с по-

лым катодом (газоразрядная трубка, в спектре которой наблюдаются линии элементов, входящие в состав материала катода). В полученном спектре интенсивность света в области характеристических частот будет меньше интенсивности ближайших соседних участков спектра. Ослабление интенсивности в области характеристических частот измеряют при помощи фотоэлектрической установки. Между ослаблением интенсивности линии, характерной для данного элемента, и концентрацией этого элемента в исследуемой пробе наблюдается линейная зависимость. В атомно-абсорбционной спектрометрии практически полностью исключена возможность наложения линий различных элементов, так как в условиях атомно-абсорбционного анализа число линий в спектре значительно меньше, чем в эмиссионной спектроскопии. Методом атомно-абсорбционной спектрометрии можно определять 60–70 элементов, главным образом металлов. Ввиду того, что объем пробы составляет всего 10–200 мкл, этим методом можно определять очень малые абсолютные количества — вплоть до нескольких фемтограммов.

Первичная подготовка проб к анализу проводилась по ГОСТ 17.4.4.02-84. При необходимости пересчитывали массу воздушно-сухой пробы на массу абсолютно-сухой пробы, определив массовую долю гигроскопической влаги в пробе. Извлечение кислорастворимых форм элементов (медь, свинец, цинк, никель) проводили с использованием раствора азотной кислоты 5 моль/л³. Приготовленные пробы анализировали в соответствии с РЭ спектрометра с обязательным предварительным отжигом графитовой кюветы и оценкой ее чистоты. Были построены графики градуировочной зависимости для каждого определяемого элемента.

Полученные результаты сопоставляли с ориентировочно допустимыми концентрациями (ОДК) химических веществ в почве согласно Гигиеническим нормативам 2.1.7.2511-09 (табл.). Анализ выявил превышение ОДК свинца в донных отложениях реки Воронка в районе «Ясной Поляны» более чем в 2,5 раза и в донных отложениях реки Дон более чем в 10 раз в районе поселка Епифань. По степени воздействия на живые организмы свинец отнесен к классу высокоопасных веществ наряду с мышьяком, кадмием, ртутью, селеном, цинком, фтором и бенз(а)пиреном (ГОСТ 17.4.1.02-83). Опасность свинца для человека определяется его значительной токсичностью и способностью накапливаться в организме. Концентрации остальных металлов донных отложений не превышали ОДК.

Таблица

Концентрация тяжелых металлов в донных отложениях рек

Металл	Содержание металлов в донных отложениях, мг/кг					ОДК для почв по ГН 2.1.7.2511-09
	Р. Дон с. Монастырчино	Р. Ока г. Белев	Р. Воронка Ясная Поляна	Р. Дон пос. Епифань	Р. Непрядва	
Цинк	9±2	37±8	0,1±0,1	70±10	60±10	220
Медь	0,9±0,2	17±4	0,041±0,009	16±3	0,8±0,2	132
Никель	0,9±0,2	12±2	16±3	12±2	0,43±0,09	80
Свинец	36±7	22±5	300±60	1600±300	0,11±0,02	130

Известно, что реки и озера могут загрязняться свинцом как при смывании минералов свинца (галенит, англезит, церуссит), так и антропогенным путём (сжигание угля, применение тетраэтилсвинца в топливе, сбросы фабрик по рудообогащению, сточные воды с шахт и металлургических заводов). По-видимому, повышенное содержание свинца в донных отложениях реки Воронки обусловлено загрязнением стоками Косогорского металлургического завода, а в случае реки Дон в районе поселка Епифань – сточными водами с угольного разреза Кимовского района.

Литература

Бейзель Н. Ф., Корда Т. М., Федоров В. И. Атомно-абсорбционное определение металлов в клинических объектах // Аналитика Сибири и Дальнего Востока-2000: Тезисы докладов. VI конф. Новосибирск, 2000. С. 142–143.

Ермаченко Л. А. Атомно-абсорбционный анализ в санитарно-гигиенических исследованиях / Под ред. Л. Г. Подуновой. М.: Чувашия, 1997. 208 с.

Захария А. Н., Чеботарев А. Н., Шериф Буктит М., Нестерова Л. И. Экстракционно-атомно-абсорбционное определение свинца, кадмия и цинка в природных водах // Укр. хим. ж. 1994. Т. 60. № 9–10. С. 692–695.

Плахова Л. В. Химико-аналитическое обеспечение контроля тяжелых металлов биологических сред в ходе социально-гигиенического мониторинга: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Мытищи (Моск. обл.), 2001. 23 с.

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВИЯ СТОЧНЫХ ВОД ЭНЕРГЕТИКИ, ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И КОММУНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА НАСЛЕДСТВЕННУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ

Г. П. Дудин, М. С. Булдакова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
buldackova.marinasergeevna@yandex.ru*

Вода – ценнейший природный ресурс. Она играет исключительную роль в процессах обмена веществ, составляющих основу жизни. Общеизвестна необходимость её для бытовых потребностей человека, всех растений и животных.

Много воды потребляют химическая промышленность, развитие энергетики также приводит к резкому увеличению потребности в воде. Значительное количество воды расходуется на бытовые потребности населения. Большая часть воды после её использования для хозяйственно-бытовых нужд возвращается в реки в виде сточных вод. Один из основных источников загрязнения и засорения водоёмов является недостаточно очищенные сточные воды промышленных и коммунальных предприятий (Николайкин и др., 2003).

Помимо отходов, образующихся в результате деятельности населения и предприятий, к сточным водам относятся также воды, образование которых стало следствием выпадения различных атмосферных осадков на территории объектов промышленности и населенных пунктов. Различные органические вещества, содержащиеся в стоках, при попадании в водоемы вызывают ухуд-

шение их санитарного состояния водоемов и становятся источниками распространения болезнетворных бактерий вод (Микрюков, Широков, 2005).

В связи с этим рассматривается взаимосвязь двух научных направлений: генетики и экологии, при воздействии химических агентов на высшие растения. В качестве тест-системы используется культура ярового ячменя, который характеризуется рядом биологических преимуществ перед другими видами растений: диплоидной природой, небольшим числом хромосом и самоопылением.

Цель работы – изучить действие сточных вод промышленных и коммунальных предприятий и их компонентов на растения ячменя.

Задачи: 1. Выявить изменения Waxy-генов пыльцевых зерен ячменя под действием отобранных проб воды открытых водоемов;

2. Определить частоту и спектр хлорофилльных мутаций ячменя во втором поколении.

Методика выявления изменений Waxy-генов в пыльцевых зёрнах разработана Г. Эриксоном в 60-х годах XX века и улучшена Е. Р. Виленским и Б. К. Щербаковым (1985). Для определения генетического действия изучаемых факторов семена ячменя линии Waxy замачивали в отобранных пробах воды за один день до посева. Растения выращивали в полевых условиях на опытном поле Вятской ГСХА. В период созревания пыльников колосья с главных стеблей срезали и фиксировали в 70%-м этиловом спирте. Пыльцевые зерна просматривали под микроскопом.

Для определения частоты и спектра хлорофилльных мутаций ячменя, во втором поколении (M_2) посейно высевали семена с главного колоса растений первого поколения на рядок длиной 1 м, расстояние между рядками – 15 см. На протяжении всего периода вегетации выделяли семьи с хлорофилльными мутациями по классификации, разработанной Ю. Калам, Т. Орав, 1974. По мнению ряда авторов (Калам, Орав, 1974; Володин, Мостовиков, 1984) хлорофилльные мутации являются индикатором мутагенной эффективности физических факторов. Хлорофилльные мутации связаны с нарушением образования хлорофилла и возникают в результате изменения генов, расположенных в разных местах хромосом.

Схема опыта: 1. Дистиллированная вода (контроль); 2. Оз. Ильинское; 3. Р. Вятка выше сброса сточных вод; 4. Р. Вятка ниже сброса сточных вод; 5. Оз. Ивановское; 6. Протока оз. Ивановского; 7. Оз. Березовое.

Химический анализ отобранных проб воды из рассматриваемых вариантов выявил максимальные концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) в пробах воды в озере Березовом: по нитрат-ионам, ионам-аммония и мышьяку с превышением предельно-допустимой концентрации (ПДК).

Таблица 1

Частота Waxy – мутаций в пыльцевых зернах ячменя

Варианты опыта	Число пыльцевых зерен, шт.		Частота Waxy – мутаций, $p \pm Sp$, %
	Просмотрено	Мутантных	
Дистиллированная вода	100350	33	$0,033 \pm 0,0057$
Озеро Ильинское	72750	22	$0,030 \pm 0,0064$
Река Вятка выше сброса ст. вод	63000	35	$0,056 \pm 0,0094^*$

Варианты опыта	Число пыльцевых зерен, шт.		Частота Waxy – мутаций, $p \pm Sp$, %
	Просмотрено	Мутантных	
Река Вятка ниже сброса ст. вод	68000	20	0,029 $\pm$ 0,0066
Озеро Ивановское	74500	22	0,030 $\pm$ 0,0063
Протока оз. Ивановского	77500	26	0,034 $\pm$ 0,0066
Озеро Березовое	57450	79	0,140 $\pm$ 0,0155***

Примечание:* – уровень вероятности $P > 0,95$; *** – уровень вероятности $P > 0,999$.

Цитологический анализ и статистическая обработка данных выявила существенные отклонения частоты Waxy-мутаций у некоторых вариантов опыта от контроля (табл. 1).

В варианте «река Вятка выше сброса сточных вод» частота Waxy-мутаций составила 0,055%, что больше контроля в 1,7 раз. Из 63000 просмотренных пыльцевых зерен 35 шт. были с мутацией в локусе Waxy.

В варианте «озеро Березовое» было проанализировано 57450 пыльцевых зерен, в том числе 79 шт. – мутантных. При этом частота Waxy-мутаций составила 0,140% , что в 4,4 раза было выше контроля.

В остальных вариантах значение частоты Waxy – мутаций в пыльцевых зернах, была на уровне контроля.

Были отмечены мутации типа: *albina* – белые листья, *albovirescens* – белое растение приобретает нормальный зеленый цвет, *claroviridis* – светло-зеленый, *viridostriata* – чередуются продольные зеленые и бледно-зеленые полосы, *viridoxanthostriata* – чередуются продольные зеленые и желтые полосы, *viridovirescens* – бледно-зеленое растение приобретает нормальный зеленый цвет, *viridissima* – темно-зеленое листья, *xanthamarginata* – края листьев желтые, *xanthoviridis* – пластинка зеленая, верхушка желтая.

В контрольном варианте ярового ячменя сорта Изумруд обнаружена одна семья с мутацией *viridoxanthostriata* – чередуются продольные зеленые и желтые полосы. Наибольшее разнообразие мутаций получено в варианте «оз. Березовое», где встречаются до восьми типов мутантов. Данный вариант был получен при обработке семян ячменя водой из озера Березового расположенного вблизи завода минеральных удобрений.

Самые распространенные хлорофилльные мутации – *viridoxanthostriata*, *viridostriata* встречаются во всех вариантах опыта. В вариантах: «протока оз. Ивановского» и «оз.Березовое» наблюдались мутации типа *albina* (рис. 1).

Хлорофилльные мутации ячменя были выделены во всех вариантах опыта, частота их достоверно превысила контроль, кроме варианта озеро Ильинское, которое находится вдали от очага антропогенной деятельности (табл. 2).

Наименьшая частота хлорофилльных мутаций 0,735 % отмечена в варианте «дистиллированная вода». В варианте «озеро Березовое», наблюдалась наибольшая частота хлорофилльных мутаций 6,796%, что больше контроля в 9,2 раза.

Частота хлорофилльных мутаций в М₂, 2014 г.

№ п/п	Вариант	Проанализ. семей	Число семей с мутациями	Частота хлорофилльных мутаций ($p \pm Sp$), %
1	Дистиллированная вода	136	1	0,735 $\pm$ 0,73
2	оз. Ильинское	201	2	0,995 $\pm$ 0,70
3	р. Вятка выше сброса сточных вод	190	7	3,684 $\pm$ 1,37*
4	р. Вятка ниже сброса сточных вод	182	7	3,846 $\pm$ 1,43*
5	оз. Ивановское	155	6	3,871 $\pm$ 1,55*
6	Протока оз. Ивановского	188	8	4,255 $\pm$ 1,47*
7	оз. Березовое	206	14	6,796 $\pm$ 1,75**

Примечание:* – уровень вероятности $P > 0,95$; ** -уровень вероятности $P > 0,99$.

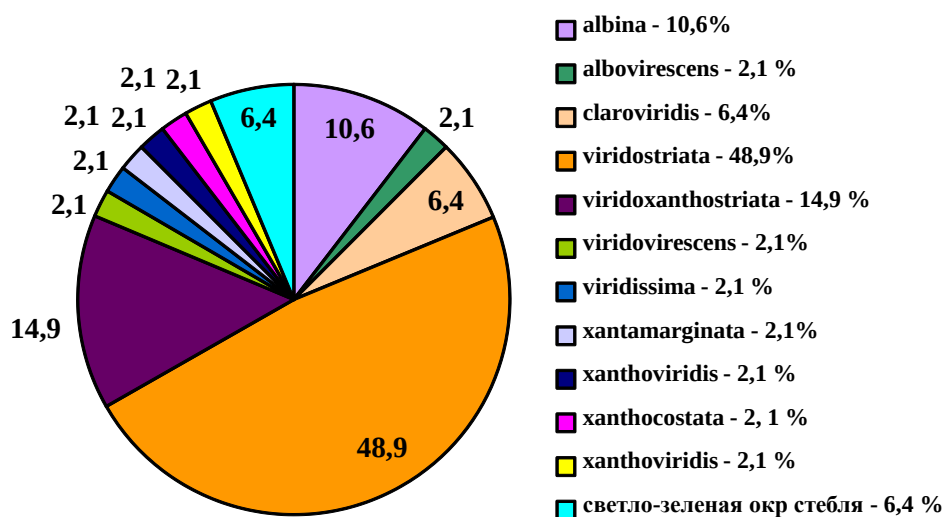


Рис. Спектр хлорофилльных мутаций ячменя сорта Изумруд во втором поколении, %

Таким образом, в ходе проведения полевого опыта были выявлены существенные отклонения от контроля частоты *Waxy* – мутаций в пыльцевых зернах ячменя и частоты хлорофилльных мутаций растений ячменя сорта Изумруд во втором поколении.

Наблюдалось достоверное увеличение частоты мутаций *Waxy*-гена ячменя при замачивании семян в вариантах: «река Вятка выше сброса сточных вод» и «озеро Березовое».

Во всех вариантах опыта встречались самые распространенные хлорофилльные мутации – *viridoxanthostriata*, *viridostriata*. В варианте озеро Березовое, наблюдалась наибольшая частота хлорофилльных мутаций – 6,796%.

Индукцированный мутагенез сельскохозяйственных растений в настоящее время широко используется в мировой практике растениеводства в целях повышения изменчивости хозяйственно-ценных признаков у возделываемых культур и создания исходного материала для селекции.

Литература

- Вольф В. Г. Статистическая обработка опытных данных. М.: Колос, 1966. 253 с.
Калам Ю. И., Орав Т. А. Хлорофилльная мутация. Таллин: Валгус, 1974. 59 с.
Микрюков Л. Е., Широков В. С. Промышленная экология: Учебное пособие для вузов / Под ред. В. В Денисова. М.; Ростов н/Д.: МарТ, 2007. 326 с.
Николайкин Н. И. Николайкина Н. Е., Мелехова О. П. Экология. М.: Дрофа, 2003. 328 с.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ ИЗ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО И КИЛЬМЕЗСКОГО РАЙОНОВ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

М. В. Хорошавина, Е. С. Соловьёва

*Вятский государственный гуманитарный университет,
horoshavina-mari@mail.ru*

Подземные воды, также как и поверхностные, имеют огромное значение в водоснабжении Кировской области. Они являются источником питьевого, хозяйственно-бытового и технического водоснабжения.

Экологические проблемы стали неотъемлемой частью жизни современного человека и общества. Многие исследователи стремятся решать проблемы охраны окружающей среды, используя сугубо научный подход – проводя различные опробования воды, почв, воздуха, дна водоемов и т.д.

Цель работы – определение цветности, запаха, сухого остатка, кислотности, содержания грубодисперсных примесей, тяжелых металлов в пробах воды из наблюдательной скважины полигона хранения и захоронения промышленных сточных вод Кирово-Чепецкого химического комбината (КЧХК) и р. Осиновка.

Объекты исследования располагались в зоне воздействия потенциально опасных источников загрязнения водных объектов, негативного влияния на растительный, животный мир и человека. Один из объектов (наблюдательная скважина № 15005) находится на территории полигона хранения и захоронения промышленных отходов предприятия – Кирово-Чепецкого химического комбината. Все объекты хранения и захоронения отходов попадают в водоохранную зону р. Вятка, на которой ниже по потоку расположен водозабор, обеспечивающий хозяйственно-питьевое водоснабжение г. Кирова. Второй объект – поверхностный водоток – р. Осиновка, находящийся в районе расположения Кильмезского захоронения пестицидов и ядохимикатов.

Цветность воды определялась визуально на фоне белого листа бумаги. В ходе анализа выяснилось, что вода из наблюдательной скважины № 15005 бесцветная, прозрачная, а вода из реки Осиновка имеет желтоватый оттенок. Это обусловлено тем, что в реке присутствует большое количество песка, глины и прочих взвесей органического происхождения.

Запах воды определялся при 20 °С и 60 °С по пятибалльной шкале, слабый (землистый).

Результаты определения содержания грубодисперсных примесей показывают, что их количество в обеих пробах составляет 1,0 г/л. К грубодисперсным

примесям можно отнести вещества, вымываемые из почв и грунтов, и поступающие в природную воду.

Определение общей кислотности проб воды проводили титриметрическим методом. Общая кислотность в пробах воды скважины № 15005 составила 0,0014 г-экв/л, в пробах воды р. Осиновка – 0,0006 г-экв/л.

Определение сухого остатка выполнялось гравиметрическим методом. По результатам анализа можно сделать вывод, что проба воды из Кирово-Чепецкого района (1800 мг/л) – минерализованная (сухой остаток свыше 1000 мг/л), а из Кильмезского района (600 мг/л) – пресная (до 1000 мг/л).

Для определения содержания тяжелых металлов в пробах воды применяли метод пламенной атомно-адсорбционной спектроскопии.

Проводилось определение содержания тяжелых металлов в водных образцах (табл.). Результаты химического анализа показали, что среди тяжелых металлов наблюдается превышение норм предельно допустимых концентраций (ПДК) в пробах воды скважины № 15005 по содержанию свинца (Pb) и кадмия (Cd); в пробах воды р. Осиновка по содержанию меди (Cu), цинка (Zn) и никеля (Ni).

Таблица

**Содержание тяжелых металлов в водных объектах
Кирово-Чепецкого и Кильмезского районах Кировской области, мг/л**

Химический элемент	ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01*	Кирово-Чепецкий район Подземная вода		ПДК-рыбхоз	Кильмезский район Поверхностная вода	
		Проба №1	Проба №2		Проба №1	Проба №2
Cu	1,0	0,055±0,009	0,040±0,006	0,001	0,063±0,010	0,039±0,006
Zn	5,0	0,090±0,023	0,075±0,019	0,01	0,200±0,052	0,046±0,012
Pb	0,03	0,037±0,008	0,076±0,017	0,1	0,046±0,011	0,057±0,013
Cd	0,001	0,007±0,001	0,009±0,002	0,5	0,009±0,002	0,010±0,002
Ni	0,1	0,025±0,007	0,000±0,000	0,01	0,042±0,012	0,038±0,011

* Сравнение с ПДК по СанПиН 2.1.4.1074-01 взято из бюллетеня КОГБУ «ВятНТИЦМП»

Содержание свинца превышает нормы ПДК в 2,5 раз в пробах воды из скважины в Кирово-Чепецком районе. Содержание цинка в 20 раз превышает нормы ПДК_{рыбхоз} в реке Осиновка Кильмезского района. Все это говорит об экологическом неблагополучии данных водных объектов.

Литература

Информационный бюллетень состояния недр территории Кировской области. КОГБУ «ВятНТИЦМП», 2014.

СанПин 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

Стойкова Е. Е., Медянцева Э. П., Евтюгин Г. А. Гидрохимический анализ. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2010. 49 с.

БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. КАШИН ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

К. В. Миронова, О. А. Савватеева

*Международный университет природы, общества и человека «Дубна»,
kseniya06041993@mail.ru, ol_savvateeva@mail.ru*

Биоиндикация – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений. В настоящее время при интенсивной урбанизации и росте антропогенной нагрузки исследование городской среды методом биоиндикации является необычайно актуальным.

Целью исследования является оценка экологического состояния атмосферного воздуха г. Кашин – административного центра Кашинского района в восточной части Тверской области. Город расположен на обоих берегах реки Кашинки, при впадении в нее рек Вонжи и Маслятки, в 12 км от впадения Кашинки в Волгу, в 145 км к северо-востоку от областного центра – города Твери. Площадь города около 12 кв.км. Население города составляет около 15 тысяч жителей. Крупных предприятий в городе нет, но имеются производства по переработке местного сельскохозяйственного сырья. Важнейшую роль играет ООО «Санаторий Кашин», функционирующий на базе местных минеральных вод. Городское поселение г. Кашин находится вдали от основных автотранспортных коридоров федерального значения, но через город проходят важные региональные автомобильные дороги, обеспечивающие связь с центром области и соседних муниципальных районов (Кошелевский, 1975).

Оценка экологического состояния атмосферного воздуха на территории г. Кашин проводилась на основе анализа флуктуирующей асимметрии листовых пластин древесных и травянистых видов растений. Флуктуирующая асимметрия – количественная характеристика стабильности индивидуального развития у билатерально-симметричных живых организмов, определяется исходя из различий счетных признаков по разным сторонам. Величина флуктуирующей асимметрии оценивается с помощью интегрального показателя – величины среднего относительного различия по признакам.

Исследуемыми растениями были выбраны береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), клевер гибридный (*Trifolium hybridum* L.), поскольку территория г. Кашин относится к зоне широколиственных лесов.

Сбор материала проводился в 30 точках по равномерной сети, охватывающей всю территорию города и все функциональные зоны. С одного вида растения было отобрано 25 листьев, примерно одного, среднего для данного вида

размера. В отобранных образцах была измерена длина жилок на листьях справа и слева. Коэффициент флуктуирующей асимметрии определялся по формуле,

предложенной В.М. Захаровым:
$$\delta_d^2 = \frac{\sum (d_{l-r} - M_d)^2}{n-1}, \text{ где } M_d = \frac{\sum d_{l-r}}{n}$$
 – сред-

нее различие между сторонами; $d_{l-r} \cdot \frac{2(d_l - d_r)}{d_l + d_r}$ – различие значений признаков между левой (l) и правой (r) сторонами; n – число выборок. Также был определен интегральный коэффициент, как среднее арифметическое по всем данным. (Захаров и др., 2000)

Картирование распределения коэффициента флуктуирующей асимметрии по всем видам растений и интегрального показателя выполнено с использованием программного пакета Surfer по методу Кригинга, поскольку точки пробоотбора распределены по территории достаточно равномерно (рис. 1), расстояние между ними в пределах 500 м, разброс значений коэффициента флуктуирующей асимметрии невелик, распределение значений близко нормально, что было подтверждено статистическими исследованиями.

Ранжирование и шкалирование результатов выполнено по методу, предложенному О. А. Макаровым (2002) для оценки степени нарушения стабильности развития экосистемы. По результатам частотного анализа распределения коэффициента флуктуирующей асимметрии можно предложить выделить следующие 3 уровня (из 5 возможных) состояния окружающей среды (рис. 2) (Савватеева, Миронова, 2014):

- оптимальные условия среды (1 уровень) – значения коэффициента флуктуирующей асимметрии не превосходят 0,0065;

- допустимые условия среды (2 уровень) – значения коэффициента флуктуирующей асимметрии варьирует в интервале 0,0065–0,0085;

- условия среды с некоторыми отклонениями от нормы (3 уровень) – значения коэффициента флуктуирующей асимметрии превосходят 0,0085.

Уровни с условиями среды с отклонениями от нормы (4 уровень) и с условиями среды с большим числом отклонений от нормы (5 уровень) выявлены не были.

По результатам биоиндикационных исследований территории г. Кашин можно сделать ряд выводов.

Экологическая обстановка на территории г. Кашин достаточно однородна. Основная часть территории г. Кашин характеризуется оптимальными условиями окружающей среды, то есть не наблюдается угнетения естественных и антропогенных биоценозов, нарушений состояния здоровья из-за влияния окружающей природной среды, а также нарушений природных сфер и их функционального равновесия. Сглаженная обстановка на территории г. Кашин подтверждается также исследованием по воздействию автотранспорта и исследованием по содержанию тяжелых металлов в травянистом покрове (Савватеева, Миронова, 2014; Миронова, Савватеева, 2015).

На востоке территории города Кашин выделяется участок, характеризующийся допустимыми условиями окружающей среды, скорее всего обусловленный преобладающим юго-западным направлением ветра. Здесь естественное равновесие если и нарушено, то характеризуется обратимым характером.

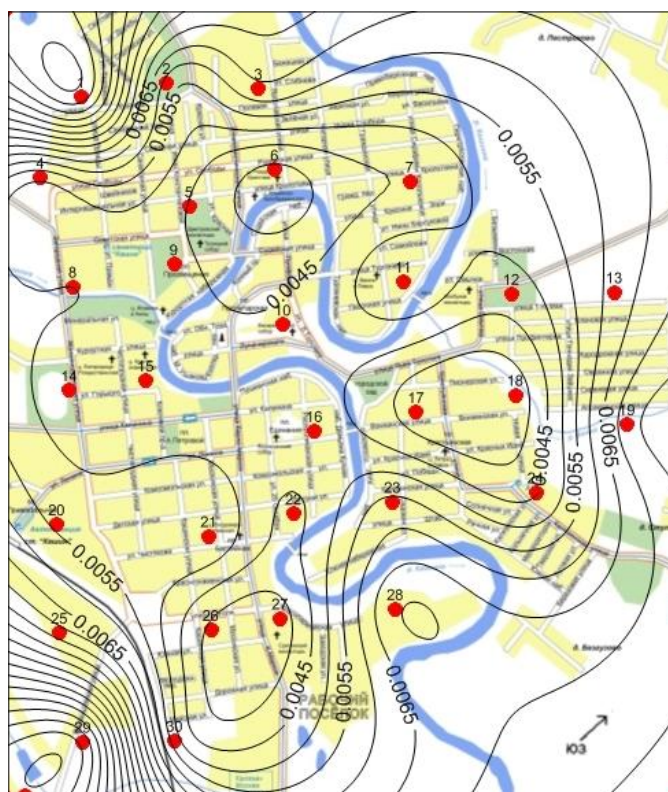


Рис. 1. Картограмма распределения интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии

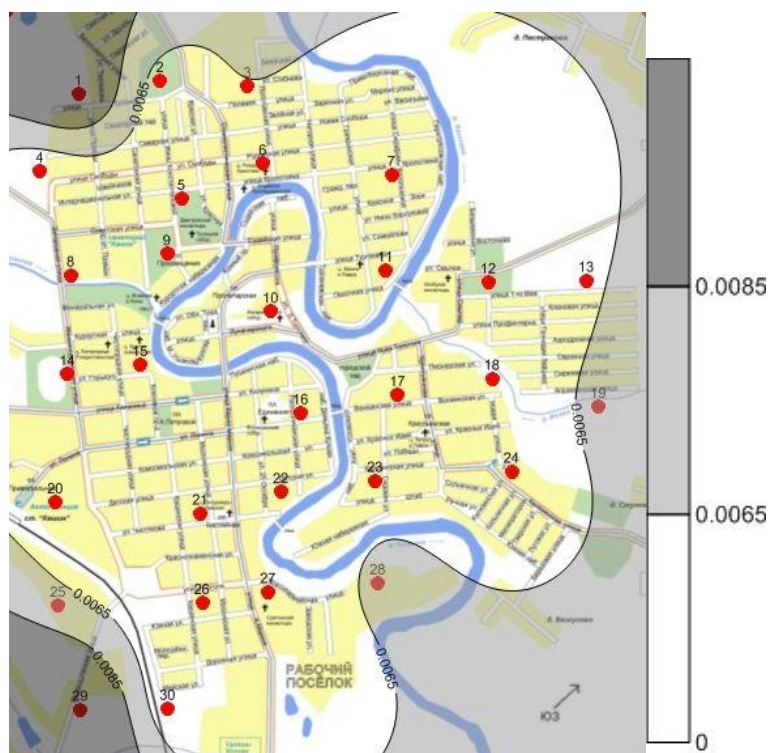


Рис. 2. Картограмма уровней состояния окружающей среды г. Кашина по интегральному коэффициенту флуктуирующей асимметрии

Особое внимание на территории г. Кашин следует уделить двум участкам: на крайнем северо-западе и юго-западе с условиями среды с некоторыми отклонениями от нормы. Оба участка одинакового небольшого по площади размера. Предположительно присутствие этих участков можно объяснить сельскохозяйственными территориями и влиянием железнодорожного полотна на юго-западе и территорией садового товарищества и кладбища на северо-западе. (Миронова, 2014)

В целом состояние окружающей среды на территории города можно охарактеризовать как оптимальное для проживания населения и растительного и животного мира. Территория пригодна для рекреационного и санаторно-курортного использования. На территориях с пониженным качеством среды можно предложить организацию комплексного экологического мониторинга. Для улучшения и сохранения окружающей среды города Кашин необходимо усовершенствовать методы ведения сельского хозяйства, обеспечить предприятия более современным оборудованием и системами инженерной охраны окружающей среды.

Литература

Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000.

Кошелевский В. Н. Кашин и его курорт. М.: Московский рабочий, 1975. 200 с.

Макаров О. А. Состояние почвы как объект экологического нормирования окружающей природной среды: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: 2002.

Миронова К. В. Биоиндикационные исследования территории г. Кашин. Рук. доц. Савватеева О.А. // Бакалавр. раб. Дубна: ун-т «Дубна», 2014.

Миронова К.В., Савватеева О.А. Анализ травянистого покрова территории г. Кашин. – М.: Академия естествознания, 2015. <http://www.scienceforum.ru/2015/pdf/9641.pdf>.

Савватеева О. А., Миронова К. В. Состояние атмосферного воздуха г. Кашин // Бъдещетовъпроси от света на науката: Материали за 10-а международна научна практична конф. София. «Бял ГРАД-БГ» ООД., 2014. С. 14–17.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПО МАТЕРИАЛАМ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ В РАЙОНЕ УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ (ОУХО) «МАРАДЫКОВСКИЙ»

Г. Я. Кантор^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}, А. С. Тимонов¹, Ю. В. Новойдарский¹

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com

Регулярный контроль содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе уничтожения химического оружия (ОУХО) «Марадыковский» проводится лабораторией производственного экологического мониторинга объекта начиная с сентября 2006 г. Непрерывный контроль осуществляется тремя автоматизированными стационарными постами контроля (АСПК), расположен-

ными на окраинах населенных пунктов пгт. Мирный, д. Брагичи и д. Быстряги. Отбор проб воздуха на границах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) объекта производится ежедневно передвижной лабораторией контроля атмосферного воздуха (ПЛА) с наветренной и подветренной стороны от ОУХО. Лабораторный анализ проб осуществляется по следующим компонентам: оксиды азота (II) и (IV), углеводороды, оксид углерода (II), диоксид серы, взвешенные вещества, Vх, изобутиловый спирт, бенз(а)пирен, фосфаты.

В рамках инженерно-экологических изысканий были проанализированы материалы по определению максимальных разовых концентраций на границах СЗЗ за период с сентября 2006 г. по декабрь 2007 г., среднемесячных и максимальных разовых в течение месяца концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границах СЗЗ за период с мая 2011 по февраль 2013 гг.

За всё время наблюдений специфические загрязняющие вещества (компоненты химического оружия, продукты их химической или термической деструкции) в атмосферном воздухе в районе размещения ОУХО не обнаруживались. По данным лабораторных анализов, определяемые концентрации во всех случаях были меньше пределов обнаружения используемыми методиками химического анализа и значительно меньше предельно допустимых концентраций.

Фоновые концентрации общепромышленных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе размещения проектируемого полигона захоронения отходов ОУХО «Марадыковский» наиболее надежно могут быть определены из среднемесячных концентраций на границе санитарно-защитной зоны с наветренной стороны от объекта уничтожения химического оружия. Соответствующие результаты приведены в таблица 1.

Таблица 1

**Фоновые концентрации общепромышленных загрязняющих веществ
в атмосферном воздухе в районе размещения, проектируемого
полигона захоронения отходов объекта уничтожения химического оружия
«Марадыковский»**

№ п/п	Загрязняющее вещество	Фоновая концентрация, мг/м ³	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³ (*)	
			макс.-разовая	среднесуточная
1	Диоксид азота	0,00221±0,00003	0,085	0,04
2	Оксид азота	0,00245±0,00009	0,4	0,06
3	Оксид углерода	0,326±0,006	5	3
4	Диоксид серы	0,0060±0,0002	0,5	0,05
5	Взвешенные вещества	0,11±0,06	0,5	0,15
6	Углеводороды	4,12±0,16	5 (бензин)	1,5

* Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест / Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. М.: Минздрав России, 2003.

Результаты измерения концентраций на примере углеводородов в воздухе на границах СЗЗ ОУХО за период с марта 2011 по февраль 2013 гг. приведены на рисунке 1.

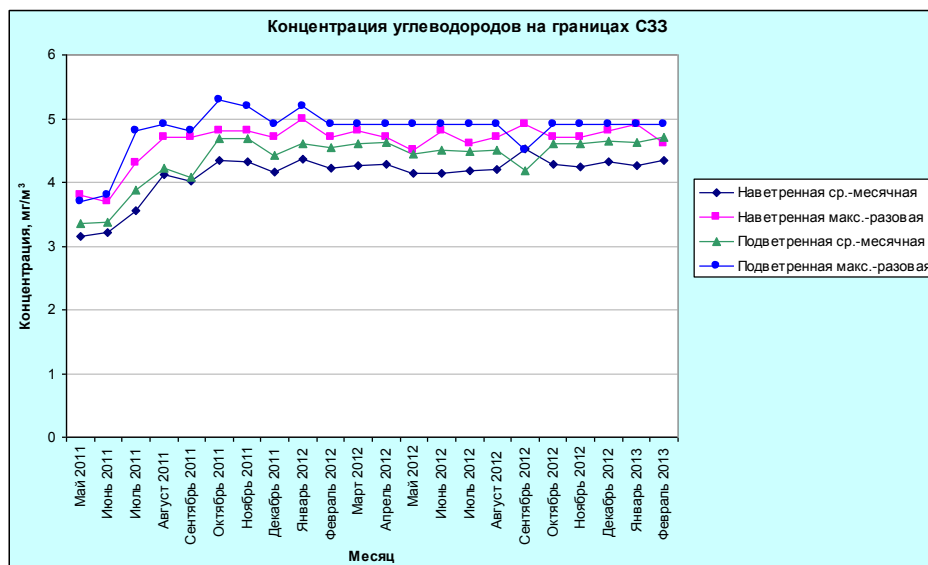


Рис. 1. Динамика концентрации углеводородов в воздухе на границах СЗЗ ОУХО за период с марта 2011 по февраль 2013 гг.

Дополнительной характеристикой уровня загрязнения атмосферного воздуха в районе ОУХО «Марадыковский» служат данные автоматических стационарных постов контроля (АСПК), расположенных на окраинах ближайших к объекту УХО населенных пунктов. Из всех имеющихся рядов наблюдений данные АСПК отличаются максимальным объемом материалов, полученных по единому регламенту в течение длительного времени (с сентября 2006 по февраль 2013 гг.). Результаты измерений концентраций на примере углеводородов в атмосферном воздухе на АСПК приведены на рисунке 2.

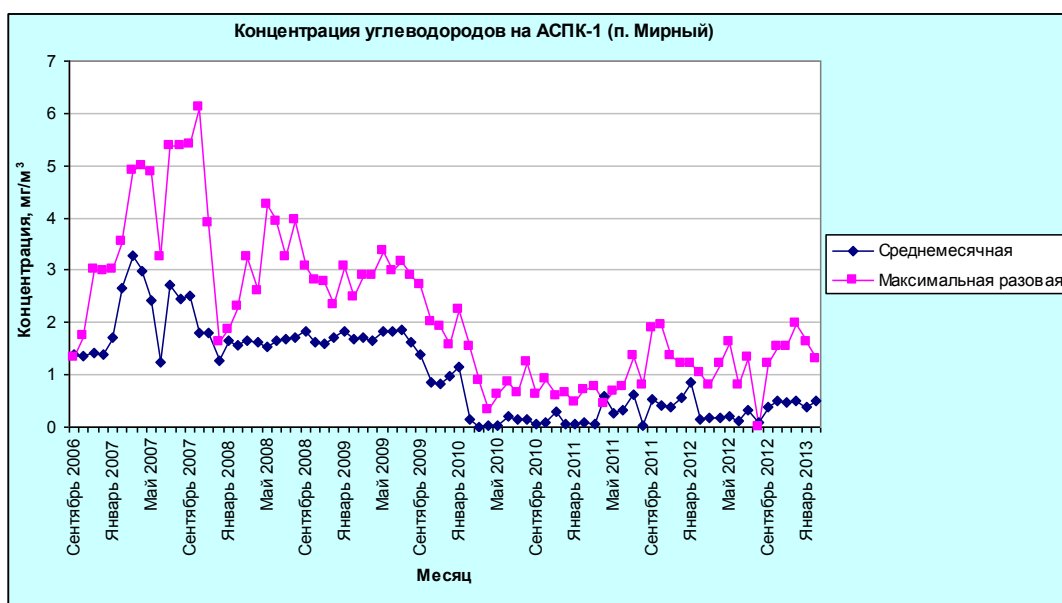


Рис. 2. Среднемесячные и максимальные разовые в течение месяца концентрации углеводородов, измеренные на АСПК п. Мирный

Следует отметить тот факт, что в феврале 2010 г. по данным всех трех автоматических постов контроля (п. Мирный, д. Брагичи и д. Быстряги) произошло резкое снижение концентрации углеводородов в атмосферном воздухе (табл. 2). Причиной данного явления, вероятно, может быть смена на объекте твердых видов топлива на жидкие, которое было проведено в 2010 г.

Таблица 2

**Значения концентрации углеводородов в атмосферном воздухе
за периоды сентябрь 2006 – январь 2010 гг. и февраль 2010 – февраль
2013 гг. по данным АСПК, мг/м³**

Период	АСПК-1 (0,82 км)		АСПК-2 (3,34 км)		АСПК-3 (0,39 км)	
	Средняя за период	средняя из максимальных за месяц	Средняя за период	средняя из максимальных за месяц	Средняя за период	средняя из максимальных за месяц
сентябрь 2006 – январь 2010	1,74	3,22	1,42	2,50	3,00	6,47
февраль 2010 – февраль 2013	0,27	1,04	0,38	1,03	0,36	1,16

Примечание: в заголовке указано кратчайшее расстояние от АСПК до железной дороги.

Анализ полученных материалов свидетельствует о том, что специфические загрязняющие вещества, связанные с технологическим процессом уничтожения химического оружия, в атмосферном воздухе на границах санитарно-защитной зоны отсутствуют (т.е. их концентрация не превышает пределов обнаружения используемыми средствами аналитического контроля).

Концентрации общепромышленных загрязняющих веществ, за исключением углеводородов, находятся в пределах санитарных норм для атмосферного воздуха населенных мест. Концентрация углеводородов стабильно превышает предельно допустимое среднесуточное значение, причем это превышение наблюдается как с подветренной, так и с наветренной стороны от ОУХО. Таким образом, кроме источников загрязнения атмосферного воздуха на самом объекте, источник загрязнения углеводородов может находиться и за пределами объекта хранения и уничтожения химического оружия. По всей вероятности, одним из постоянных источников углеводородов является железная дорога, использующая тепловозную локомотивную тягу и перевозящая большие объемы нефтепродуктов.

ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ БИОТЫ В РАЙОНЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПОЛИГОНА ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «МАРАДЫКОВСКИЙ»

*Е. А. Домнина, Т. Я. Ашихмина, Г. Я. Кантор, Е. М. Кардакова
Вятский государственный гуманитарный университет,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com*

В летний период 2015 года сотрудниками лаборатории биомониторинга ВятГГУ было проведено изучение состояния биоты в районе проектируемого полигона захоронения твердых промышленных отходов объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области.

Анализ фондовых материалов, результаты проведения полевых маршрутных исследований и описания растительности на ключевых участках в районе проектируемого полигона захоронения твердых промышленных отходов свидетельствуют о том, что растительный покров в радиусе 2 км от объекта уничтожения химического оружия представлен следующими растительными сообществами: хвойные леса (еловые, сосновые, смешанные), луга (злаково-разнотравные, разнотравно-злаковые), порослевые древесные сообщества разных стадий сукцессионного восстановления.

Основной зональный фон растительности на территории изысканий создают естественные еловые леса и их производные, которые составляют более 20%. Хвойные породы деревьев являются неустойчивы или малоустойчивы к регулярному атмосферному загрязнению.

Не покрытая лесом площадь занимает 50% от общей площади изысканий. Это, в основном, луговые сообщества, которые в настоящее время не используются (не выкашиваются и не стравливаются под выпас). Вследствие отсутствия хозяйственного использования они зарастают древесно-кустарниковой растительностью.

Фауна охотничьих зверей в районе исследования представлена более чем 20 видами. Анализ учётных данных, представленный Оричевским районным обществом охотников и рыболовов, показывает рост численности кабана, бобра, выдры и норки; уменьшение численности зайца-беляка, лося, белки, лисицы вследствие её естественных колебаний. Численность остальных охотничьих животных незначительно варьирует из года в год, что обусловлено состоянием кормовой базы, погодными условиями и рядом других факторов. Численность охотничьих видов птиц в целом по области является относительно стабильной.

По результатам биологических исследований для проектирования строительства полигона можно сделать следующие выводы:

1. Компоненты лесных насаждений имеют нормальное развитие, соответствующее конкретным лесорастительным условиям и возрастному состоянию древостоев.

2. Биологическое и санитарное состояние лесообразующих пород на большинстве ключевых участков является хорошим. Ухудшение санитарного состояния (усыхание и опадение хвои, оголение части веток) проявляется у сосны и ели на участках, расположенных в непосредственной близости от объекта уничтожения химического оружия. У берез, произрастающих напротив лабораторного корпуса, наблюдается снижение облиственности кроны.

3. Содержание общего фосфора в талломах лишайника *Nurodumnia phytodes* (L.) Nyl. увеличивается по мере приближения к объекту уничтожения химического оружия.

4. На обследуемой территории встречается 395 видов растений из 65 семейств. В районе изысканий сохраняется закономерность распределения семейств высших растений характерная в целом для области.

5. Выявленный видовой состав наземных позвоночных животных соответствует типичным фаунистическим комплексам южнотаежной подзоны с наличием характерных таежных видов при наличии отдельных представителей южной фауны европейских хвойно-широколиственных лесов

На основе проведённых исследований и полученных результатов рекомендуется в программу экологического мониторинга полигона захоронения отходов включить: наблюдение за состоянием лесного покрова, и, особенно, хвойных лесов в районе действующего объекта уничтожения химического оружия; оценку динамики биоразнообразия фитоценозов; определение содержания общего фосфора в лишайниках; определение плотности популяций некоторых позвоночных животных и изучение видового разнообразия позвоночных и беспозвоночных животных.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД И ОБЪЕКТОВ ЗА ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ «МАРАДЫКОВСКИЙ»

**Т. Я. Ашихмина^{1,2}, Г. Я. Кантор^{1,2}, Е. В. Дабах^{1,2,3},
А. С. Тимонов¹, Ю. В. Новойдарский¹**

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
ecolab2@gmail.com

Объект уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области введён в эксплуатацию 8 сентября 2006 г. За период его действия (8 лет) уничтожено 99% запасов химического оружия, хранившегося на арсенале.

Для анализа происходящих изменений природной и техногенной среды за период эксплуатации объекта уничтожения химического оружия «Марадыковский» в Кировской области были использованы фондовые материалы: специально уполномоченных государственных (федеральных и региональных) и муниципальных органов власти и специализированных организаций; ежегодные отчёты Регионального центра государственного экологического

контроля и мониторинга по Кировской области с 2006–2014 гг.; материалы производственного экологического контроля и мониторинга на объекте хранения и уничтожения химического оружия с 2006 по 2014 гг.; отчёты лаборатории биомониторинга ВятГГУ по проектам: «Инженерно-экологические изыскания для проектирования ОУХО по программе уничтожения химического оружия в Кировской области» (1999 г.), «Оценка воздействия строительства и эксплуатации объекта 1726 на окружающую среду» (2000 г.), «Экологическое обследование мест хранения, бывшего и планируемого уничтожения химического оружия на территории Оричевского района Кировской области».

Кроме того, по программе инженерно-экологических изысканий в летне-осенний период 2014 года проведены полевые обследования территории на территории санитарно-защитной зоны в радиусе 2 км от объекта.

На основе анализа фондовых материалов, по результатам полевого обследования отмечено, что за период строительства и эксплуатации объекта УХО территория вблизи проектируемого полигона подверглась изменению вследствие изъятия грунта, вырубки леса, планировки местности, движения транспорта, строительства дамб и дорог. Проводилась расчистка леса вокруг ОУХО с вырубкой подлеска. Наблюдалось постепенное зарастание ранее существовавших просек. Сохранились следы ветровалов.

Почвенный покров в районе проектируемого полигона захоронения твердых промышленных отходов в радиусе 2000 м неоднородный, в его составе распространены следующие почвы:

- подзолистые и дерново-подзолистые с разной степенью оподзоленности, местами оглеенные, преимущественно песчаного и супесчаного гранулометрического состава;
- дерново-глеевые и дерново-карбонатные почвы легко- и среднесуглинистые в том числе оподзоленные,
- болотные низинные перегнойно-торфяно-глеевые и аллювиальные болотные почвы;
- нарушенные и техногенные почвы.

Благоприятность для проживания населения на какой-либо территории оценивается как по уровню техногенного воздействия, так и по устойчивости природного комплекса к этому воздействию. На территории СЗЗ ОХУХО «Марадыковский» по устойчивости к загрязнению преобладают почвы, относящиеся к неустойчивым и малоустойчивым, площади таких почв достигают 67%. При близком уровне залегания грунтовых вод опасность загрязнения их велика вследствие низкой поглонительной способности почв и высокой водопроницаемости.

Сплошное распространение почвенного покрова нарушено строительными работами, прокладкой ЛЭП, автомобильных дорог, дренажных систем, полосы отчуждения вокруг ОХУХО, торфоразработками. Местами территория захламлена. Физическая деградация почв проявляется также в переуплотнении почв вдоль многочисленных грунтовых дорог.

Анализ отчётов государственного экологического контроля и мониторинга, производственного контроля и мониторинга на объекте за период с 2006 по

август 2014 гг. свидетельствует о том, что в радиусе 2-х км вокруг планируемого полигона захоронения отходов объекта «Марадыковский» (в пос. Мирный Кировской области) в период с 2006 по август 2014 гг. отравляющие вещества и продукты их деструкции во всех исследуемых пробах атмосферного воздуха, почв, снежного покрова, воды эксплуатационных и наблюдательных скважин, колодцев не обнаружены.

Содержание общепромышленных загрязняющих веществ в отобранных пробах атмосферного воздуха не превышали установленных нормативов и фоновых показателей. Показатели, определяемые в пробах снега за период эксплуатации объекта варьировали незначительно.

В пробах воды эксплуатационных скважин, отобранных в зоне возможного влияния объекта УХО «Марадыковский» в период с 2006 по 2013 гг., содержание общепромышленных загрязняющих веществ не превышало установленных нормативов за исключением проб воды из двух эксплуатационных скважин (д. Быстряги и пгт. Мирный), где содержание фторид-ионов незначительно превышало ПДК в 1,7 и в 1,6 раза соответственно). Вероятно, это связано с относительно высоким природным содержанием фторид-ионов в водоносном горизонте.

В пробах грунтовых вод из наблюдательных скважин отмечено повышенное содержание железа; повышенные мутность, цветность, химическое потребление кислорода (ХПК), биологическое потребление кислорода (БПК) как до начала действия объекта УХО, так и во время его эксплуатации.

В пробах воды отдельных колодцев, отобранных в зоне возможного влияния объекта УХО в период с 2006 по 2013 гг., отмечались повышенные показатели по цветности, перманганатной окисляемости, химическому потреблению кислорода (ХПК); превышение допустимых концентраций по содержанию железа в 1,3–2,87 раза, нитрат-ионов в 1,78–2,4 раза.

По результатам Государственного экологического контроля и мониторинга за весь период уничтожения химического оружия на 12 участках мониторинга было отмечено превышение установленных нормативов по содержанию мышьяка в почвах.

При определении фосфора в почвах возникли некоторые методические несоответствия. В почвах Кировской области общее содержание фосфора варьирует от 100 до 600 мг/кг и более в зависимости от типа почв. Результаты полученные методом рекомендованным для мониторинга почв на объектах несопоставимы с данными, полученными по общепринятым методикам

Концентрации фосфора общего в пробах почв, отобранных в период с 2006 по 2014 гг. в радиусе 2-х км вокруг планируемого строительства полигона захоронения отходов объекта «Марадыковский», колеблются от 0,2 мг/кг до 45,6 мг/кг, однако они несопоставимы с имеющимися по Кировской области данными (100 до 600 мг/кг и более в зависимости от типа почв), так как определялись разными методами.

Концентрации остальных определяемых компонентов в пробах почв в 2013 г. соответствует их содержанию в 2006 г. до начала функционирования объекта.

По результатам обследования состояния природного комплекса даны следующие рекомендации:

1. Не использовать при проведении работ по рекультивации территории снятый с площадки грунт, представляющий собой маломощный слой лесной подстилки и неплодородный подзолистый горизонт.

2. При проведении работ по программе ликвидации последствий деятельности объекта уничтожения химического оружия определить содержание общего фосфора в почвах и растениях по общепринятым методикам.

3. Провести комплексное обследование территории с целью выявить ареалы загрязнения природных сред соединениями мышьяка.

4. Экологический мониторинг объекта должен быть комплексным, учитывающий взаимосвязь природных сред.

ЭКТОКСИЧНОСТЬ ВОД ЭВТРОФНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Е. Н. Бакаева^{1,2,3}, Н. И. Остапова³

¹ *Институт водных проблем РАН, rotaria@mail.ru*

² *Гидрохимический институт,*

³ *Южный федеральный университет, Институт наук о Земле*

В современный период происходит необратимое ухудшение качества водной среды. Непрерывно возрастающее антропогенное воздействие и трансформация внутриводоемных процессов ведут к изменению гидробиологического режима водохранилищ, санитарно-гигиенического состояния вод, что в результате изменяет экологическую обстановку водоема. Важной для рассмотрения является проблема роста эвтрофирования и токсификации водных объектов различных регионов.

Трофность обусловлена поступлением биогенных веществ (азота и фосфора) в водную экосистему водохранилища и проявляется массовым развитием планктонных водорослей, приводящим к «цветению» воды. Одними из основных биологических характеристик эвтрофикации являются увеличение общей биомассы фитопланктона и замена его видового состава (более чем на 90% во время «цветения») сине-зелеными микроводорослями (табл. 1).

Сине-зеленые микроводоросли, принадлежащие к наиболее примитивным формам жизни, являются источником разнообразных вторичных метаболитов, ингибиторов ферментов и токсинов (Бакаев и др., 2012). Так же разложение отмерших водорослей в придонных слоях воды сопровождается образованием анаэробных зон, где скапливается метан и сероводород, а при заиленном дне могут выделяться меркаптаны, биогенные амины типа трупных ядов, аммиак. Дефицит растворенного кислорода, как правило, снижает устойчивость гидробионтов ко многим ядам органической и неорганической природы. Если описанные условия интенсивного «цветения» сине-зеленых водорослей охватывают значительную площадь на водном объекте, то это может привести к массовому замору рыб (Никаноров и др., 2010).

Корректную оценку токсичности вод можно получить, изучив характеристики фитопланктона водного объекта. Численность, биомасса, таксономический состав, физиологическая активность фитопланктона позволяют сделать выводы о благополучии водоема или о его кризисном состоянии (Бакаева, 2012; Бакаев и др., 2012). Регистрация характеристик микроводорослей необходима для оценки состояния водной среды в целом, так как фитопланктон является основой пищевой цепи и частью экосистемы водохранилища.

Таблица 1

Биологические характеристики эвтрофикации (Бакаева и др. 2012)

Показатель	Последствия
Увеличение биомассы микроводорослей в целом	Блокировка солнечного света
	Уменьшение содержания кислорода
	Повышение содержания органических веществ за счет большого количества отмерших клеток – эвтрофикация
Последовательная смена видов планктоценозов	Замена реопланктона на потамопланктон
	Преобладание в фитопланктоне <i>Cyanophyta</i> и <i>Chlorophyta</i>
Изменение характера сезонной динамики и структуры фитопланктона	В фитоценозах снижается роль <i>Bacillariophyta</i> и <i>Chrysophyta</i> , увеличивается – <i>Cyanophyta</i> , <i>Dinophyta</i> , а также роль <i>Chlorophyta</i> и <i>Euglenophyta</i>
Увеличение содержания хлорофилла <i>a</i>	Важный показатель величины нагрузки питательными органическими веществами
	Важный показатель потенциальной гипоксии
Токсификация эндогенная (токсичность по биотестированию)	Угроза токсического отравления людей и животных гепато- и нейротоксинами, выделяемыми <i>Cyanophyta</i>
	Ухудшение органолептических качеств воды за счет большого отмершего фитопланктона
Токсификация экзогенная (токсичность по биотестированию)	Ухудшение органолептических свойств воды за счет промышленных, бытовых и сельскохозяйственных стоков

Продемонстрировать наличие и усиление процессов токсификации в водной экосистеме возможно на примере Цимлянского водохранилища. Основой для анализа послужили результаты экспедиционных исследований Южного отдела Института водных проблем РАН, проведенных в 2006, 2007, 2011, 2012, 2013 гг. Исследования включали отбор, обработку, анализ проб фитопланктона на видовой состав, численность и биомассу и токсичности вод методом биотестирования с использованием 4 тест-объектов (коловратки *Brachionus calyciflorus*, инфузории *Paramecium caudatum*, ветвистоусые рачки *Daphnia magna*, микроводоросли *Scenedesmus obliquus*). Работы выполнялись в соответствии с методиками (РД 52.24.566-94; РД 52.24.662-2004). Наблюдения проводили на вертикалях приплотинной части Цимлянского водохранилища.

Анализ данных фитопланктона показывают, что ежегодно в численности и биомассе основных отделов фитопланктона прослеживается преобладание сине-зеленых микроводорослей, составляющее более 60%, а в отдельные годы и более 90% от общей численности фитопланктона (рис. 1).

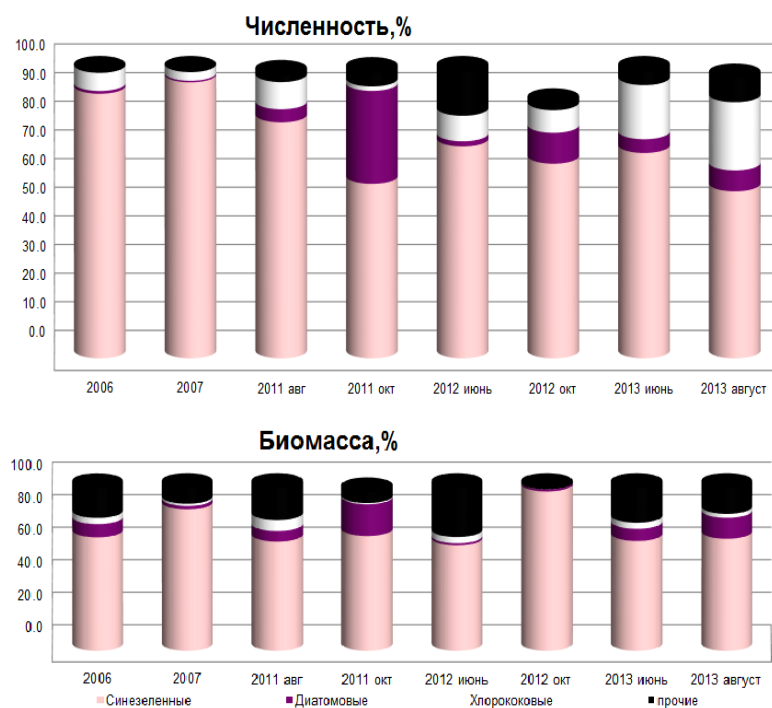


Рис. 1. Структурная характеристика всех отделов фитопланктона Цимлянского водохранилища за период 2006–2013 гг.

Абсолютные значения численности сине-зелёных микроводорослей в период с 2006 по 2012 гг. были примерно одинаковы. Однако 2013 г. прослеживается их увеличение (рис. 2)

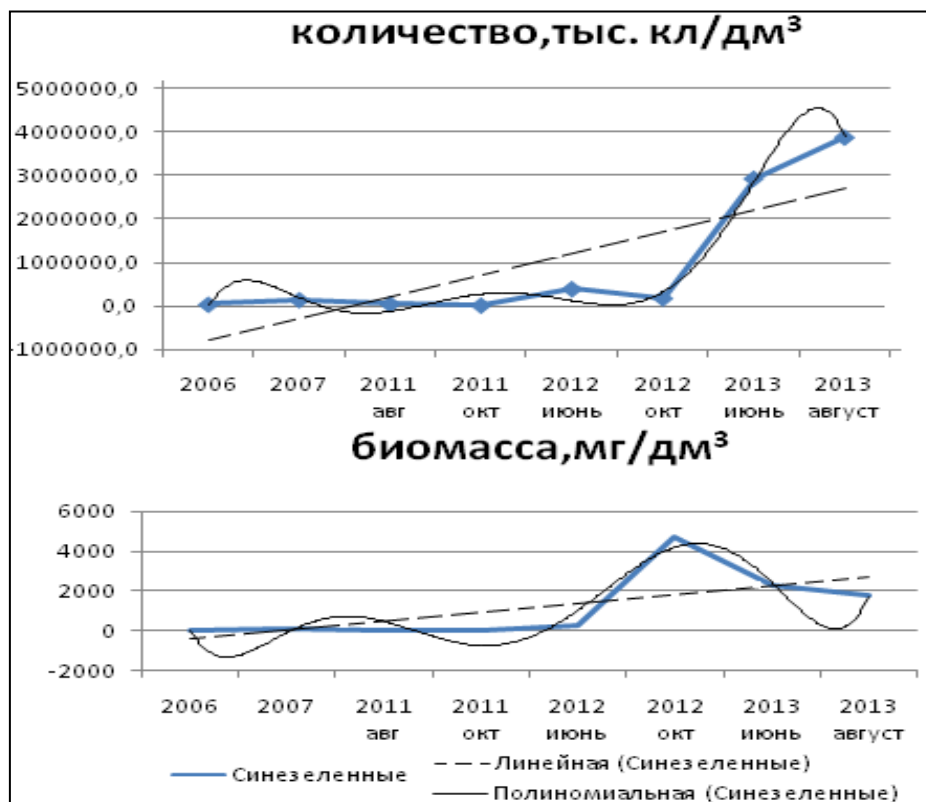


Рис. 2. Динамика численности и биомассы сине-зеленых микроводорослей Цимлянского водохранилища за период 2006–2013гг.

Об этом свидетельствует увеличение угла линии тренда. При этом полиномиальный тренд указывает на максимальные значения численности в июне 2013 и минимальные в августе 2011 и октябре 2012 гг. В динамике биомассы прослеживается увеличение до 2012 г. Последующий 2013 год характеризуется уменьшением биомассы, но линейный тренд более пологий и в 2013 г. Полиномиальный тренд выявил минимальные значения биомассы в 2006 г., октябре 2011 и августе 2013 гг., которому предшествовал максимум в октябре 2012 г.

Результаты биотестовых исследований вод водохранилища свидетельствуют об их неоднозначном токсическом действии на разных вертикалях и в различные годы (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика токсичности вод приплотинной части
Цимлянского водохранилища по результатам четырех биотестов**

Вертикаль	2006 октябрь	2007 май	2011 август	2011 ок- тябрь	2013 июнь	2013 август
19	ОТД	ОТД	ОТД	ОТД	ОТД	ОТД
20	нет	ОТД	нет	нет	ОТД	нет
23	ОТД	ОТД	ОТД	нет	ОТД	ОТД
24	ОТД	ОТД	ОТД	нет	ОТД	ОТД
69	нет	ОТД	ОТД	нет	ОТД	ОТД

Примечание: ОТД – острое токсическое действие.

Так, в мае 2007, июне 2013 гг. вода всех вертикалей оказывала острое токсическое действие. Ответная реакция всех тест-объектов на воздействие проб воды была практически одинаковой и свидетельствовала об остром токсическом действии вод. Однако наибольшему угнетению были подвержены микроводорослевые тест-объекты (показатель коэффициента прироста численности). Воды вертикали 20 только августе 2011 и 2013 гг. оказывали токсическое действие. В то время воды вертикали 19 были токсичны на протяжении всего периода исследований.

Результаты биоиндикационных и биотестовых исследований свидетельствуют о наличии процессов эвтрофикации и токсификации в Цимлянском водохранилище, которые сопровождаются резкими колебаниями биомассы и видового состава всех отделов фитопланктона с преобладанием представителей сине-зелёных во все годы наблюдений, а также пространственно-временной токсичности вод.

Данные биотестирования проб воды и донных отложений за многолетний период на разных видах гидробионтов свидетельствуют о мозаичности распределения токсичности по акватории водоёма, которая может быть связана с гидрологическими и морфометрическими особенностями водоема, присутствием сине-зеленых микроводорослей, ветровыми процессами и с разной антропогенной нагрузкой и ее последствиями.

Литература

Бакаева Е. Н., Игнатова Н. А., Черникова Г. Г. Экотоксичность вод приплотинного участка Цимлянского водохранилища // Глобальная ядерная безопасность. 2012. Спецвыпуск № 3. С. 5–10.

Бакаева Е. Н. Токсификация эвтрофных вод в условиях цветения сине-зеленых микроводорослей – следствие глобальных экологических проблем // Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования: и 20-го семинара «Экология. Экономика. Информатика». Матер. Всерос. XL юбилейной конф. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2012. С. 207–211.

Бакаев А. В., Бакаева Е. Н., Игнатова Н. А. «Цветение» сине-зеленых микроводорослей (Cyanophyta) – разновидность чрезвычайных ситуаций в водохранилищах // Инженерный вестник Дона 2012. № 4 (Ч. 2), (Интернет-ресурс):URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/p4p2y2012/1289>

Никаноров А. М., Хоружая Т. А., Минина Л. И., Мартышева Н. А. Опасность «цветения» Цимлянского водохранилища // Электронный журнал «Исследовано в России». 2010. Т. 13. С. 170–178. (Интернет-ресурс):URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/012.pdf>.

РД 52.24.566-94. Методы токсикологической оценки загрязнения пресноводных экосистем. М.: ФСР Госкомгидромета, 1994. 130 с.

РД 52.24.662-2004. Оценка токсического загрязнения природных вод и донных отложений пресноводных экосистем методами биотестирования с использованием коловраток. М.: Метеоагентство Росгидромета, 2006. 60 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ ОМУТНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ХИМИЧЕСКОГО И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

Т. И. Кутявина¹, А. С. Олькова¹, Е. А. Домнина^{1,2}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,
kutyavinati@gmail.com

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, ecolab2@gmail.com

Водохранилища являются ценными резервуарами пресных вод. Многие из них полифункциональны, в том числе используются для целей питьевого водоснабжения. В последние десятилетия серьезной проблемой является эвтрофирование водных объектов. Неблагоприятными последствиями эвтрофикации являются «цветение» воды, массовое развитие высших водных растений. Эти явления могут вызывать снижение рыбохозяйственного и рекреационного потенциала водоёмов (Paerl, 1988; Сиренко, 1978).

Цель данной работы – определить качество воды водохранилища, подверженного эвтрофикации, по данным физико-химического и токсикологического анализов.

Объектом исследования является Омутнинское водохранилище (пруд), расположенное в северо-восточной части Кировской области. Оно создано в 1773 г. для водоснабжения металлургического завода путём сооружения земляной плотины на р. Омутная, левом притоке р. Вятки. По ландшафтной приуроченности водохранилище является лесным, по генезису котловины – русловым долинным. Длина водоёма 10 км, максимальная ширина – 2,3 км, средняя –

1,1 км. Максимальная глубина – 11 м, средняя глубина – 3,4 м, площадь зеркала – 9,5 кв. км. В настоящее время, основным назначением гидроузла Омутнинского водохранилища является промышленное водоснабжение ЗАО «Омутнинский металлургический завод». Также пруд используется для рекреации, осуществления санитарного и сезонного регулирования стока. По гребню плотины проходит магистральная транспортно-пешеходная улица районного значения г. Омутнинска.

Для определения качества воды применяли физико-химические и токсикологические методы. Отбор проб воды для проведения гидрохимического анализа проводили в 2014 г. трижды за весенне-осенний период: в мае (после весеннего половодья), в июле (летняя межень) и в сентябре. Глубина отбора проб – 30 см. Пробы для токсикологического анализа отбирали дважды: в июле и сентябре 2014 г. Пункты для отбора проб воды выбирали в соответствии с составленным ранее батиметрическим планом и учётом возможных мест загрязнения (Кутявина, Домнина, Ашихмина, 2014). Известно, что берега водохранилища в приплотинной части имеют высокую степень антропогенной нагрузки (используются под жилую и хозяйственную застройку, по гребню плотины Омутнинского пруда проходит транспортно-пешеходная улица районного значения г. Омутнинска), берега водоёма в центральной части активно используются садоводческими обществами, а также на этих участках располагаются детский оздоровительный лагерь и два санатория. Берега в верховье пруда используются местным населением для целей рекреации, охоты и рыболовства. В связи с этим, мы условно разделили водохранилище на три части: верховье, среднюю и приплотинную части.

Результаты физико-химического анализа проб воды представлены в таблице 1. Полученные результаты сравнивали с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) для водоёмов культурно-бытового назначения. Согласно результатам анализа, в воде Омутнинского пруда отмечены высокие концентрации железа общего. Данный факт, вероятно, связан с особенностями почв данной территории, для которых характерно высокое содержание оксидов железа (Тюлин, 1976). Также зафиксированы низкое содержание растворённого кислорода и высокие значения ХПК, что свидетельствует о наличии больших запасов органических веществ в воде. Для определения класса качества воды Омутнинского пруда рассчитаны комбинаторный (КИЗВ) и удельный комбинаторный (УКИЗВ) индексы загрязнения воды. По результатам гидрохимического анализа КИЗВ составил 26,3, а УКИЗВ – 2,19. Полученный результат соответствует 3 классу качества воды – загрязнённая вода.

Хроническую токсичность вод Омутнинского водохранилища устанавливали методами биотестирования по изменению плодовитости рачков *Daphnia magna* Straus (табл. 2). Воздействие на тест-организмы проб, отобранных летом и осенью, значительно отличалось. Летом для всех наблюдаемых участков выявлена значительная стимуляция плодовитости дафний по сравнению с контролем, а осенью, напротив, – способность к размножению снижалась, причём в средней и приплотинной части водохранилища отличия от контроля достоверны. Вероятно, увеличение плодовитости рачков в летний период связано с по-

ступлением в водоём поверхностного стока, обогащённого питательными веществами. Полученные результаты могут быть отражением естественного процесса динамики степени эвтрофирования водохранилища.

Таблица 1

Средние значения концентраций загрязняющих веществ и химических показателей в воде Омутнинского водохранилища в 2014 г.

Компоненты, единицы измерения	Участок водохранилища			ПДК
	верховье	средняя часть	приплотинная часть	
Водородный показатель, ед. pH	7,2	7,2	7,6	–
Ион аммония, мг/дм ³	0,39	0,44	0,39	1,5 по азоту
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,037	0,04	0,04	3,3
Нитрат-ион, мг/дм ³	2,09	2,12	2,41	45
Фосфат-ион, мг/дм ³	<0,2	<0,2	<0,2	3,5
Сульфат-ион, мг/дм ³	2,70	3,41	3,77	500
Калий, мг/дм ³	–	–	<0,1	50
Натрий, мг/дм ³	–	–	1,10	200
Кальций, мг/дм ³	–	–	7,4	–
Магний, мг/дм ³	–	–	1,45	40
Кремний, мг/дм ³	2,56	2,63	2,70	10
Железо общее валовое, мг/дм ³	1,02	0,89	0,86	0,3
ХПК, мг О ₂ /дм ³	37	37	33	30
АПАВ, мг/дм ³	0,060	0,066	0,055	0,5
Растворённый кислород, мгО ₂ /дм ³	5,84	6,18	6,19	–
Цветность, град. цветности	86	87	91	–

Таблица 2

Результаты биотестирования проб воды Омутнинского водохранилища в 2014 г.

Место отбора пробы		Плодовитость, шт./1 самку	Заключение о токсичности
Контроль	лето	4,7±0,8	не токсична
	осень	7,3±0,1	не токсична
Верховье	лето	26,1±0,9*	+ по критерию стимуляции
	осень	5,6±1,6	–
Средняя часть	лето	31,3±4,7*	+ по критерию стимуляции
	осень	4,3±1,2*	+ по критерию угнетения
Приплотинная часть	лето	18,4±2*	+ по критерию стимуляции
	осень	3,1±1,7*	+ по критерию угнетения

Примечание: * – значения достоверно отличаются от контрольных; + – проба оказывает хроническое токсическое действие; – означает, что проба не оказывает хронического токсического действия.

В целом по данным физико-химического и токсикологического анализов, вода Омутнинского водохранилища является загрязнённой. В наибольшей степени загрязнению и эвтрофированию подвержены средняя и приплотинная части пруда. Эти участки испытывают большую антропогенную нагрузку, по сравнению с верховьем водохранилища.

Литература

- Кутявина Т. И., Домнина Е. А., Ашихмина Т. Я. Оценка качества воды Омутнинского водохранилища с использованием физико-химических и биоиндикационных методов // Проблемы региональной экологии. № 1. 2014. С. 131–137.
- Сиренко Л. А., Гавриленко М. Я. «Цветение» воды и евтрофирование: методы его ограничения и использование. Киев: Наукова думка, 1978. 232 с.
- Тюлин В. В. Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, 1976. 288 с.
- Paerl H. W. Nuisance phytoplankton blooms in coastal, estuarine and inland waters // Limnol. Oceanogr. 1988. V. 33. № 4 (p.2). P. 823–847.

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РТУТИ В БИОТОПЕ ОКОЛО КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ХИМИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

*Л. С. Михалева¹, В. Т. Комов², М. Ю. Михопарова¹, Н. А. Сунцова¹,
Я. В. Черникова¹*

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,
luda.m.2011@mail.ru, rita.mikhoparova@mail.ru,
suntsova_nadi@mail.ru, chernikowa.yana@yandex.ru*

² *Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина
vkomov@ibiw.yaroslavl.ru*

Ртуть обладает уникальными физико-химическими свойствами, которые обуславливают ее повсеместное нахождение в окружающей среде и более высокую степень биомагнификации, по сравнению с другими тяжелыми металлами (Arctic ..., 2002). Ртуть и ее соединения относятся к числу наиболее опасных для живых организмов токсических веществ, способных вызывать у животных широкий спектр негативных воздействий (Jefferies et al., 1973).

Исследований, посвященных накоплению и распределению ртути в компонентах наземных экосистем, крайне мало. Поэтому актуальна оценка содержания и выявление закономерностей накопления живыми организмами наземных экосистем соединений ртути, которая невозможна без определения уровней ее содержания в организме животных, относящихся к разным таксономическим и трофическим группам.

На территории Кировской области расположены крупные промышленные предприятия, сжигающие в технологическом процессе большое количество природных углеводородов и являющиеся источниками поступления ртути в окружающую среду.

Целью нашего исследования являлось установить основные закономерности накопления и распределения ртути в разных компонентах наземных экосистем Кировской области.

Материал от взрослых самцов (n=5) и самок (n=5) рыжих полевок (*Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780) набран в биотопе около Кирово-Чепецкого химического комбината. Представителей массовых видов мелких млекопитающих отлавливали с помощью ловушек (или давилок) Геро (методы ловушко-линий в модификации Н.К. Кучерука (1963)) на стандартную приманку - хлеб, обжаренный в подсолнечном масле.

Для сбора дождевых червей производился почвенный разрез. Сбор насекомых осуществлялся с помощью энтомологического сачка, методом кошения.

Определения содержания ртути производилось в Институте внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН в лаборатории «Физиологии и токсикологии» с помощью прибора «Анализатор ртути «РА-915М» с пиролитической приставкой «ПИРО-915+».

Статистический анализ данных проводили с помощью пакета программ STATGRAPHICS Plus 2.1 и STATISTICA Release 7. Результаты представляли в виде средних значений и их ошибок ($\bar{x} \pm m\bar{x}$). Достоверность различий оценивали, используя метод дисперсионного анализа (ANOVA, LSD-тест) при значимости $p < 0,05$ (Huckabee et al., 1979). Для определения корреляционных связей между количеством металла в разных парах органов животных, а также зависимости количества металла в органах животных от содержания ртути в почве и природно-климатических особенностей их местообитания, получения которых не имеют нормального распределения (Shapiro-Wilk test), использовали непараметрический коэффициент Спирмена ($p < 0,05$).

Почва является неотъемлемым компонентом в биогеохимическом цикле ртути. Последние оценки круговорота металла показали, что большая его часть (около 60%) осаждается на поверхность земли, а перемещение ртути в водных экосистемах зависит от наземных. Для анализа почвы было взято четыре пробы, три из которых, находились в разных биотопах, а четвертая, болото в окрестностях Биохимзавода. Содержание ртути в болоте наиболее высоко, чем в остальных точках.

Содержание ртути в дождевых червях, собранных в районе исследования варьирует в пределах 0,178–0,853 мг/кг сухой массы и достоверно различается между геобионтами, собранными в разных биотопах. Абсолютные значения содержания ртути в разных отделах тела земляных червей различались и были высоко вариабельны. Концентрация ртути в средних сегментах была выше, чем в передних и задних участках.

Содержание ртути в исследованных видах насекомых варьирует в широких пределах: от 0,001 до 0,661 мг/кг сухой массы. Минимальные концентрации отмечены у шмелей, пчел, растительноядных клопов и листоедов ($0,007 \pm 0,001$), средние значения – у щелкунов, златоглазок ($0,042 \pm 0,006$), максимальные значения у хищных жуужелиц и стрекоз ($0,181 \pm 0,018$ мг/кг сухой массы).

Мелкие млекопитающие как консументы различных порядков среднего трофического уровня участвуют в миграции тяжелых металлов в наземных трофических сетях (Комов и др., 2010). Мелкие млекопитающие удобны при оценке ртутного загрязнения, так как имеют относительно короткую продолжительность жизни, не мигрируют на большие расстояния, что обеспечивает возможность решения временного и пространственного мониторинга распределения металлов в различных биотопах наземных экосистем.

Содержание ртути в различных органах рыжей полевки меньше или соизмеримо с количеством металла в верхних горизонтах почв. При этом составило в среднем: в почках – 0,014; в печени – 0,027; в мышечной ткани – 0,01; в мозге – 0,01; в желудке – 0,041; в кишечнике – 0,18; в сердце – 0,03; в легких –

0,02 мг/кг сухой массы животных. Концентрация ртути в мозге, сердце, легких и мышцах животных из разных биотопов статистически значимо не различалось.

Выводы. 1. Концентрация ртути в поверхностном горизонте почвы исследуемых биотопов сопоставима с фоновыми для европейской части России и значительно ниже, чем в почвах из промышленных (загрязненных) районов. Содержание металла снижается с увеличением глубины залегания почвенного горизонта и зависит от характера растительности и почвенных условий: максимальные значения установлены во втором биотопе, который находился в 3-х км на восток от Биохимзавода, минимальные – в первом биотопе. Содержание ртути в дождевых червях в 10 раз выше, чем количество металла в почве (в среднем – 0,55 мг/кг сухой массы). Установлена сильная корреляционная связь между содержанием ртути в почве и земляных червях.

2. Содержание металла во всех исследованных органах бурозубок статистически значимо выше, чем концентрация ртути в соответствующих органах растительоядных полевок.

3. Близость к промышленным территориям, а также наличие болот и крупных непроточных водоемов в районах обитания животных определяют повышенные концентрации ртути в их органах, что может свидетельствовать о миграции ртути из водных экосистем в наземные.

Литература

Комов В. Т., Гремячих В. А., Сапельников С. Ф. и др. Содержание ртути в почвах и в мелких млекопитающих различных биотопов Воронежского заповедника // Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты: Материалы Междунар. симпозиума (Москва, 7–9 сентября 2010 г.). М.: ГЕОХИ РАН, 2010.

Перель Т. С. Распространение и закономерности распределения дождевых червей фауны СССР. М.: Наука, 1979.

Arctic Pollution (AMAP). Oslo. 2002. 212 p.

Jefferies D. J., Stainsby B. Grench M. C. The ecology of small mammals in arablefields drilled with winter wheat, and the increase in their dieldrin and mercury residues II J. Zool. 1973. V. 171. P. 513–539.

Huckabee J. Elwood J. Hildebrand S. Accumulation of mercury in freshwater biota // Nriagu (ed.) The Biogeochemistry of Mercury in the Environ-ment. New York: Elsevier/North-Holland Biomedical Press. 1979. P. 277–302.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

**Ю. П. Хранилов, Т. В. Еремеева, М. Н. Бобров,
А. Д. Деветьярова, М. В. Пьянкова**
Вятский государственный университет,
khran-yurij@yandex.ru

Гальванические производства характеризуются периодическим образованием концентрированных отходов, содержащих в высокой концентрации один токсичный (и в то же время ценный) цветной металл и некоторое количество примесей, препятствующих дальнейшей эксплуатации технологического рас-

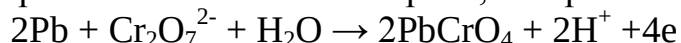
твора. Некоторые концентрированные отходы (шламы, металлические порошки) образуются в твёрдом виде при промежуточной переработке залповых сбросов на гальваническом производстве. Независимо от истории образования отхода очевидна целесообразность его утилизации либо в виде цветного металла, либо в виде химического соединения. Во многих случаях возможно использование для этой цели электрохимических технологий. Ниже обобщены результаты исследований, выполненных в этом направлении на кафедре ТЭП ВятГУ (г. Киров).

1. Получение свинцового крона при переработке отработанных хромсодержащих растворов (ОХР) на основе соединений шестивалентного хрома (Еремеева, Хранилов, 2011).

Основу свинцового крона (пигмента для лакокрасочной промышленности) составляет хромат свинца. В качестве сырьевой базы для его получения рекомендуется использовать лом вышедших из строя свинцовых аккумуляторных батарей и большинство образующихся в гальванических производствах ОХР. К таким ОХР, в частности, относятся растворы для пассивации цинковых покрытий, растворы наполнения оксидных плёнок после анодирования алюминиевых сплавов и др. Не рекомендуется перерабатывать растворы пассивации кадмиевых покрытий (ввиду особой токсичности кадмия) и растворы на основе фосфорной кислоты (из-за возможности образования нерастворимых фосфатов свинца).

Предварительная подготовка ОХР заключается в их накоплении с усреднением состава и последующей очистке от катионных загрязнений (в основном Fe^{3+} , Cr^{3+}) раствором NaOH с доведением pH до 6 (Горева, Хранилов, 2007).

После разборки батарей достаточно полно утилизируется активная масса отрицательных электродов. После её измельчения и последовательного растворения в растворах NaOH и CH_3COOH получают раствор для химического синтеза крона. Металлическая часть аккумуляторного лома (баретки, борны, межэлементные соединения, обломки решеток отрицательных пластин) переплавляется в аноды для электрохимического синтеза крона, который основан на реакции:



Сущность разработанной технологии заключается в том, что в очищенный ОТР вводят активатор анодного процесса (ацетат натрия, 0,4–0,6 моль/л) и проводят электролиз на 80–90%-е истощение по Cr(VI) с анодом из сплава свинца. Возможно использование как Pb-Sb , так и Pb-Ca сплавов. Определены допустимые концентрации Cr(VI) в растворе для электролиза (не более 0,1 моль/л) и диапазон допустимых плотностей тока (1–12,5 А/дм²) для осуществления техпроцесса (рекомендуется около 5 А/дм²) (Горева, Хранилов, 2006).

Предложенные рекомендации были подтверждены синтезом крона из реального отработанного хромсодержащего раствора состава (г/л): CrO_3 – 201, H_2SO_4 – 33,7, HNO_3 – 98,3 и позволили получить пигмент со следующими характеристиками: содержание CrO_3 – 27,3%; pH водной вытяжки – 5,6; содержание водорастворимых веществ – до 1%; содержание воды – до 0,42%, что соответствует марке крона КЖ-3 по ГОСТ 478-80.

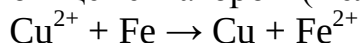
2. Извлечение компактной меди из отработанных медноаммиачных травильных растворов (ОТР) и шламов на их основе (Бобров, Хранилов, 2008; Бобров, 2011).

Технологические процессы изготовления печатных плат (ПП), как правило, включают в себя операцию вытравливания меди с пробельных мест плат. В процессе травления растворы обогащаются и насыщаются по стравленной меди, что требует частой их замены.

Разработанная нами технология переработки медноаммиачных ОТР и шламов в компактную медь высокой чистоты изложена в (Хранилов и др., 2014) и в данной работе не приводится. Чистота получаемой катодной меди составляет 99,99 %, что соответствует марке М0к по ГОСТ 859-2001 и позволяет использовать её в качестве анодов в электролите гальванического меднения.

3. Переработка загрязнённого железом медного порошка (Хранилов и др., 2012; Деветьярова и др., 2013).

В настоящее время предприятия передают ОТР и образовавшиеся при их эксплуатации шламы в Кировский региональный центр по сбору и переработке отходов ОАО «Куприт». В этой организации медьсодержащие отходы подвергают обработке серной кислотой с последующим извлечением меди в виде порошка методом цементации. Метод основан на реакции контактного обмена между ионами меди и металлом-цементатором (железная стружка):



Образующаяся при этом цементная медь неизбежно загрязнена железом, что резко снижает возможности её сбыта и практического использования.

Сущность разработанного процесса переработки порошка заключается в том, что загрязнённый железом порошок служит анодом. При этом анодно растворяются как медь, так и железо и другие компоненты углеродистых сталей. На катоде осаждается чистая медь, поскольку потенциал восстановления железа и компонентов стали не достигается.

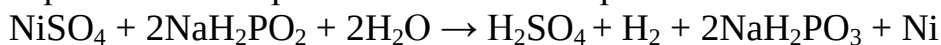
В качестве токоподвода для медного порошка используется титановая корзина, помещенная в чехол из полипропиленовой ткани (аналогичные конструкции используют в гальванотехнике для насыпных анодов). Данная конструкция позволяет получить стабильно высокие значения катодного выхода по току (около 98 %) в течение многочасового электролиза. По результатам анализа на рентгенофлуоресцентном спектрометре чистота катодной меди составляет 100%.

В связи с тем, что образовавшиеся на аноде ионы Fe^{2+} могут окисляться растворённым в электролите кислородом воздуха до Fe^{3+} , были разработаны технологические рекомендации по снижению негативного влияния ионов трёхвалентного железа и по предотвращению их образования.

4. Переработка никелевого порошка, образующегося при нейтрализации отработанных растворов химического никелирования, в раствор сульфата никеля.

В гальванотехнике большое распространение получили высокотемпературные (90–95 °С) растворы химического никелирования, содержащие сульфат никеля, гипофосфит натрия, буферные и стабилизирующие добавки. В установках типа УХН во время их работы производят непрерывную корректировку по

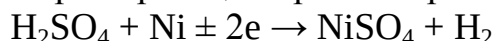
расходуемым компонентам (NiSO_4 , NaH_2PO_2) и по pH (введением аммиака или раствора NaOH). Это позволяет продлить срок службы раствора примерно до недели. Однако из-за накопления в растворе фосфита натрия (NaH_2PO_3) сверх пределов его растворимости в конце срока службы происходит саморазложение раствора с образованием чёрного никелевого порошка:



В том случае, когда поддержание pH проводят раствором едкого натра, отработанный раствор нейтрализуют раствором Na_2CO_3 (до pH = 9). Отфильтрованный осадок никелевого порошка промывают водой и передают в фирму по приёму и утилизации твёрдых отходов. Такой подход, в частности, используют на Ижевском радиозаводе.

Нами изучена возможность утилизации никеля из данного отхода непосредственно на гальваническом участке путём перевода его в раствор сульфата никеля с последующим использованием раствора для корректировки ванны химического никелирования.

Сущность предложенного и проверенного нами способа утилизации никелевого порошка заключается в его анодном растворении в растворе серной кислоты. Токоподводом к порошку служила перфорированная титановая корзина, помещённая в чехол из полипропиленовой ткани. На никелевом катоде выделяется водород. Суммарная реакция при электролизе:



Технологическая схема переработки никелевого порошка предполагает его отмывку от водорастворимых солей, сушку, электролиз, нейтрализацию серной кислоты в полученном растворе сульфата никеля раствором NaOH (до pH 4,5 – 5) и использование полученного сульфата никеля для корректировки раствора химического никелирования. Процесс целесообразно проводить периодически (по мере накопления порошка) в течение одной смены.

С учётом экономических соображений рекомендуемые начальная и конечная концентрации серной кислоты составят:

$$C_{\text{СК,нач}}=40\text{--}60 \text{ г/л}, C_{\text{СК,кон}}=10\text{--}15 \text{ г/л}.$$

Наработанный при электролизе сульфат никеля был использован для приготовления лабораторного раствора химического никелирования, в котором были получены качественные покрытия на стальных и медных образцах.

Экономические расчёты показали, что затраты на химикаты (серную кислоту и едкий натр) и электроэнергию при утилизации никелевого порошка составляют лишь 12 % от стоимости возвращаемого в техпроцесс сульфата никеля.

Литература

Еремеева Т. В., Хранилов Ю. П. Электрохимическое получение свинцового крона при переработке хромсодержащих отходов гальванических производств // Известия Санкт-Петербургского гос. технологического института (технического университета). 2011. № 12. С. 27–28.

Горева Т. В., Хранилов Ю. П. Теоретические основы и технология электрохимического способа получения свинцового крона из отходов гальванического производства // Журнал прикладной химии. 2007. Т. 80. С. 63–66.

Горева Т. В., Хранилов Ю. П. Хромсодержащие отходы гальванических производств как сырьевая база для получения хромата свинца // Гальванотехника и обработка поверхностей. 2006. Т. 14. № 4. С. 18–22.

Бобров М. Н., Хранилов Ю. П. Получение компактной меди из шламов, образующихся при травлении печатных плат // Журнал прикладной химии. Т. 81. Вып. 10. 2008. С. 1649–1652.

Бобров М. Н. Технология извлечения меди в компактном виде из концентрированных медьсодержащих солевых отходов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Казань, 2011. 20 с.

Хранилов Ю. П., Бобров М. Н., Деветьярова А. Д. Медьсодержащие отходы в производстве печатных плат и варианты их утилизации // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Сб. матер. Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2014. С. 346–349.

Хранилов Ю. П., Деветьярова А. Д., Лобанова Л. Л. Особенности электрохимического рафинирования меди, загрязнённой железом // Совершенствование технологии гальванических покрытий: Тезисы докладов XV Межд. совещания. Киров, 2012. С. 115–116.

Деветьярова А. Д., Хранилов Ю. П., Багаева М. А., Копанев М. Л. Электрохимическое рафинирование меди, загрязнённой железом // Современные методы в теоретической и экспериментальной электрохимии. Тезисы докладов V Межд. науч. конф. Плёс, 2013. С. 20.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СОЛЕВЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Е. В. Мамонтова¹, М. П. Зяблицева¹, В. Е. Зяблицев²

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Вятский государственный гуманитарный университет*

Хлорорганический синтез широко используют при промышленном производстве органических и хлорорганических продуктов. Наряду с достоинствами (несложные технология и оборудование, невысокие затраты) метод хлорорганического синтеза характеризуется высокой экологической опасностью, связанной с образованием сбросовых солевых растворов, загрязнённых органическими и хлорорганическими соединениями. Состав сбросовых растворов и содержание неорганических и органических субстратов зависит (табл. 1) от получаемого продукта, что затрудняет очистку и утилизацию соли.

Таблица 1

**Состав минерализованных сточных вод некоторых производств
органического синтеза**

Получаемый продукт	Состав сточных вод	Содержание, кг/м ³	
		NaCl (CaCl ₂)	ОУ*
Хлорбутадиен	NaCl, NaOH, ОС	до 30	до 1,50
Хлоропрен	NaCl, NaOH, ОС	до 130	до 0,96
Окись этилена и пропилена	CaCl ₂ , Ca(OH) ₂ , ОС	(до 75)	до 2,00
Глицерин синтетический	NaCl, ОС	до 300	до 2,50
Этилендиамин	NaCl, NaOH, ОС	до 65	до 2,0
Аллиловый спирт	NaCl, Na ₂ CO ₃ , ОС	до 38	до 0,90
Винилацетат	NaCl, ОС	до 3,55	до 0,07
Трихлорэтилен	CaCl ₂ , Ca(OH) ₂ , ОС	(до 55)	до 0,20

(ОС – органические соединения, ОУ – органический углерод).

Системный анализ (Натареев, 2007) химико-технологических систем некоторых производственных процессов хлорорганического синтеза позволил установить общие закономерности и наличие идентичных по назначению элементов и подсистем (совокупность элементов). Образование минерализованных сточных вод происходит на стадии омыления хлорорганических полупродуктов (образуются при обработке сырья хлором) растворами щелочи или электрощелочами (полупродукт диафрагменного метода получения хлора и щелочи). Это позволило с единых позиций подойти к выбору метода очистки сбросовых растворов соли, используя процесс непрямого электрокаталитического окисления органических субстратов в сбросовых растворах анодно генерируемыми окислителями – хлор и продукты его гидролиза (Зяблицева и др., 1981; Зяблицев и др., 2005).

Для определения оптимальных условий процесса очистки сбросовых растворов соли рассчитаны символические динамические математические модели (полиномы первой и второй степени) непрямого деструктивного электрокаталитического окисления органических субстратов в растворе NaCl. Для расчета математических моделей использованы результаты опытов, полученные при реализации 3-х уровневого ортогонального плана (Рузинов, 1980). В качестве параметра оптимизации задана степень полного деструктивного окисления органических соединений (до CO₂ и H₂O), а факторами (переменными) – условия процесса: pH, температура, плотность тока, расход энергии, концентрации ОУ и катализатора (CoCl₂). Математические модели строили (Ивахненко, 1971) методом группового учета аргументов, используя обучающую и проверочную последовательности и критерий оптимизации (величина произведения несмещенности на сумму квадратов отклонений по обучающей и проверочной последовательностям).

Математические модели процесса электрокаталитического окисления органических соединений в сбросовых растворах NaCl некоторых производств хлорорганического синтеза:

– производство пропиленгликоля (ОУ до 4 кг/м³)

$$Z = 26,37 + 1,86 \varphi_1 - 2,12 \varphi_2 + 0,05 \varphi_1 \varphi_2 - 0,34 \varphi_1^2, \Delta = \pm 2,9\%$$

$$\varphi_1 = 67,60 + 1,63 y_1 - 1,43 y_2 + 0,06 y_1 y_2 + 0,01 y_1^2; \varphi_2 = 227,08 - 7,80 y_3 - 2,81 y_2 + 0,09 y_3 y_2 - 0,06 y_3^2; y_1 = 27,69 + 0,11 x_2 + 0,14 x_3 + 0,001 x_2 x_3 + 0,0004 x_2^2; y_2 = 63,46 + 45,75 x_2 + 4,99 x_4 - 1,16 x_1 x_4 - 4,58 x_1^2; y_3 = 34,23 + 0,21 x_2 - 0,22 x_5 - 0,006 x_2 x_5 - 0,0005 x_2^2.$$

(x₁ – pH 3,0-6,0; x₂ – 293-363 К; x₃ – 30-90 кВт*ч/м³; x₄ – пропиленгликоль 1,0-4,0 кг ОУ/м³; x₅ – 1,0-3,0 кА/м²);

– производство этилендиамина (ОУ до 2,0 кг/м³)

$$Z = 0,3870 + 1,7384 \varphi_2 + 0,7440 \varphi_1, \Delta = \pm 3,2\%$$

$$\varphi_1 = -0,485637 + 0,9938 y_1 + 0,7050 y_2; \varphi_2 = -59,7485 + 0,9959 y_1 + 0,8638 y_3; y_1 = -1,6872 + 0,1702 x_2 + 0,0698 x_3; y_2 = 72,9444 - 1,2667 x_4 + 0,1296 x_5; y_3 = 70,2751 + 0,5204 x_1 - 1,2320 x_4$$

(x₁ – pH 3,0-6,0; x₂ – 293-363 К; x₃ – 30-120 кВт*ч/м³; x₄ – 1,0-3,0 кА/м²; x₅ – 0,05-1,5 кг/м³);

– производство синтетического глицерина (ОУ до 2,5 кг/м³)

$$Z = 90,48 + 4,82 \varphi_1 - 6,50 \varphi_2 + 0,08 \varphi_1 \varphi_2 - 0,07 \varphi_1^2 + 0,01 \varphi_2^2, \Delta = \pm 3,2\%$$

$$\varphi_1 = 90,70 + 0,73 y_2 + 2,71 y_3 + 0,03 y_2 y_3 - 0,02 y_2^2 - 0,03 y_3^2; \varphi_2 = -191,63 + 4,93 y_1 + 2,30 y_2 + 0,09 y_1 y_2 - 0,07 y_1^2 - 0,06 y_2^2; y_1 = -8,92 + 15,35 x_1 + 170,80 x_2 - 4,79 x_1 x_2 - 0,096 x_1^2 - 23,06 x_2^2; y_2 = -15,75 + 12,40 x_2 + 8,91 x_3 - 3,34 x_2 x_3 - 52,26 x_2^2 - 0,01 x_3^2; y_3 = -162,52 + 12,93 x_1 + 0,80 x_3 - 0,01 x_1 x_3 - 0,89 x_1^2 - 0,01 x_3^2$$

(x_1 - pH 3,0-11,0; x_3 - 298-353 К; x_2 - CoCl₂ 0,08-0,80 кг/м³);

– производство оксида пропилена (ОУ до 2,0 кг/м³)

$$Z = 14,50 - 4,75 \varphi_1 + 5,29 \varphi_2 - 0,08 \varphi_1 \varphi_2 + 0,08 \varphi_1^2, \Delta = \pm 2,5 \%$$

$$\varphi_1 = -353,50 + 13,67 y_2 - 1,91 y_3 + 0,04 y_2 y_3 - 0,13 y_2^2; \varphi_2 = 13,07 - 0,40 y_3 + 1,74 y_1 - 0,02 y_1 y_3 + 0,02 y_3^2; y_1 = -5,08 + 35,14 x_1 - 19,95 x_4 - 2,93 x_1 x_4 - 3,49 x_1^2; y_2 = -22,21 + 37,47 x_1 + 0,33 x_5 + 0,40 x_1 x_5 - 23,47 x_1^2; y_3 = -36,27 + 0,07 x_2 + 40,36 x_3 + 0,03 x_2 x_3 - 3,88 x_3^2$$

(x_1 - pH 3,0-8,0; x_2 - 293-368 К; x_3 - 20-100 кВт*ч/м³; x_4 - CoCl₂ 0,5-1,5 кг/м³)

Примечание: x -переменные; φ , y – функции при факторах меньше заданных.

Математические модели позволили рассчитать (табл. 2) оптимальные условия процесса электрохимической очистки от органических примесей различных по составу и содержанию сбросовых растворов NaCl.

Таблица 2

Оптимальные условия очистки от органических примесей сбросовых растворов NaCl

Сточная вода производства	Условия процесса очистки						Очистка (деструк- струкция), %
	Содержание, кг/м ³		Плот- ность то- ка, кА/м ²	рН	Темпе- ратура, К	Энергия, кВт*ч/м ³	
	О.У. *	CoCl ₂					
Пропиленгли- коль	до 4,0	1,0–1,5	1,0–3,0	4,0–6,0	293–363	40–50	97 (85)
Этилендиамин	до 2,0	1,0–4,0	1,0–3,0	4,0–6,0	293–363	60–70	94 (80)
Глицерин	до 2,5	0,08– 0,80	1,0–3,0	4,0– 11,0	298–353	40–50	95 (85– 90)
Оксись пропилен- на	до 2,0	0,5–1,5	1,0–3,0	4,0–8,0	293–368	100–150	96 (86)

* ОУ – органический углерод

Анализ результатов исследований показал, что степень непрямого электрокаталитического окисления органических примесей в растворах NaCl производств органического синтеза преимущественно определяется расходом электрического тока, что позволило обосновать общие параметры процесса: плотность тока 1,0–3,0 кА/м², температура 293–368 К, pH 4,0–6,5, катализатор (CoCl₂) 0,5–1,5 кг/м³, расход электроэнергии 50–200 кВт*ч/м³ (зависит от содержания ОУ и устойчивости к действию окислителей органических субстратов), степень очистки не менее 90%, степень полной деструкции более 80%.

Результаты системного анализа и математического моделирования процесса обезвреживания солевых отходов использованы при создании малоотходных ресурсосберегающих промышленных производств хлорорганического синтеза с возможностью утилизации NaCl в диафрагменном методе получения хлора и щелочи.

Литература

Натареев С. В. Системный анализ и математическое моделирование процессов химической технологии: учебн. пособие. Иваново: Ивановский гос. хим.-техн. ун-т, 2007. 80 с.

Зяблицева М. П., Коновалов М. Б., Тюрин Б. К., Смирнов В. А. Электрохимическая очистка минерализованных сточных вод от органических примесей // Химия и технология воды. 1981. Т. 3. С. 525–526.

Рузинов Л. П. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. М.: Химия, 1980. 280 с.

Ивахненко А. Г. Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике. Киев: Техника, 1971. 241 с.

ПРОБЛЕМЫ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПО ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ЛИКВИДАЦИИ ИЛИ ПРОФИЛИРОВАНИЮ ОБЪЕКТОВ ХРАНЕНИЯ И УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ. К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ФОРМИРОВАНИЕ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ

Ю. Г. Радюшкин, Н. И. Хотько

*Государственный НИИ промышленной экологии,
info@sar-ecoinst.org*

Представляются материалы, полученные при осуществлении научно-практической работы в 2014 г. по теме «Рекультивация территорий бывшего ОАО «Средневолжский завод химикатов» (СВЗХ) – одним из наиболее значимых предприятий г. Чапаевска Самарской области. Были учтены данные специалистов ВОЗ и государственных отчетов (Научно-практическая ..., 2010).

В 30–40-е гг. на территории завода имелось засекреченное производство боевых отравляющих веществ: иприта, люизита, хлора и др. В 1943–1946 гг. производство химического оружия (ХО) было остановлено и законсервировано с последующим демонтажом оборудования. В 50-х гг. осуществлено перепрофилирование ОАО «СВЗХ» на производство химических средств защиты растений, включая хлорорганические пестициды. Гражданской специализацией завода в период 50–90-х гг. XX века являлся выпуск жидкого хлора и разнообразной продукции на хлорной основе. Производство ХО, а впоследствии, химических средств защиты растений привело, по мнению авторов материалов «к загрязнению территории хлорорганическими соединениями и, в конечном итоге, к комплексному нарушению всех компонентов экосистем в ареале Чапаевска». В начале 90-х гг. большая часть производства промышленной продукции на заводе была остановлена, а в конце 90-х гг. при участии ГУП «ГосНИИОХТ»

проводилось обследование материалов строительных конструкций и грунтов на содержание отравляющих веществ (ОВ), концентрации которых превысили уровни ПДК в десятки раз. В 1992 г. в правительстве РФ рассматривался вопрос об объявлении Чапаевска «зоной экологического бедствия». 26.10.99 г. Чапаевск отнесен к «зоне чрезвычайной экологической ситуации». В 2007 г. ООО НПП «Эколого-аналитический Центр» сообщил результаты комплексных обследований компонентов окружающей среды в Чапаевске на содержание диоксинов и других экотоксикантов. Они показали, что территория предприятия остается мощным вторичным источником поступления в окружающую среду диоксинов, мышьяка и других загрязнителей, имеет чрезвычайно опасный уровень загрязнения, и подтверждают необходимость дальнейшего проведения комплекса природоохранных мероприятий на территории ОАО «СВЗХ». Ликвидация источников эмиссии токсичных веществ в окружающую среду и рекультивация территории завода необходима для обеспечения экологической безопасности селитебных территорий и охраны здоровья проживающего населения. Актуальность экологической проблемы не вызывает сомнения и в настоящее время из-за остаточного загрязнения стойкими органическими соединениями (СОЗ). Выделить какой-либо конкретный действующий агент на состояние здоровья сложно и вряд ли возможно на данном этапе. Речь идёт о кумулятивном воздействии химических веществ, ПДК которых в отдельных случаях остается повышенным. Территория воздействия ХВ практически ограничена, но следует учитывать вторичный характер возможного заражения.

Санитарное состояние атмосферного воздуха и здоровье населения. Состояние атмосферного воздуха в поселениях людей характеризуется поступлением в воздушную среду загрязняющих веществ, их распространением и концентрациями, а также их степенью воздействия на здоровье населения. В Чапаевске почти 2/3 населения проживают в неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановке, в условиях постоянного превышения ПДК в атмосферном воздухе в 5–10 раз. Наибольшие загрязнения атмосферного воздуха в местах расположения производственных комплексах и концентрации автотранспорта. По данным регулярных наблюдений концентрации диоксинов в атмосферном воздухе в последние годы находились в пределах от 0 до 1,13 пг/м³ в токсическом эквиваленте по версии I–TEF или в диапазоне 0–1,76 пг/м³ в ТЭ по версии ВОЗ. Академики В. И. Покровский и О. П. Щепин отмечают огромный вклад загрязнения атмосферного воздуха в суммарную заболеваемость детей (примерно 37%), а также на частоту заболеваемости органов дыхания. Вклад атмосферных загрязнений в развитие хронических болезней миндалин и аденоидов, хронического бронхита составляет 35,2 и 34,3% соответственно, участие в формировании болезней крови (прежде всего анемий), эндокринной системы несколько меньше (26, 16, 18, 12, 4% соответственно). Вклад загрязнения атмосферного воздуха в суммарную заболеваемость взрослого населения хотя и ниже, чем у детей, но составляет примерно 10%. Отмечается нарастание психических расстройств, более тяжелых случаев нарушений иммунитета, особенно под влиянием экологического благополучия и несбалансированности питания, увеличивается заболеваемость туберкулёзом.

Санитарное состояние почвы. Почва является универсальным экологическим сорбентом, нейтрализатором загрязнений органической и минеральной природы. Угнетение или прекращение указанных свойств почвы может оказывать пагубное влияние на здоровье населения. Если учесть, что почва в условиях нарастания антропогенного загрязнения не располагает таким, свойственным атмосферному воздуху и воде водоёмов, фактором самоочищения как разбавление, становится ясным, что этому природному объекту нужно уделять особое внимание. Загрязнение почвенного покрова города диоксинами начало формироваться со времени запуска первого хлорного производства. Сравнение данных 1993–1994 гг. и 2006 г. показывает, что степень загрязнения почвенного покрова диоксинами территории города за 12 лет уменьшилась незначительно, несмотря на то, что с 1998 г. диоксиноопасные цеха основного источника загрязнения не функционируют. В то же время профиль конгенов диоксинов существенно изменился. Последующие результаты анализа почв в 2006–2007 гг. подтвердили очень высокий уровень загрязнения почв на заводе (11800 пг/г), по мере отдаления от промышленной площадки в самом городе содержание диоксинов в почве постепенно снижалось – на расстоянии 0,5 км до 51 пг/г, 3 км – до 27,7 и более 3,0 км – до 5,57 пг/г (Ревич, 2006). Почва города, кроме диоксинов, также повсеместно загрязнена хлорорганическими пестицидами, при этом содержания гексахлорциклогексана ниже ПДК, но содержание метаболитов ДДТ в 1998 г., по данным Самарского управления гидрометеослужбы, превышало ПДК в 1,4–13,4 раз в отдельных образцах почв на территории Соцгорода (района, удаленного от завода на 5–7 км). Учитывая довольно короткий период жизни ГХЦГ, можно предположить, что в период его производства (1969–1987 гг.) содержание ГХЦГ в почвах было значительно выше. Источником поступления диоксинов в организм человека может являться и домашняя пыль. В образцах домашней пыли из квартир в десятых годах, т.е. после закрытия хлорного производства, выявлено значительное количество диоксинов и оно вполне сопоставимо с их содержанием в почве города.

Донные осадки. Исследование диоксинов в донных осадках проводилось в 1994 и 2008 гг. За эти 15 лет произошло резкое снижение концентраций этих загрязняющих веществ в р. Чапаевка вдали от завода и оз. Ильмень, но в донных отложениях реки около завода уровень загрязнения не изменился.

Питание и здоровье населения. Для Чапаевска, как и для других небольших городов России, характерно использование местных продуктов питания. Владельцы частных домов (18000 жителей Чапаевска) выращивают значительную часть потребляемых овощей и фруктов, а также используют яйца и мясо местного производства. Кроме того, весьма популярна рыбная ловля в открытых водоемах недалеко от химического производства. В разные годы определение диоксинов было проведено в различных продуктах питания – молоке коров, куриных яйцах, рыбе. В молоке коров, находящихся в частных домах города, диоксины были обнаружены во всех образцах. Средний ТЭ диоксинов и фуранов в 7 образцах коровьего молока оказался существенно выше, 30,8 пг/г липидов, чем норматив по РФ (3 пг/г липидов).

Куриные яйца являются принятой в мире матрицей, используемой для оценки уровней загрязнения (СОЗ) территории. В образцах куриных яиц определялись диоксиноподобные и индикаторные конгенеры ПХБ, изомеры ДДТ и ДДЕ, ГХЦГ (линдан) и гексахлорбензол. Содержание практически всех хлорорганических соединений (ХОС) в куриных яйцах из местных хозяйств значительно выше (большинство ПХБ – в 24–42 раза), чем в яйцах, купленных на рынке, то есть от кур с птицефабрик из других регионов РФ. Профиль конгенов ПХБ является типичным для техногенного загрязнения и состоит, по крайней мере, из двух основных составляющих – Совол/Совтол и трихлорбифенила. Обращает внимание более высокое, в 3,7 раза, содержание ПХБ в куриных яйцах вблизи завода, который и производил в свое время этот химический токсический продукт. Средняя концентрация ГХБ в образцах куриных яиц из хозяйств, вблизи завода составила 114 нг/г липидов в отдалении – 32,5. При этом в одной из проб концентрация ГХБ достигла 385 нг/г липидов, а контрольной группе яиц с птицефабрик не превышала 2,2 нг/г липидов. В семьях, предоставивших пробы для анализа, потребляется по 150 куриных яиц в год на человека, что не может не сказываться на общем уровне экспозиции. Потребление в пищу продуктов питания, полученных (выращенных) на территории города, являлось статистически достоверным предиктором накопления диоксинов/ПХБ в крови мальчиков. Суммарный токсический эквивалент был выше у тех мальчиков, которые потребляли местные куриные яйца, на 64% по сравнению с теми, кто местные яйца не потреблял, на 42% – для потреблявших местную свинину/говядину, на 42% – для потреблявших мясо местных домашних птиц и на 22% – для потреблявших местные молочные продукты (Ревич, 2007). Местная рыба и местные фрукты/овощи также явились статистически достоверными факторами повышения суммарного ТЭ-2005. Тот факт, что местные загрязненные продукты питания являются факторами риска для здоровья подтвержден и в другом эпидемиологическом исследовании рака молочной железы (РМЖ) у женщин.

Онкоэпидемиологические исследования выявили, что основное время активной трудовой жизни, начиная с молодого возраста, и во время детородного периода многие женщины, заболевшие впоследствии РМЖ, находились под воздействием таких особо опасных токсичных веществ как диоксины. Не только сами больные женщины, но и их родители были заняты на химическом производстве, больше, чем родители женщин в контрольной группе (Sergeev et al., 2007).

Одним из основных факторов риска развития РМЖ явился фактор питания. Риск заболевания увеличивается для женщин, потребляющих более 50% свинины из хозяйств Чапаевского района ($OR=5,7$) и более 50% рыбы из местных водоемов ($OR=2,3$). Факт, что местные загрязнённые продукты питания явились факторами риска для здоровья был подтвержден и в другом эпидемиологическом исследовании РМЖ женщин Чапаевска.

Характер питания, сопровождающийся дисбалансом белков, витаминов в рационе питания проявился в тенденциях к повышению алиментарно-обусловленных заболеваний, росту заболеваемости эндокринной системы

(например, связанной с дефицитом иода), нарушений обмена, иммунитета. Выявленный в Чапаевск риск использования местных продуктов питания в развитии РМЖ, станет еще убедительнее, если будет проведено сопоставление уровня диоксинов в крови женщин с РМЖ и в контрольной группе. Проведено определение онкомаркеров в крови этих женщин.

Что касается состояния здоровья населения, то неблагоприятная тенденция по смертности, рождаемости, продолжительности жизни остаётся, несмотря на существенное снижение «плохих» показателей и увеличение «хороших», в частности рождаемости. В тоже время следует и здесь предполагать неблагоприятную перспективу, учитывая нарушения генетического аппарата. В ближайшие годы туберкулез также будет составлять проблему для органов здравоохранения.

Конечно, продолжение использования передовых эколого-эпидемиологических технологий, направленность действий врачей многих специальностей, привлечение административных и финансовых ресурсов должны год от года оптимизировать экологическую ситуацию. Представляется очевидным осуществление работ по ряду направлений, например, детским фтизиопульмонологом Э. В. Илясовой выполнена диссертация «Влияние диоксинов на органы дыхания и туберкулезную инфекцию у детей и подростков» (2010). Было показано, что первичное инфицирование мико-бактериями туберкулеза в дошкольном возрасте на загрязненных диоксинами территориях происходит в 1,5–1,8 раза чаще. С. А. Царев (2005) провел диссертационное исследование «Распространенность потребления психоактивных веществ среди подростков Чапаевска» с использованием стандартизированного вопросника ESPAD. О связи негативных отклонений со стороны функциональных систем, показателей роста, физического развития свидетельствуют направленные исследования по оценке влияния СОЗ на физическое и половое развитие детей и практические мероприятия, проводимые в Чапаевске (Научно-практическая ..., 2010). Они отмечены специальной премией Европейского Бюро ВОЗ. Таким образом, представленный обзорный материал обозначает возможные негативные тенденции в общественном здоровье населения г.о. Чапаевска

Литература

Научно-практическая конференция с международным участием: Сб. научно-практических работ. Чапаевск, 2010. 162 с.

Ревич Б. А., Сергеев О. В., Хаузер Р. Диоксины, фураны и ПХБ в крови подростков Чапаевска – первые результаты проспективного эпидемиологического исследования // Токсикологический вестник, 2006. № 6. С. 2–8.

Ревич Б. А., Шелепчиков А., Сергеев О. В. Содержание полихлорированных бифенилов и хлорорганических пестицидов в куриных яйцах, полученных в различных регионах России // Вопросы питания 2007. № 4. С. 58–64.

Sergeev O., Saharov I., Shelepchikov A., Revich B., Sotskov Y., Brodsky E., Denisova T., Feshin D., Zeilert V. Levels of PCDDs/PCDFs in the environment and food after 3 year of full plant inactivity, Chapaevsk, Russia // Organohalogen Compounds. 2007. V. 69. P. 1388–1391.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОАККУМУЛЯЦИИ НИКЕЛЯ

Е. О. Кузнецова, А. И. Фокина, Е. И. Лялина, А. С. Олькова
Вятский государственный гуманитарный университет,
ekaterin.kuznetsova@yandex.ru

Изучение биоаккумуляции никеля (Ni) представляет большой интерес, так как получаемые данные помогают в решении многих экологических задач, в том числе – в поиске новых биосорбентов и основ для биотест-систем. Существует большой выбор методов для определения Ni в биообъектах. Одним из них является инверсионный вольтамперометрический анализ (ИВА). Его достоинствами являются экспрессность и возможность определять следовые количества элементов (Галюс, 1974). Исследовали аккумуляцию никеля из никельсодержащих растворов цианобактериями (ЦБ) *Nostoc linckia* (Roth.) Born. et Flah № 271 и низшими ракообразными *Daphnia magna* Straus. Однако методики ИВА для работы с выбранными для нашего исследования биологическими объектами нет. Поэтому целью работы было адаптировать, существующую для других объектов, методику ИВА для исследования особенностей биоаккумуляции Ni ЦБ и дафниями.

За основу взята методика определения никеля в природных водах (Сборник методик ..., 2004). Методику пробоподготовки (влажная минерализация) усовершенствовали добавлением концентрированного раствора H_2O_2 . Для установления применимости методики ИВА к исследуемым объектам провели проверку правильности определения методом «введено-найдено». Добавку вносили в исследуемую пробу перед минерализацией.

Использовали отработанную методику при исследовании влияния продолжительности экспозиции ЦБ с никельсодержащими растворами на накопление никеля в ЦБ. Культуру ЦБ вносили в раствор сульфата никеля (II) с концентрацией Ni^{2+} 2 и 20 мг/дм³ (титр ЦБ $1,2 \cdot 10^9$ кл/см³). Выдерживали в течение 1 и 14 суток. Выделяли ионы никеля (II), сорбированные на поверхности клеток (экстрагировали раствором ЭДТА), поглощённые внутрь клетки и удерживаемые лиофильными (экстрагировали этанолом) и лиофобными (экстрагировали четыреххлористым углеродом) фракциями (Васильева, 2012).

Исследование влияния восстановленного глутатиона на токсичность растворов $NiSO_4$ и накопление никеля в тест-объектах.

Культуру ЦБ *Nostoc linckia* 271 (титр ЦБ равен $3,6 \cdot 10^7$ кл/см³) и дафнии *Daphnia magna* вносили в растворы смесей сульфата никеля и восстановленного глутатиона с мольными соотношениями Ni:GSH равными 1:0 (без глутатиона); 1:1; 1:4 (содержание никеля во всех растворах 1 мг/дм³). Через 7 суток определяли накопление никеля организмами. Токсичность исследуемых растворов для ЦБ определяли биOLUMИнесцентным и тетразолюно-топографическим методом (Огородникова и др., 2013), для дафний – по стандартной методике биотестирования, основанной на определении смертности и изменений в плодовитости ракообразных (ФР.1.39.2007.03222 ..., 2007).

Проверка применимости метода ИВА. Доказана правильность определения никеля в исследуемых объектах методом «введено-найдено». Отработанную методику использовали в дальнейших исследованиях.

Влияние продолжительности экспозиции ЦБ с никельсодержащими растворами на накопление никеля в ЦБ. Выявлено, что процесс контактирования культуры с солью Ni выглядит следующим образом: ионы Ni^{2+} подходят к клеточной поверхности и на протяжении всего опыта большая часть из всех сорбированных ионов находится на поверхности. Лишь около 1% попадает внутрь и удерживается лиофильной фракцией, 1–3% – лиофобными компонентами. Выявленные значения степеней извлечения металла из раствора указывают на наличие у культуры потенциала в качестве биосорбента. В качестве биосорбента подойдет как суточная, так и двухнедельная экспозиции (табл. 1).

Таблица 1

Содержание никеля во фракциях ЦБ после экспозиции культуры с растворами сульфата никеля в течение 1 и 14 суток (мкг) и суммарная степень извлечения металла из раствора (%)

Вариант (согласно концентрации Ni^{2+} в растворе, мг/дм ³)	Через 1 сутки				Через 14 суток			
	спирт	ЧХУ	ЭДТА	Степень извлечения, %	спирт	ЧХУ	ЭДТА	Степень извлечения, %
2Ni	<<	9,62±0,5	280±56	60±0,5	1,9±0,11	9,21±0,48	278,9±55,8	62±0,31
20Ni	2,83±0,2	5,12±0,3	380±76	8±0,31	3,7±0,24	4,81±0,30	492±98,4	10±0,30

Примечание: «<<» – менее предела обнаружения.

Влияние восстановленного глутатиона на токсичность растворов $NiSO_4$ и накопление никеля в тест-объектах.

Комплексообразование никеля с биолигандами может влиять на биоаккумуляцию металла и проявление им токсических свойств. Одним из биолигандов является глутатион. Результаты, полученные при проведении исследования влияния восстановленного глутатиона на накопление никеля тест-организмами из растворов сульфата никеля, представлены в таблице 2 и на рисунке.

Таблица 2

Влияние глутатиона на накопление никеля из раствора $NiSO_4$ цианобактериями *Nostoc linckia* 271 (мкг)

Вариант	1:0	1:1	1:4
Фракция, экстрагируемая ЭДТА			
сутки	–	–	1,69±0,34
неделя	27,74±5,55	37,50±7,5	23,05±4,61
Фракция, экстрагируемая спиртом			
сутки	6,92±1,38	9,35±1,87	13,19±2,64
неделя	2,57±0,51	5,46±1,09	–
Фракция, экстрагируемая четыреххлористым углеродом			
сутки	22,8±4,56	16,83±3,37	37,77±7,55
неделя	6,5±1,30	12,31±2,46	13,79±2,76

Примечание: «–» по каким-либо причинам не удалось измерить.

Установлено, что через сутки контакта ЦБ с никельсодержащими соединениями глутатиона в лиофильной и лиофобной фракции с увеличением доли глутатиона повышается количество никеля. Особенно это выражено в лиофобной фракции. Глутатион повышает биодоступность ионов никеля за счет липофильности, образующихся конъюгатов металла с GSH.

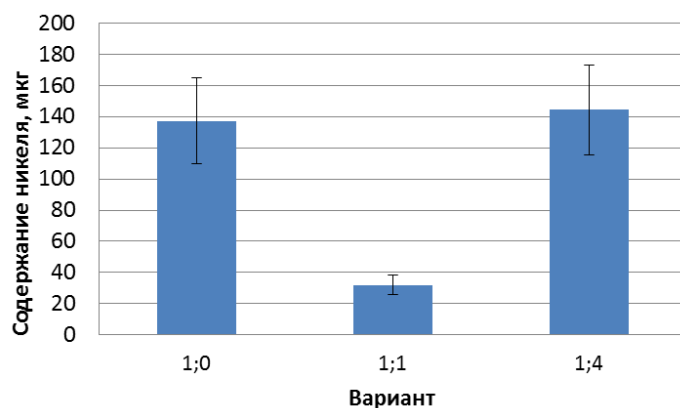


Рис. Содержание никеля в *Daphnia magna*.
Варианты обозначены согласно соотношению Ni:GSH

По графику (рис.) видно, что после 7-суточной экспозиции рачков с раствором токсиканта зависимости между количеством внесенного в исследуемую среду GSH и биоаккумуляцией никеля нет. Выявлено значительное снижение накопления металла в варианте 1:1 по сравнению с другими вариантами. Такая картина объяснима. За счет протекторных свойств GSH, в варианте 1:4 рачки сохраняли жизнеспособность дольше, чем в вариантах 1:0 и 1:1, за счет этого содержание никеля в варианте 1:4 оказалось больше. Предполагаем, что определение содержания никеля в организмах в момент времени, когда еще живы организмы всех вариантов, показало бы наличие обратной зависимости между содержанием GSH в растворе и количеством Ni в ракообразных.

Усовершенствована и отработана методика ИВА определения никеля в ЦБ и дафниях. Выявлено, что культура ЦБ после контакта с раствором, содержащем количество ионов никеля 2 мг/дм³ в течение 1 и 14 суток, обладает значительным биосорбционным потенциалом по отношению к никелю, что может быть использовано для создания нового биосорбента на основе ЦБ *Nostoc linckia*. Установлено, что с увеличением доли глутатиона в растворе повышается биоаккумуляция (накопление) ионов Ni²⁺ в ЦБ. Для дафний при данных условиях эксперимента закономерности между содержанием пептида в растворе и биоаккумуляцией Ni выявить не удастся из-за различной продолжительности жизни популяции в различных вариантах испытываемых сред.

Литература

- Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа. М., 1974.
- Сборник методик измерений массовой концентрации ионов меди, свинца, кадмия, цинка, висмута, марганца, никеля и кобальта методом вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА». М.: ООО «Эконикс-Эксперт», 2004. 61 с.
- Васильева С. Г. Накопление V, Li и Co клетками цианобактерии рода *Spirulina*: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 21 с.

Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И., Горностаева Е. А. и др. Методические подходы к количественному определению формазана в клетках цианобактерий // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф.-выставки инновационных экологических проектов с междунар. участием. Киров, 2013. С. 48–51.

ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: АКВАРОС, 2007. 41 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОРОДА И МЕДИ (II) НА СОДЕРЖАНИЕ ВОССТАНОВЛЕННОГО ГЛУТАТИОНА В ВОДНОМ РАСТВОРЕ

Е. И. Лялина, Л. Н. Поникаровская, А. И. Фокина
Вятский государственный гуманитарный университет,
lyalina.ekaterina@inbox.ru

Метаболизм кислорода в организме сопровождается образованием свободных радикалов, вредный эффект которых нейтрализуют вещества, входящие в антиоксидантную систему организма, одним из которых является глутатион (GSH). Функции глутатиона в организме очень обширные. В первую очередь, это нейтрализация токсических электрофильных соединений, регуляция свободнорадикальных процессов, в которых этот трипептид блокирует и удаляет свободные радикалы. Главная функция GSH – детоксикация ксенобиотиков и/или их метаболитов (Смирнов, Суховская, 1994). Образовавшиеся конъюгаты обычно экскретируются из клеток, но свойства этих конъюгатов могут быть различными. В качестве токсикантов могут выступать тяжелые металлы, с ними глутатион, как потенциальный биолиганд, способен образовывать комплексные соединения. Координационные соединения ионов переходных металлов способны образовывать с растворенным в воде кислородом кислородные комплексы супероксидного и пероксидного типа. Подобный комплекс меди способен взаимодействовать с субстратами как супероксидный радикал (Скурлатов и др., 1994). Для образования комплексов меди с глутатионом необходимо протекание окислительно-восстановительных реакций, но, согласно нашим ранним, исследованиям, между этими веществами проходят реакции и по обменному типу (Фокина, 2014). Протекание реакций по обменному типу подтверждают результаты работ и некоторых других авторов (Ahmed, 2014).

Целью работы было изучение процесса окисления глутатиона восстановленного в присутствии ионов меди двухвалентной и молекулярного кислорода.

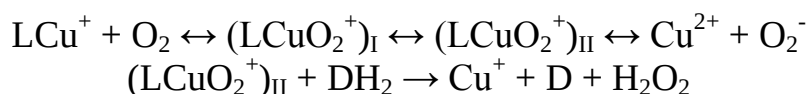
Объектами исследования были растворы восстановленного глутатиона различной концентрации с добавлением сульфата меди (II) и различным содержанием растворенного (молекулярного) кислорода.

Содержание растворенного кислорода в воде определяли электрохимически с помощью портативного оксиметра HI 9143 фирмы Hanna. Для определения содержания восстановленного глутатиона использовали методику спектрофотометрии с реактивом Элмана (Современные методы биохимии, 1977; Се-

верин, Соловьева, 1989). Измерение проводили на однолучевом сканирующем спектрофотометре ЮНИКО 2800.

Химический анализ водных растворов, в которых мольное соотношение Cu:GSH было равно 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 (концентрация ионов меди $1 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³), показал, что варианты растворов отличаются друг от друга по составу. Каждый вариант характеризуется наличием специфического комплексного соединения меди с восстановленным глутатионом. Состав комплексов соответствует соотношению Cu:GSH в исходной смеси (Фокина и др., 2014).

Влияние ионов меди на содержание восстановленного глутатиона. Согласно Ю. И. Скурлатову, координационные соединения меди способны образовывать надпероксидные и пероксидные комплексы с кислородом. Комплексы супероксидного типа (MeO_2^+) взаимодействуют с субстратом подобно супероксидному радикалу с выделением в раствор пероксида водорода и супероксид-аниона:



В модельном растворе с мольным соотношением 1Cu:1GSH (концентрация ионов меди $1,6 \cdot 10^{-5}$ моль/дм³) восстановленный глутатион не обнаружен, он может полностью вступить в реакцию с ионами меди, образуя прочный комплекс, который не разрушается при добавлении реактива Элмана, или часть глутатиона окислилась, в результате чего не было обнаружено. Концентрация растворённого кислорода с момента добавления меди и глутатиона в этой смеси уменьшается с $6,51 \pm 0,07$ мг/дм³ до $5,80 \pm 0,06$ мг/дм³. Подобные изменения подтверждают, что кислород вступает в реакцию с комплексами меди и глутатиона образуя супероксидазный комплекс.

В ходе определения количества восстановленного глутатиона в серии растворов с мольным соотношением Cu:GSH 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6 с реактивом Элмана установлено, что с увеличением концентрации трипептида оптическая плотность пропорционально возрастает как в присутствии ионов меди, так и в отсутствии их. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации в нём GSH в присутствии ионов меди располагается на плоскости ниже графика, характеризующего аналогичный раствор без ионов меди. Вероятно, это связано с протеканием окислительно-восстановительных реакций между глутатионом и ионами меди (II), с образованием окисленного глутатиона и восстановленных ионов меди (I).

Кроме того, объяснением может быть то, что важнейшей стадией в каталитических процессах окисления различных веществ молекулярным кислородом является восстановление иона металла, такое восстановление возможно за счет взаимодействия иона металла с донорами электронов, которым в нашем случае могут выступать молекулы глутатиона. Наличие у глутатиона лигандных свойств, способствует образованию промежуточного комплекса частичного переноса заряда. Этот комплекс может распадаться на продукты электронного переноса с образованием восстановленной формы металла и радикала редокс-лиганда, либо взаимодействовать с другой окислительной частицей

(Скурлатов и др., 1994). При этом образуется супероксидный радикал, который в свою очередь может окислять восстановленный глутатион.

Влияние растворенного в воде кислорода на содержание восстановленного глутатиона. Растворенный в воде кислород может не только вступать в реакцию с координационными соединениями меди, но окислять восстановленный глутатион. Определено что с увеличением концентрации растворенного кислорода от 2,42 мг/дм³ до 7,39 мг/дм³ содержание восстановленного глутатиона уменьшается в 1,5 раза.

Глутатионсодержащие растворы сульфата меди (II) имеют сложный многокомпонентный состав, который зависит от соотношения исходных компонентов. В растворе присутствуют комплексы меди и глутатиона восстановленного, но их состав различен в каждом из вариантов согласно соотношениям. Снижение концентрации восстановленного глутатиона при добавлении раствора соли двухвалентной меди указывает на протекание окислительно-восстановительных реакций с образованием активных форм кислорода и появление окисленных форм глутатиона. Окисленные формы также могут образовывать комплексные соединения с металлом-комплексобразователем – медью.

Литература

- Северин С. Е., Соловьева Г. А. Практикум по биохимии. М.: МГУ, 1989. 509 с.
- Скурлатов Ю. И., Дука Г. Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. М.: Высшая школа, 1994. 400 с.
- Смирнов Л. П., Суховская И. В. Роль глутатиона в функционировании систем антиоксидантной защиты и биотрансформации (обзор) // Ученые записки петрозаводского государственного университета. 2014. № 6. С. 34–38.
- Современные методы биохимии / Под ред. В. Н. Ореховича. М.: Медицина, 1977. 276 с.
- Фокина А. И., Лялина Е. И., Ашихмина Т. Я., Жаворонков В. И., Петраш В. В., Данилов Д. Н. Исследование состава, устойчивости и токсичности медьсодержащих соединений глутатиона в водном растворе // Фундаментальные исследования. 2014. № 9. С. 757–762.
- Ahmed M. World Appl. Sciences J., 2014. V. 29 (11). P. 1357–1362.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕННОГО ГЛУТАТИОНА МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ

А. Н. Гудина, Е. И. Лялина, А. И. Фокина
Вятский государственный гуманитарный университет,
annagdn@rambler.ru

Для определения глутатиона (GSH) в биологических объектах применяют различные методы. Классический метод основан на реакции образования окрашенных продуктов по реакции Элмана. Известны так же более современные методы определения GSH: хроматографические и масс-спектрометрические. Достаточно хорошо распространены электрохимические методы определения GSH (Будников и др., 2004). Существует также методика кулонометрического определения GSH (Зиятдинова, 2005). Предпочтение отдается чувствительным, простым и экспрессным методам анализа. Все эти требования выдерживает ин-

версионный электрохимический анализ (ИЭА), он экономичен, однако, еще не до конца разработан его методологический аппарат.

Известна методика количественного определения глутатиона, разработанная для инверсионного вольтамперметра (ИВА) марки ТА-2 (г. Томск) с ртутно-плёночным электродом (РПЭ). Существуют другие марки ИВА, стоимость которых несколько ниже, поэтому их приобретение будет доступнее для многих лабораторий. Таким является ИВА марки «Экотест-ВА», но аттестованной методики для этого анализатора еще нет.

Поэтому целью работы была апробация и корректировка методики определения GSH для прибора марки «Экотест-ВА» с вращающимся дисковым электродом с последующим подбором оптимальных условий проведения анализа.

За основу взяли методику, разработанную Е. В. Дорожкой для анализатора марки ТА-2. Принцип анализа по этой методике заключается в том, что молекулы GSH образуют комплексные соединения с ионами ртути двухвалентной, образованные соединения прикрепляются к ртутной пленке (РП) на электроде за счет иона двухвалентной ртути. При подаче напряжения происходит окисление GSH и прибор регистрирует катодный ток. Обязательным условием является наличие иона комплексообразователя для GSH (Hg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} и т. д.), так как молекула GSH сама по себе электрохимически неактивна (Дорожка, 2010).

Работу проводили на базе научно-исследовательской экоаналитической лаборатории ВятГГУ, на инверсионном вольтамперметре марки «Экотест-ВА» с вращающимся дисковым электродом (ВДЭ). Принцип работы ВДЭ схож с принципом работы РПЭ. Поэтому слой металлической ртути на поверхность электрода наносился электрохимически из раствора, содержащего нитрат ртути (II), в этот же раствор вводилась добавка GSH известной концентрации. Такой метод количественного определения GSH не подходит, так как в растворе молекулы GSH могут образовывать соединения с ионами ртути (II), свойства и поведение образующихся комплексов в растворе изучены не полностью, поэтому нами был предложен другой вариант определения.

Принцип методики заключался в следующем. На поверхности электрода формировали РП при потенциале электролиза -0,9 В в растворе нитрата ртути (II) с концентрацией $5,2 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³ в течение 3 циклов по 30 сек. каждый. После формирования РП, электрод ополаскивали дистиллированной водой, не снимая пленки, и помещали в ячейку с исследуемым раствором, где регистрировали вольтамперные кривые в переменноточковом режиме. Условия проведения анализа частично взяты из методики для определения GSH на приборе марки ТА-2, это интервал потенциалов в котором проходит определение GSH – от 0 мВ до -800 мВ и рН исследуемых растворов 9,8 в боратном буфере. Остальные необходимые параметры подбирали экспериментально, в соответствии со спецификой имеющегося анализатора: время накопления 60 сек., время очистки 0 сек., напряжение накопления 0 мВ. Катодный пик регистрировали в диапазоне потенциалов от -150 мВ до -300 мВ.

После отработки методики исследовано влияние рН на аналитический сигнал GSH. Анализированы буферные растворы с разным значением кислот-

ности: натрий-ацетатный буферный раствор с $\text{pH}=3,6$ и два боратных буферных раствора с $\text{pH } 7,8$ и $9,8$. При добавлении натрий-ацетатного буферного раствора пики на вольтамперограмме получались четкими с ярко выраженными границами. В остальных случаях пики были широкими и размытыми. Следовательно, оптимальным значением для инверсионно-вольтамперометрического определения является $\text{pH}=3,6$, при таком значении пик правильной формы.

Провели определение границ рабочего диапазона концентраций GSH, определяемых методом ИВА. Нижняя граница, определяемых концентраций составила $3 \cdot 10^{-6}$ моль/дм³. Увеличение концентрации GSH в растворе приводит к увеличению площади пика на вольтамперограмме. Верхняя граница, определяемых концентраций равна $3 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³. В данном диапазоне зависимость величины пика от концентрации GSH на вольтамперограмме имела линейный характер (рис.).



Рис. Зависимость между площадью пика и концентрацией глутатиона в растворе

По градуировочному графику определили содержание восстановленного GSH в контрольном растворе. Выявлено, что для данного диапазона погрешность определения составляет $\pm 11\%$.

Для сравнения была применена методика спектрофотометрического определения восстановленного GSH с реактивом Элмана. Спектрофотометрический метод количественного определения GSH основан на способности реактива Элмана или 5,5-дитиобис (2-нитробензойной) кислоты (ДТНБ) образовывать окрашенное соединение с GSH через SH-группы. Образующийся 5-тио-2-нитробензойный анион имеет интенсивную окраску желтого цвета, спектр поглощения которого определяют при $\lambda=412$ нм (Ellman, 1959).

Построить градуировочный график в таком же диапазоне концентраций как для методики ИВА с реактивом Элмана при спектрофотометрическом определении не удалось. Растворы с наибольшими концентрациями имели оптическую плотность больше единицы. Такие растворы для спектрофотометрии не подходят, хотя в вольтамперометрии используются.

Предложенный способ количественного определения GSH более перспективный. Он отличается простотой, не требует больших трудозатрат, значитель-

ного количества реактивов и отличается высокой чувствительностью и экспрессностью. Также этот способ имеет более широкий предел обнаружения ($3 \cdot 10^{-6} - 3 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³), но большую погрешность по сравнению с имеющимися методиками.

Таким образом, в результате проведения серии экспериментов, была адаптирована методика количественного определения глутатиона к ИВА марки «Экотест-ВА» с углесталловым электродом и откорректированы условия его успешного определения. Методика пригодна для применения в дальнейших экспериментах.

Литература

Будников Г. К., Зиятдинова Г. К., Валитова Я. Р. Электрохимическое определение глутатиона // Журнал аналитической химии. 2004. Т. 59. № 6. С. 645–648.

Дорожко Е. В., Короткова Е. И. Исследование электрохимических свойств глутатиона методом вольтамперометрии // Химия и химическая технология. 2010. Т. 53. С. 35–38.

Зиятдинова Г. К. Электрохимические методы оценки интегральной антиоксидантной емкости медико-биологических объектов: Автореф. ... канд. хим. наук. Казань, 2005.

Ellman G. L. Tissue sulfhydryl groups // Arch. Biochem. Biophys. 1959. Vol. 82. P. 70–81.

ПОДВИЖНОСТЬ ФТОРА В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Ю. Н. Некрасова¹, Е. В. Дабах^{1, 2, 3}

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

³ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com*

При поступлении загрязняющих веществ с выбросами на поверхность земли почва становится природным механическим, физико-химическим и биохимическим барьером на пути распространения загрязняющих веществ (ЗВ) по подвижным средам. Даже если в пробах воздуха, отбираемых периодически, не было обнаружено соответствующих веществ, то их накопление может проявиться при анализе проб снега и почв.

Соединения фтора содержатся в выбросах объекта по уничтожению химического оружия «Марадыковский» (ОУХО) при уничтожении фторфосфорорганических отравляющих веществ, поэтому экологический мониторинг содержания элемента в почвах проводился до начала процесса уничтожения химического оружия и в течение всего периода функционирования объекта. Результаты определений, полученные до начала уничтожения зарина, можно рассматривать в качестве фоновых значений.

Цель работы – оценка изменения содержания разных форм соединений фтора в почвах техногенной территории в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) и зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) ОУХО.

Объектами исследований были почвы на площадках мониторинга, заложенных на разном расстоянии от объекта.

Содержание фтора в почвах техногенных территорий

№ точки, расстояние до ОУХО, км	Дата отбо- ра	Гори- зонт	Тип почвы	pH _{KCl}	Среднее содер- жание подвиж- ного фтора, С _{Пф} , мг/кг	Среднее содер- жание водорас- творимого фто- ра, С _{Вф} , мг/кг	Валовая форма, С _{Валф} мг/кг	С _{Пф} / С _{Валф} , %	С _{Вф} / С _{Валф} , %
т. 057 (2,9 км)	12.07.04	0-5	Дерново- слабоподзолистая песчаная на вод- но-ледниковых отложениях нарушенная	4,61	0,67	0,49	318,6	0,21	0,15
	14.07.05	0-5		4,46	0,60	0,55	330,0	0,18	0,17
	14.07.06	0-5		4,91	0,69	0,67	338,8	0,20	0,20
	19.06.07	0-15		5,20	0,68	0,48	111,3	0,61	0,43
	10.09.08	0-15		4,30	0,72	0,59	63,1	1,14	0,93
	12.07.09	0-15		4,80	0,66	0,37	108,6	0,61	0,34
т. 034 (2,1 км)	24.09.04	0-3	Среднеподзо- листая песчаная на водно- ледниковых от- ложениях	3,90	0,85	0,30	129,6	0,66	0,23
	19.07.05	0-3		3,77	0,90	0,34	112,2	0,80	0,30
	11.10.06	0-3		3,84	0,79	0,30	146,6	0,54	0,20
	04.06.07	0-3		4,08	0,92	0,35	100,3	0,92	0,35
	04.08.08	0-5		4,65	0,75	0,24	88,9	0,84	0,27
	12.07.09	0-3		3,70	0,86	0,35	115,9	0,74	0,30
т. 033 (1,6 км)	03.10.04	0-4	Среднеподзо- листая песчаная на водно- ледниковых от- ложениях	3,41	0,88	0,62	137,2	0,64	0,45
	16.08.05	0-4		3,78	0,86	0,48	104,9	0,82	0,46
	11.10.06	0-5		3,85	0,79	0,42	92,04	0,86	0,46
	17.07.07	0-5		3,79	0,61	0,40	89,6	0,68	0,45
	12.07.09	0-5		3,80	0,89	0,30	123,6	0,72	0,24
т. 005 (0,33 км)	24.09.04	0-4	Среднеподзо- листая песчаная на водно- ледниковых от- ложениях	3,07	1,24	0,67	126,9	0,98	0,53
	28.07.05	0-5		3,20	1,16	0,76	147,3	0,79	0,51
	19.10.07	0-5		3,25	1,17	0,62	133,6	0,87	0,46
	08.06.08	0-7		3,75	1,01	0,54	107,3	0,94	0,50
	12.07.09	0-10		3,40	1,00	0,29	61,6	1,62	0,47

Содержание валовой, подвижной и водорастворимой форм фтора определяли потенциометрическим методом в смешанных образцах из верхних горизонтов почв, отобранных на площадках мониторинга с 2007 по 2014 гг.

В почвах СЗЗ и ЗЗМ объекта диапазон варьирования концентраций подвижного и водорастворимого фтора изменялся в широких пределах в зависимости от типа почв, ее гранулометрического состава (Шишкина, Дабах, 2008).

Наиболее высокие концентрации фтора, переходящего в водную вытяжку, были отмечены в дерново-подзолистых суглинистых почвах. Диапазон концентраций подвижных соединений фтора во всех почвах был довольно близкий. Максимальные концентрации не превышали 1,44 мг/кг. В целом, концентрации подвижных форм фтора были выше, чем водорастворимых, однако в некоторых образцах средне- и тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почв содержание водорастворимого фтора было близко или превышало содержание подвижного фтора.

Со времени начала уничтожения фторфосфорсодержащих отравляющих веществ (июль 2009 г.) содержание исследуемых форм фтора в почвах не изменилось.

В соответствии с розой ветров максимальные выпадения возможны к северу и северо-востоку от объекта, поэтому на участках мониторинга, расположенных в этом направлении от объекта и наиболее подверженных его воздействию, определялась не только концентрация подвижных и водорастворимых соединений фтора, но и его валовое содержание в почвах (табл.).

Три площадки – 5, 33 и 34 – расположены в одном лесном массиве на разном удалении от источника выбросов. Почвы на них подзолистые, характеризуются очень кислой реакцией среды. Наиболее подвержена влиянию объекта ближайшая от него площадка 5. Почвы на ней формируются в более влажных условиях. Морфологически влияние повышенного увлажнения на почвообразование в верхней части профиля не проявляется, но почвы отличаются более кислой реакцией среды.

Концентрации валового фтора в почвах указанных трех участков близкие. В течение всего периода наблюдений было отмечено более высокое содержание подвижных и водорастворимых форм фтора на площадке 5, что может быть косвенным свидетельством воздействия на почвы техногенного источника.

В почвах наиболее удаленной от объекта площадки 57, расположенной на лугу, до 2007 года смешанный образец отбирался из ненарушенной дернины. Позднее, после нарушения сплошного почвенного покрова, образец стал отбираться из корнеобитаемого слоя 0–15 см. В исходной песчаной почве роль дернины (органического вещества) в накоплении фтора отчетливо проявлялась. При «разбавлении» ее песчаным материалом нижележащего горизонта, валовое содержание фтора снизилось до значений, характерных для песчаных подзолистых почв, а доля подвижного и водорастворимого фтора не изменилась и соответствует значениям, полученным для других почв. Следует отметить, что в дернине содержание обеих форм фтора было почти одинаковым, в нарушенной песчаной почве количество фтора, переходящего в водную вытяжку, снизилось.

Таким образом, содержание подвижного и водорастворимого фтора на техногенной территории в окрестностях ОХУХО значительно ниже ПДК. Однако проявляется тенденция накопления подвижного фтора в почве на ближайшей к объекту площадке мониторинга. В дернине дерново-подзолистой супесчаной почвы валовое содержание фтора значительно выше, чем в подстилках подзолистых почв при относительно равных содержаниях подвижных форм фтора. Можно предположить, что прочность и механизм закрепления фтора в дернине существенно отличаются от подстилок.

Литература

Шишкина Ю. Н., Дабах Е. В. Мониторинг содержания фтора в почвах Кировской области // Региональные и муниципальные проблемы природопользования: Материалы X Всерос. науч.-практ. конф. Кирово-Чепецк. 2008. С. 78–79.

ПРИНЦИПЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОННОГО СОСТАВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Р. В. Селезнев¹, Г. Я. Кантор^{1,2}, И. В. Rogozin¹

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
romanseleznev@gmail.com, ecolab2@gmail.com*

Прямое потенциометрическое определение концентрации ионов при помощи ионоселективных электродов сравнительно редко используется в практике количественного химического анализа вследствие ряда известных недостатков этого метода, одним из которых является низкая внутрилабораторная прецизионность, обусловленная недостаточно высокой стабильностью электрохимических характеристик полимерных ионоселективных мембран, применяемых в качестве химического сенсора в большинстве современных массовых моделей измерительных электродов.

Традиционный подход при потенциометрическом измерении концентраций ионов в природной воде сводится к градуировке ионоселективного электрода серией стандартных растворов с последующим измерением электродного потенциала в анализируемом растворе и нахождением концентрации иона по калибровочной кривой (Морф, 1985). Однако такой подход имеет ряд недостатков, приводящих к появлению больших погрешностей измерения как случайного, так и систематического характера. Один из важнейших факторов, приводящих к систематической ошибке измерения – наличие в пробе неизвестных компонентов, отсутствующих при калибровке стандартными растворами. Для получения высокой точности измерения условия калибровки должны быть максимально приближены к условиям измерения, что в традиционных методиках анализа почти никогда не выполняется.

Другой существенный момент при проведении прямого потенциометрического измерения заключается в необходимости переноса электрода из одних растворов в другие. Резкое изменение состояния поверхности ионоселективной

мембраны при контакте с воздухом также ведет к появлению неконтролируемой ошибки измерения электродного потенциала.

Кроме того, при выполнении анализа не является вполне определенным само понятие равновесного электродного потенциала. Как правило, в процессе измерения показание милливольтметра непрерывно изменяется в течение длительного времени (до десятков минут), и момент фиксации показания регламентируется в разных вариантах методики измерения по-разному – либо по времени от погружения электрода в раствор, либо по достижении определенной скорости изменения электродного потенциала. Для ускорения стабилизации потенциала часто рекомендуется интенсивное перемешивание анализируемого раствора магнитной мешалкой, однако опыт показывает, что в этом случае результат измерения существенно зависит от скорости вращения мешалки, расстояния от вращающегося магнита до мембраны электрода и других плохо поддающихся контролю параметров.

Предлагаемые нами подходы к организации потенциометрического эксперимента направлены на преодоление выше указанных недостатков метода и сводятся к следующим принципам.

1. Максимальное приближение условий калибровки ионоселективного электрода к условиям измерения.

2. Минимальное изменение состояния поверхности мембраны электрода в течение времени измерения.

3. Максимальная изоляция измерительных электрических цепей от влияния внешних факторов (прежде всего – от электростатических и электромагнитных полей).

Требованию максимального приближения условий калибровки к условиям измерения в наибольшей степени соответствует метод известной добавки, существующий в различных вариантах (Камман, 1980; Селезнев, Кантор, 2013). При использовании этого метода отпадает необходимость в трудоемкой предварительной калибровке, которая к тому же не гарантирует достижения высокой точности анализа по вышеупомянутым причинам.

Для исключения резкого изменения состояния поверхности мембраны замену растворов необходимо производить без вынимания электрода на воздух. Благодаря тому, что при потенциометрическом измерении почти не происходит расходования химических реактивов, объем электрохимической ячейки может быть очень маленьким (несколько миллилитров), что позволяет произвести быструю замену раствора в ячейке при относительно небольших величинах линейной скорости и объемного расхода жидкости. Принципиально важно то, что при замене раствора электрод остается погруженным в жидкость, и мембрана не испытывает шока, приводящего к неконтролируемой ошибке измерения.

Изоляция прибора от внешних электромагнитных помех достигается помещением всех компонентов измерительной цепи, включая ячейку с электродами и электронную плату аналого-цифрового преобразователя, в заземленный металлический корпус.

Устройство разработанного нами измерительного прибора, в конструкции которого учтены выше описанные принципы, схематически показано на рисунке.

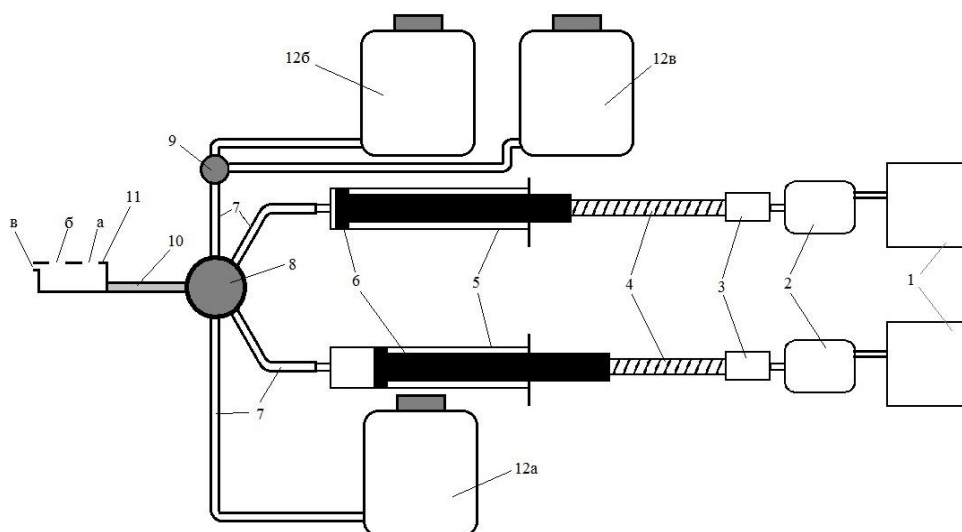


Рис. Принципиальная схема устройства механической части автоматического иономера

Конструкция прибора состоит из шаговых двигателей (2), управляемых программируемыми контроллерами (1). К валам двигателей при помощи муфт (3) крепятся ходовые винты (4), соединенные с поршнями (6), перемещающимися внутри цилиндров (5). Емкости (12) наполняются растворами: анализируемой пробой (12а), стандартным образцом (12б) и деионизованной водой (12в). При помощи трехходового крана (9) выбирается раствор для заполнения цилиндра, а при помощи пятиходового крана (8) специальной конструкции задается направление растворов из емкостей в цилиндры либо из цилиндров в смешиватель (10), из которого уже разбавленная проба или проба с добавкой поступает в электрохимическую ячейку (11). Ячейка содержит отверстия для ионоселективного электрода (11а), электрода сравнения (11б) и отверстие для слива (11в). Взаимное расположение электродов исключает попадание электролита из проточного электрода сравнения на ионоселективную мембрану.

Электроды подключаются к милливольтметру, соединенному с компьютером через интерфейс RS-232. При выполнении измерения специально разработанная программа управляет скоростями вращения шаговых двигателей по конкретному сценарию, соответствующему выбранной методике, и через равные промежутки времени фиксирует измеренные значения электродного потенциала. Полученный временной ряд подвергается математической обработке, результатом которой является концентрация определяемого компонента в пробе.

Литература

Камман К. Работа с ионселективными электродами. М.: Мир, 1980. 285 с.

Морф В. Принципы работы ионоселективных электродов и мембранный транспорт. М.: Мир, 1985. 280 с.

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ В РАЙОНЕ КИЛЬМЕЗСКОГО ЗАХОРОНЕНИЯ ЯДОХИМИКАТОВ

Г. И. Березин¹, Е. В. Дабах^{1, 2, 3}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

³ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com

Одним из потенциально опасных объектов на территории Кировской области является захоронение ядохимикатов, оборудованное в 70-х годах XX века на территории Кильмезского района. Общая масса захороненных пестицидов составляет около 590 т, из них 52 т – пестициды 1-го и 2-го классов опасности.

Экологическая обстановка в районе объекта изучается сотрудниками лаборатории биомониторинга ИБ Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ с 2006 года.

Часть захороненных ядохимикатов является неорганическими солями тяжелых металлов (ТМ) и металлоорганическими соединениями. Например, Hg входит в состав агронала, гранозана, радосана, полихлорпинена, фенилмеркурацетата, Cu является компонентом медного купороса, препарата АБ, фентиурама, парижской зелени, Zn содержится в цираме. Соответственно, по увеличению концентрации тяжелых металлов в почве можно косвенно судить о загрязнении почв пестицидами. Целью нашей работы было изучение содержания подвижных форм ТМ в почвах в районе Кильмезского захоронения ядохимикатов.

Исследования проводились на 8 площадках мониторинга (ПМ) (рис.), 6 из которых расположены вниз по склону от объекта. Фоновая площадка (ФК) находится примерно в 5 км к востоку от захоронения. На этой площадке под посадками соснового леса распространены подзолистые почвы, верхняя часть профиля которых была нарушена при посадочных работах 30–40 лет назад. В связи с этим слой подстилки – маломощный, всего 1,5–2 см, нижележащий горизонт на глубине от 2 до 15 см не дифференцирован, представлен однородной буровато-желтой песчаной массой. По характеру растительности и строению профиля ПМ 8 может рассматриваться в качестве фоновой для ПМ 5, расположенной в 50 м к югу-юго-востоку от ядомогильника вниз по склону. ПМ 2, 4, 6 и 7 расположены на заболоченных берегах р. Осиновки и ее притоков, образцы почв представлены перегнойными и торфяно-перегнойными горизонтами. Поскольку сток с Ореховской возвышенности перехватывается водами ручьев (рис.), то площадку 2 в верховьях р. Осиновки можно рассматривать как фоновую для мониторинга почв на прибрежных площадках 4, 6 и 7. Площадка 3 заложена на заброшенной пашне в урочище Ореховое.

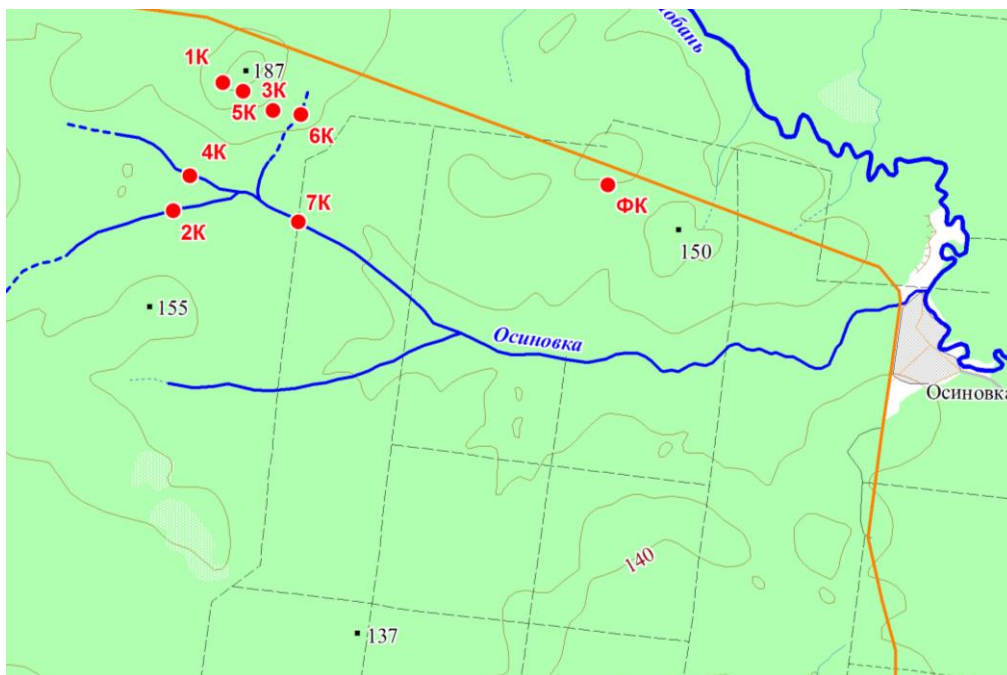


Рис. Площадки мониторинга почв в районе
Кильмезского захоронения ядохимикатов

Концентрации подвижных форм Cu, Zn, Cd, Pb определяли атомно-абсорбционным методом, содержание Hg в валовой форме определяли методом беспламенной атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре «Спектр-5» с ртуть-гидридной приставкой РГС-1.

Содержание ТМ в почвах на ПМ в районе Кильмезского захоронения ядохимикатов в 2014 году приведено в таблице.

Согласно данным, приведенным в таблице, ни в одной пробе не превышены ПДК меди. Самое высокое содержание меди зафиксировано в почве с площадки 1К, заложенной на крыше захоронения. Высокие концентрации элемента отмечены в почвах на площадке 7К, они достоверно выше значений, характерных для почв на площадке 2К, расположенной выше по течению реки Осинówki. В целом, концентрации подвижной меди и в органогенных, и в минеральных горизонтах крайне низкие, существенно ниже средних значений для почв Кировской области – 1,5 мг/кг (Шихова, Егошина, 2004). Закономерной приуроченности их к органогенному горизонту не проявляется. Возможно, это связано со способностью элемента образовывать устойчивые комплексы с ГК и ФК, особенно при малых концентрациях меди в почвах (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Таблица

Содержание ТМ в почвах

Площадка мониторинга (глубина, см)	Содержание элемента, мг/кг				
	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
1К (0-15)	0,44±0,12	0,71±0,24	0,07±0,02	0,45±0,11	н.о
2К (0-10)	0,11±0,03	4,3±1,4	0,17±0,05	<0,1	н.о
2К (10-20)	0,04±0,01	0,16±0,07	0,063±0,019	<0,1	н.о
3К (0-15)	0,07±0,02	4,2±1,4	0,125±0,038	0,55±0,14	н.о
4К (0-8)	0,06±0,02	8,5±2,8	0,25±0,06	0,52±0,13	0,35±0,17

Площадка мониторинга (глубина, см)	Содержание элемента, мг/кг				
	Cu	Zn	Cd	Pb	Hg
4К (8-20)	0,08±0,02	1,16±0,38	0,063±0,019	0,44±0,11	0,15±0,07
5К (0-3)	<0,002	20±7	0,32±0,08	1,25±0,26	0,36±0,17
5К (3-15)	0,07±0,02	2,5±0,8	0,13±0,04	0,43±0,11	0,15±0,07
6К (0-5)	0,085±0,024	25±8	0,54±0,14	0,79±0,20	н.о
6К (5-18)	0,15±0,04	0,19±0,08	0,098±0,029	0,81±0,20	н.о
7К (0-3)	0,21±0,06	25±8	0,64±0,16	0,57±0,14	0,55±0,26
7К (3-20)	0,11±0,03	18±6	0,51±0,13	0,80±0,20	0,60±0,29
ФК (0-3)	0,07±0,02	16±5	0,23±0,06	3,1±0,7	н.о
ФК (3-15)	0,15±0,04	2,1±0,7	0,105±0,032	0,58±0,14	н.о
ПДК	3	23	–	6	2,1

Примечание: н.о. – компонент не определялся в почве данного участка.

В почвах на площадках, расположенных ниже по склону к юго-юго-востоку от объекта (ПМ 5, 6, 7), в верхних горизонтах отмечено высокое содержание цинка. В почвах на ПМ 6 и 7 оно незначительно превышает ПДК (в 1,1 раза) и существенно – фоновые концентрации (в 5 раз). В отличие от меди проявляется четкая приуроченность максимальных концентраций цинка к органо-генным горизонтам. Кислая среда также способствует высокой подвижности элемента в этих почвах (Шихова, Егошина, 2004; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Концентрация подвижного свинца в почвах на всех площадках мониторинга низкая, максимальные значения отмечены в горизонте лесной подстилки на фоновом участке (они в 2 раза ниже ПДК) и в аналогичном горизонте на ПМ 5 (0,2 ПДК). Присутствие элемента в верхнем горизонте обязано, вероятнее всего, глобальному загрязнению почв свинцом. Фоновый участок расположен на небольшом расстоянии от дороги и, так же как и ПМ 5, был нарушен при лесопосадочных работах.

Подвижный кадмий в почвах не нормируется. Если сравнивать с фоновым участком ПМ 8, то в почве на ПМ 5 концентрация элемента соизмерима. Что касается гидроморфных почв, расположенных по берегам ручьев и реки Осинówki, то содержание кадмия на всех площадках к юго-востоку и югу от объекта (6К и 7К) значительно выше, чем на ПМ 2. Во всех почвах органо-генные горизонты отличаются повышенными, по сравнению с минеральными горизонтами, концентрациями элемента. В почвах на ПМ 6 и 7 содержание подвижного кадмия выше значений, характерных для почв Кировской области – 0,01–0,30 мг/кг (Шихова, Егошина, 2004).

Концентрация подвижной ртути в почвах на ПМ 7, контролирующей водосбор с обследуемой территории, значительно ниже ПДК, но выше, чем в почвах на других площадках, где ранее в почвах были обнаружены пестициды.

Таким образом, несмотря на невысокое содержание пестицидов и периодичность их обнаружения в почвах вокруг захоронения ядохимикатов, накопление тяжелых металлов в почвах на площадках мониторинга свидетельствует

о влиянии захоронения на окружающую среду и является обоснованием для продолжения мониторинга территории.

Литература

Шихова Л.Н., Егошина Т. Л. Тяжелые металлы в почвах и растениях таежной зоны Северо-Востока Европейской России. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2004. 64 с.
Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М: Мир, 1989. 439 с.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНЕ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ПО АНАЛИЗУ СНЕГОВОЙ ВОДЫ

Е. А. Домнина^{1,2}, С. А. Дьякова¹

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
swetylina@yandex.ru*

Атмосфера – это газообразная оболочка Земли, состоящая из смеси многих газов и пыли. В настоящее время большое влияние на состав атмосферы оказывает хозяйственная деятельность человека.

Одним из крупнейших промышленных предприятий России является Кирово-Чепецкий промышленный комплекс им. Б. П. Константинова (КЧПК). На долю предприятия приходится 76% от общего выброса загрязняющих веществ в г. Кирово-Чепецке, к которым относятся углекислый газ, оксиды серы и азота, тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), фенолы и др. (О состоянии ..., 2014). Снеговой покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу, поэтому он является хорошим индикатором загрязнения атмосферного воздуха.

Цель нашей работы: оценка состояния атмосферного воздуха в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса тетразольно-топографическим методом.

Выбор точек отбора проб снега для определения общей токсичности был обусловлен преимущественно направлением преобладающих ветров и удаленностью от источников загрязнения. Места отбора проб выбирали вне дорог, троп и других мест, где вероятно попадание механических примесей (ГОСТ 17.1.5.05.-85). Пробы снежного покрова отбирали согласно РД 52.04.186-89 ежегодно перед первой большой оттепелью (март).

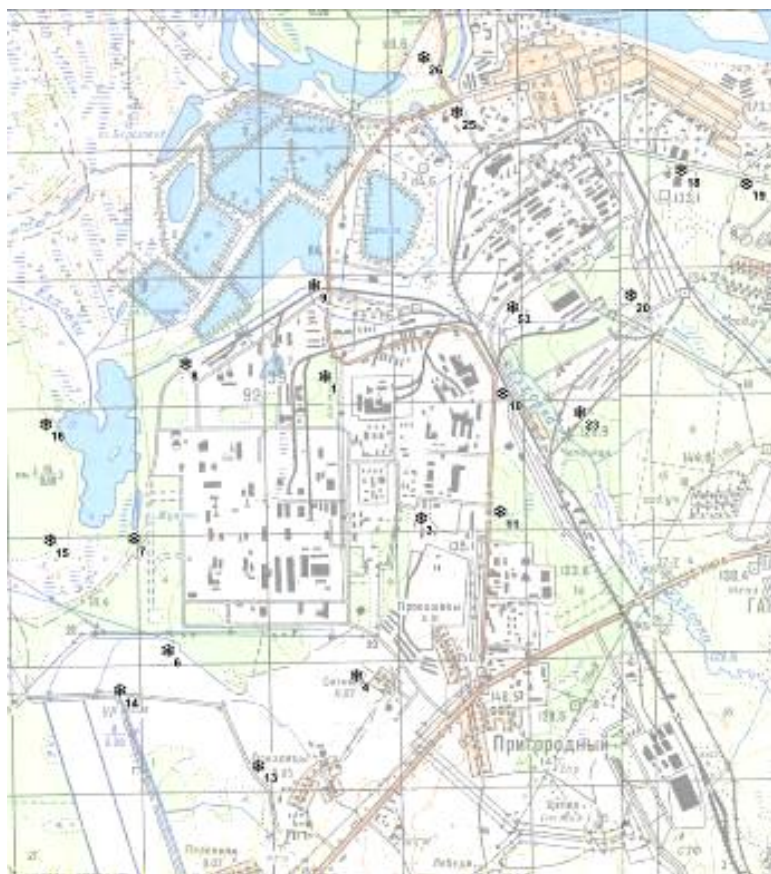


Рис. Карта-схема расположения точек отбора проб снега

Анализ полученных проб проводили в экоаналитической лаборатории биотестирования ВятГГУ. Для биотестирования снеговой воды использовали семена яровой пшеницы сорта «Ирень».

Тетразольно топографический метод определения жизнеспособности семян основан на способности дегидрогеназ живых клеток восстанавливать бесцветный раствор хлористого тетразола в фармазан. В результате зародыш семян приобретает красный (малиновый) цвет. Зародыш мертвых (погибших) семян остается неокрашенным. (ГОСТ 12039-82). Отклонение от нормы (контроля), превышающее 10% свидетельствует о токсичности пробы.

Результаты биотестирования проб за 2013–2015 гг. представлены в таблице.

Таблица

Результаты биотестирования проб снега в районе влияния Кирово-Чепецкого промышленного комплекса за 2013–2015 гг.

№ точки	% окрашенных семян		
	2013 г.	2014 г.	2015 г.
T.1	85	99	98
T.3	84	96	97
T.4	89	98	100
T.6	88	98	97
T.8	76	97	99
T.9	83	98	99
T.10	84	98	99

№ точки	% окрашенных семян		
	2013 г.	2014 г.	2015 г.
T.11	83	96	100
T.13	-	97	99
T.19	82	94	98
T.20	89	98	98
T.25	78	98	91
T.26	83	99	96
T.53	84	97	96
T.55	85	99	98
Контроль (дист. вода)	100	100	100

Анализ результатов 2013 г. (табл.) показал, что более 65% проб снеговой воды были токсичны. Максимальное отклонение от контроля отмечено в воде с участков, расположенных вблизи завода «Полимер» и секции хранения отходов (т. 8, т. 25). В 35% проб жизнеспособность семян пшеницы колебалась в пределах от 82 до 94%.

В 2014 г. жизнеспособность семян, определенная тетразолюно-топографическим методом, составила 94–99%. Данные результаты свидетельствуют об отсутствии токсичности. Наибольшее отклонение от контроля (6%) наблюдалось в снеговой воде с участка 19, расположенного в 1 км на восток от завода «Полимер».

В 2015 г. отклонение от контрольного значения, как и в 2014 г. было в среднем 6%. Исключением явилась точка 25, расположенная в 0,5 км на северо-запад от Завода минеральных удобрений, у которой жизнеспособность составила 91%.

Сравнение результатов исследования за период 2013–2015 гг. показало, что общая токсичность проб снеговой воды снизилась. Эти данные свидетельствуют об улучшении состояния атмосферного воздуха в районе исследования.

Литература

ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

ГОСТ 12039-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности.

О состоянии окружающей среды Кировской области в 2013 году: Региональный доклад / Под общ. ред. А. В. Албеговой. Киров, 2014. 192 с.

РД 52.04.186-89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы.

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ УРБОЭКосИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ г. СЫКТЫВКАР, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Е. М. Лаптева, Ю. А. Виноградова, Ю. В. Холопов, Д. А. Каверин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

lapteva@ib.komisc.ru

Почвы в городских экосистемах выполняют все биосферные функции почв, в т.ч. и санитарную, накапливая и преобразовывая природные органические материалы и вещества техногенного происхождения (Экологические функции..., 2004). В силу особенностей своего формирования и функционирования, городские почвы представляют собой крайне нестабильную систему с интенсивным и изменчивым потоком техногенных веществ (Капелькина, 2010). Производственная и хозяйственная деятельность человека в рамках города обуславливает существенное загрязнение урбаноземов техногенными компонентами (тяжелыми металлами, органическими поллютантами, нефтепродуктами и т.д.), которые включаются в цепи питания, мигрируют в почвенно-грунтовые воды, водозаборы и, в конечном итоге, оказывают влияние на состояние здоровья городского населения. В связи с этим в настоящее время особое внимание уделяется исследованиям, направленным на изучение почв урбанизированных ландшафтов (Почва, город, экология, 1997; Особенности урбоэкосистем..., 2012), выявление закономерностей накопления в них поллютантов и тяжелых металлов (Юзефович, Кошелева, 2009; Кошелева, Никифорова, 2011), оценку состояния в них биотического блока (Артамонова и др., 2007; Сизова и др., 2011).

Следует отметить, что особенностью Республики Коми (РК) является концентрирование основной части населения в городах. Удельный вес городского населения в республике составляет 77,5% (Государственный доклад..., 2014). Исходя из этого, оценка состояния почв и почвенного покрова основных функциональных зон (промышленная, транспортная, селитебная, рекреационная, агротехногенная) городских ландшафтов республики, выявление распределения в почвенном покрове загрязняющих компонентов (тяжелые металлы, фенолы, нефтепродукты, бенз(а)пирен), оценка уровня токсичности городских почв и параметров качества городской среды остаются для Республики Коми весьма актуальными на современном этапе.

Цель данной работы заключалась в оценке уровня загрязнения тяжелыми металлами почв г. Сыктывкара и характеристике функциональной активности их микробных сообществ.

Отбор проб почв проводили в различных функциональных зонах г. Сыктывкара на глубину 0–10 см. Образцы почв анализировали в Экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН, где определяли содержание тяжелых металлов, гранулометрический состав, величину рН водной и солевой вытяжек, содержание органического углерода и общего азота. Почвенное микробное сообщество характеризовали на основе оценки функциональной

активности микробиоты с помощью метода мультисубстратного тестирования (Горленко, Кожевин, 2005).

Город Сыктывкар – административный центр РК. Почвы на его территории сформированы преимущественно на нетоксичных субстратах. Здесь широко распространены поверхностно-преобразованные почвы, развитые на естественных почвообразующих породах. Основным источником загрязнения на территории города является автомобильный транспорт. По сравнению с другими промышленными городами республики (Воркутой, Ухтой, Сосногорском), в Сыктывкаре аэротехногенное загрязнение от стационарных объектов по твердым веществам меньше в 20, по диоксиду серы – в 20-30, по углеводородам – в 1000-2000 раз (Государственный доклад..., 2014). Почвы Сыктывкара отличаются нейтральной реакцией среды (среднее значение рН солевых вытяжек 6,9 единиц рН), с разбросом от кислых (рН 5,04 единиц) до слабощелочных (рН 7,7 единиц), что в принципе характерно для почв урбоэкосистем. Верхние горизонты урбаноземов загрязнены бенз[а]пиреном и нефтепродуктами, однако содержание в них большинства тяжелых металлов не превышает ОДК(ПДК). В целом для почв Сыктывкара характерен низкий региональный уровень содержания меди, никеля, кобальта, ртути. В тоже время содержание таких металлов как цинк, мышьяк, свинец, кадмий имеет более широкий разброс с переходом в ряде мест отбора в категорию повышенного и высокого содержания. В частности, для подвижных форм цинка отмечено превышение ПДК в 1,2–11,7 раз, меди – в 1,2 раза, валового содержания мышьяка – в 1,1–1,9 раза, свинца – 8,9 раз.

Функциональная активность микробных сообществ, определяющих протекание биологических процессов в почвах г. Сыктывкара, также варьирует в широких пределах. Из 48 субстратов, используемых в методе мультисубстратного тестирования (МСТ), почвенная микробиота утилизировала, в зависимости от места отбора, от 24 до 46. При этом минимальным количеством потребляемых субстратов отличались микробные сообщества почв парковых зон, максимальным – скверов и территорий с частной застройкой. Остальные места отбора – дворовые территории селитебной зоны, газоны вдоль автомагистралей, территории детских и учебных заведений, промышленных зоны – характеризуются относительно стабильным количеством потребляемых субстратов (32–39 источника органических веществ). Функциональное разнообразие микробных сообществ почв урбоэкосистем достаточно высокое – индекс Шеннона 4,7–5,2. В редких случаях отмечено снижение их разнообразия, связанное преимущественно сдвигом реакции среды либо в более кислую, либо в более щелочную область, и не зависящее от уровня загрязнения почв тяжелыми металлами. Все рассмотренные почвы характеризуются высокой метаболической активностью микробных сообществ. Показатель удельной метаболической работы варьирует от 1700 до 2700 единиц, в единичных случаях снижаясь до 970. Однако по уровню потребления различных групп субстратов микробные сообщества различных функциональных зон города имеют определенные отличия. Особенно это касается потребления сахаров, в первую очередь, олигосахаров, аминокислот и азотсодержащих соединений, что позволяет эти субстраты использо-

вать в качестве индикационных для оценки функционального состояния блока почвенной микробиоты урбоэкосистем Севера.

Литература

Артамонова В. С., Бортникова С. Б., Ившина И. Б., Каменских Т. Н., Смирнова Н. В., Шапорина Н. А. Микробные комплексы почв урбанизированных территорий // Сибирский экологический журнал. 2007. Т. 14. № 5. С. 797–809.

Горленко М. В., Кожевин П. А. Мультисубстратное тестирование природных микробных сообществ. М.: МАКС-Пресс, 2005. 88 с.

Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Республики Коми в 2013 году» / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГБУ РК «ТФИ РК». Сыктывкар, 2014. 122 с.

Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

Капелькина Л. П. Особенности почвообразования и функционирования почв в городских экосистемах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2010. № 190. С. 47–54.

Кошелева Н. Е., Никифорова Е. М. Многолетняя динамика и факторы накопления бенз(а)пирена в городских почвах (на примере ВАО Москвы) // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2011. № 2. С. 25–35.

Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. 282 с.

Почва, город, экология / Под ред. Г. В. Добровольского. М., 1997.

Сизова М. Г., Вальков В. Ф., Евсюков А. П. Мезофауна как показатель степени нарушения почв урбанизированных территорий // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2011. № 2. С. 64–68.

Экологические функции городских почв / Под ред. А. С. Курбатовой, В. Н. Башкина. М., Смоленск, 2004.

Юзефович А. М., Кошелева Н. Е. Загрязнение почв селитебной зоны Москвы и его связь с природными и антропогенными факторами // Теоретическая и прикладная экология. 2009. № 3. С. 35–42.

СЕКЦИЯ 6 ПРОБЛЕМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИИ. ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

СМОЛЕНЩИНА: РОДИНА И ОБЪЕКТ ПЕРВЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВАСИЛИЯ ВАСИЛЬЕВИЧА ДОКУЧАЕВА

**В. А. Снытко¹, В. А. Широкова¹, В.А. Низовцев²,
Н. М. Эрман¹, Н. А. Озерова¹, О. С. Романова¹**

¹ *Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН,*

² *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
vsnytko@yandex.ru, shirocova@gmail.com, nizov2118@mail.ru*

Василий Васильевич Докучаев (1846–1903) – великий русский ученый – географ, почвовед, основатель научного почвоведения, один из основоположников физической географии России, родился в с. Милуково Сычевского уезда Смоленской губернии (Чеботарева, 1949).

На последнем курсе Петербургского университета Докучаев обратился за выбором темы для своей кандидатской работы к геологу и минералогу А. П. Пузыревскому, который предложил Докучаеву заняться изучением геологического строения берегов р. Качни на Смоленщине – родной и знакомой территории.

В работе «О наносных образованиях по речке Качне Сычевского уезда Смоленской губернии» (1972) подробно описана долина реки Качни, между с. Милуково и д. Быково (Докучаев, 1872). Сделано 20 разрезов, в каждом из которых отмечены слои: глины, пески с включениями кремневых и известковых галек, гранитных валунов, костей мамонта и других древних животных. Определено время происхождения геологических слоев: «Нахождение во втором и третьем слое засушенных и пресноводных раковин, залегание в них остатков деревьев и костей мамонта говорят нам, что эти слои пресноводного образования и что время их происхождения принадлежит к новейшему – потретичному периоду» (Докучаев, 1872). Верхний пласт в разрезах был определен как северный нанос, образовавшийся на дне моря.

В 1872 г. В. В. Докучаев осмотрел весь Сычевский уезд и большую часть Гжатского, а именно всю восточную его часть. Эти уезды, вместе с Бельским, «представляют самую высокую часть Смоленской губернии. Здесь находятся верховья Вазузы, Днепра, Гжати и Качни» (Докучаев, 1873а). В. В. Докучаев исследовал реки Вазузу, Гжать, Качню, Лосешну, Язу и местность в верховьях этих рек, которая «представляла замечательно ровное место, часто даже болотистое» (Докучаев, 1873а). В ходе работ по Гжатскому уезду В. В. Докучаев также исследовал вопрос обмеления р. Гжати. Он доказал, что причинами обмеления Гжати являются: 1. Сильная вырубка лесов; 2. С уменьшением лесов

снег весной тает гораздо быстрее и уходит из нее; 3. Строительство по соседству с Гжатью железных дорог (Докучаев, 1873б).

В 1874 г. В. В. Докучаев совершил поездку в северную и среднюю части Смоленской губернии. Он обследовал местности на р. Качне – близ с. Милюково, на р. Гжати – у г. Гжатска, на р. Лосьминке – близ г. Сычевки. В этих местах было найдено огромное количество костей мамонта. Также была осмотрена долина р. Каспли у г. Поречье, р. Обши в г. Белом и до впадения ее в р. Межу (близ д. Песок), р. Днепр у Смоленска, «местность оз. Свадицкого» Бельского уезда. Докучаевым найдены хорошо обработанные орудия каменного периода и отмечено, что найденные орудия сделаны из тех материалов, которые были распространены в Смоленской губернии (Докучаев, 1874). На заседании минералогического общества в 1876 г. Докучаев докладывал о своих исследованиях бассейна Днепра в пределах Смоленской губернии; описал характер и распространение формаций, принимающих участие в формировании речной долины. Замечено, что дно долины понижается по направлению от реки ко вторым «аллювиальным» берегам. Изучение строения аллювия и деталей рельефа долины привело В. В. Докучаева к следующим заключениям: 1) на месте Днепра существовал когда-то ряд озер, соединявшихся протоками; 2) Днепр никогда временно не заполнял своими водами всей аллювиальной долины; 3) вторые берега Днепра приняли свою теперешнюю резкую форму после того, как он сам сформировался в определенную реку; 4) образование резко очерченных вторых берегов нужно приписывать, главным образом, многократному и теперь продолжающемуся перемещению русла Днепра в пределах его аллювиальной долины (Докучаев, 1876). По мнению современника Докучаева геолога А. П. Павлова, этот доклад показывает, «что основные идеи В. В. Докучаева об истории образования среднерусских речных долин, которые были подробно развиты впоследствии в его магистерской диссертации, сложились уже в 1875 г.» (Павлов, 1903).

Геологические исследования продолжались в южной части Смоленской и Витебской губерниях. Докучаев описал берега Днепра, начиная от Дорогобужа и кончая Оршей, и Западную Двину от Велижа до местечка Уллы. Он дважды пересек водораздел этих рек (Докучаев, 1877). Исследования Докучаева имеют особое значение для изучения геологического прошлого Смоленской губернии.

Проведенные работы на территории Европейской России легли в основу написания магистерской диссертации и издания в 1878 г. труда Докучаева «Способы образования речных долин Европейской России» (Докучаев, 1878). В ней Докучаев дал подробный обзор физико-географических и геологических особенностей всех речных систем Северо-Западной России, изученных им во время экспедиции, и на основе этих материалов сформулировал свою теорию происхождения речных долин. В этом труде Докучаев описывает главнейший водораздел систем рек Волги, Днепра, Западной Двины: «в Смоленской губернии этот водораздел находится в Бельском, частью Сычевском и Поречском уездах, – это трудно проходимое место, почти всегда болотистое, очень лесистое, обыкновенно горизонтальное пространство, представляющее глазу наблюдателя в виде гладкой поверхности моря; оно пересечено множеством

крайне извилистых и изменяющих каждую весну свое направление ручьев и речек, усеяно массою частично уже совершенно заросших, а частично еще растающих озер» (Докучаев, 1878). Отдельная глава этого труда посвящена исследованию геологического строения речных долин Смоленской и Витебской губернии. Докучаев произвел наблюдения водораздела от г. Духовщины к Поречью, при этом осмотрел на пути истоки Жериспея и Хмости, а также берега Каспли, далее он следовал из Поречья по водоразделу между притоками Межи и Днепра в г. Белый, и из г. Белого вдоль р. Обши до ее устья к селу Булашево на Днепр, где берут свое начало десятки речек, от Булашева к верховью Днепра, и затем осмотрел верховья многих притоков Волги.

Исследование долины Днепра начались в с. Днепрово. Описана эта местность так: «местность всюду ровная, очень болотистая и лесистая, а сам Днепр имеет вид очень маленького ручейка» (Докучаев, 1878). Докучаев осмотрел берега Днепра и дал описания местности дер. Быково и до Дорогобужа, от Дорогобужа проследил все протяжение Днепра до Орши. Подробно было дано описание Днепровской долины в окрестностях Смоленска: «узкая, но чрезвычайно глубокая долина Днепра, а по сторонам от реки – высокая, изрезанная рвами местность, наивысшие точки которой оказываются одинаково на обоих берегах Днепра имеющие одинаковую высоту» (Докучаев, 1878).

В результате исследований Днепровской долины были сделаны выводы: «Днепр занял наиболее глубокие части бывших озер, дно этих озер обратилось большей частью в заливную долину» (Докучаев, 1878). Докучаев отметил важную особенность Днепровской долины, которая заключалась в том, что ее развитие не окончилось и что «Днепр на глазах молодого поколения делает чрезвычайно сильные изменения своего русла» (Докучаев, 1878).

В. В. Докучаев дал полную характеристику речной системы Западной Двины – им была осмотрена р. Каспля близ устья р. Свадицы, близ г. Поречья и в самом Поречье, перед устьем р. Гобзы. Он дал такое описание: «пространство чрезвычайно болотистое и сложенное из торфянистых масс» (Докучаев, 1878). При изучении речной долины р. Обши он обращался к исследованиям северной части Смоленской губернии А. Дитмара, дополнив их своими важными физико-географическими наблюдениями. Докучаев осмотрел долину реки Обши от Белого, определял геологическое строение участков реки у деревень Песок, Сорокино и Устье до впадения в Межу, а также осмотрел образования речной долины Западной Двины на всем протяжении Смоленской губернии. Докучаев пересек долину Западной Двины между Суражем и Велижем по дороге, связывающей эти города. Описал эту местность так: «Местность чрезвычайно песчаная и своим видом сильно напоминала прибрежные полосы Днепра между Дорогобужем и ст. Соловьевой; полагаю что эти пески – пережитый дилувий» (Докучаев, 1949).

Рассматривая реки Смоленской губернии, Докучаев отметил: «Особенностью наших речных долин служит резкое различие в форме и размерах живого сечения наших рек (русла) и их аллювиальных заливных долин» (Докучаев, 1878) и «другим типическим явлением, разнообразящим вид наших речных долин, служат во множестве разбросанные по ним старицы, слепые ветви рек, за-

води, продолговатые озера и болота» (Докучаев, 1878), а также «Не подлежит сомнению существование в речных долинах террас, их прерывистость в горизонтальном протяжении и неодинаковое число на протяжении одной и той же реки» (Докучаев, 1878).

Результаты исследований Докучаев представлял на всемирных выставках. В Париже в 1889 г. были представлены почвенные карты, сочинения, а также образцы почв, в том числе из с. Милуково Сычевского уезда Смоленской губернии.

В 1890 г. на VIII съезде русских естествоиспытателей и врачей В. В. Докучаев призывал уделять значительно большее внимание подробному изучению родных областей России: «Европейская Россия, даже в ближайшем, наиболее исследованном, соседстве с нашими столицами представляет богатейший и разнообразнейший материал для детального изучения, потому что каждый овраг, с его различного рода породами и минералами, любой луг, кусочек леса, всякое озеро, ничтожное болото могут представить вполне достаточные данные для любого, самого выдающегося, в научном и практическом отношениях труда. Словом, чтобы найти подходящий материал для самой интересной и ученой работы, как в области естествознания, так физической географии и сельского хозяйства, вовсе нет надобности предпринимать отдаленные, дорого стоящие и продолжительные экскурсии; для этой цели совершенно достаточно штудировать детально и умелой рукой окружающую нас природу» (Докучаев, 1890).

Исследования речных долин Днепра, Западной Двины, проведенные в Смоленской губернии, способствовали формированию представлений об образовании речных долин Европейской России.

Работа выполнена по проектам РГНФ № 15-03-00749, № 15-03-18045.

Литература

Докучаев В. В. О наносных образованиях по р. Качне Сычевского уезда Смоленской губернии // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей СПб., 1872. Т. III. С. XXIX–XXXIII.

Докучаев В. В. Предварительное сообщение об экскурсии по Сычевскому и Гжатскому уездам Смоленской губернии // Труды СПб общества Естествоиспытателей. СПб., 1873а. Т. IV. Вып. 1. С. CVI–CVIII.

Докучаев В. В. По вопросу об обмелении р. Гжати // Труды СПб общества Естествоиспытателей. СПб., 1873б. Т. IV. Вып. 1. С. CVIII–CX.

Докучаев В. В. Предварительное сообщение о геологической поездке в Северную и среднюю части Смоленской губернии // Труды СПб общества Естествоиспытателей. СПб., 1874. Т. V. Вып 2. С. LIII–LVIII.

Докучаев В. В. О геологических исследованиях бассейна р. Днепр в пределах Смоленской губернии // Записки императорского минералогического общества. Серия 1. 1876. Ч. 11. С. 348–352.

Докучаев В. В. О геологическом исследовании в южной части Смоленской губернии // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. СПб., 1877. Т. VIII. С. XLIII–XLIV.

Докучаев В. В. Способы образования речных долин Европейской России. // Труды Санкт-Петербургского общества естествоиспытателей. СПб., 1878. Т. IX. С. 119–221.

Докучаев В. В. Избранные труды // Способы образования речных долин Европейской России / Под. ред. Б. Б. Плынова. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 640 с.

Докучаев В. В. Детальное естественно-историческое, физико-географическое и сельскохозяйственное исследование Санкт-Петербурга и его окрестностей // VIII съезд русских естествоиспытателей и врачей. Общий отдел. СПб., 1890. С. 119.

Павлов А. В. В. Докучаев, как геолог // Почвоведение. 1903. Т. 5. № 4. С. 391–413.

Чеботарева Л. А. В. В. Докучаев (1846–1903) // Избранные труды / Ред. Б. Б. Плынова. М.: Изд-во АН СССР, 1949. 640 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА ОБЩЕСТВА, ПРЕДПРИЯТИЯ, ЧЕЛОВЕКА

А. В. Албегова¹, И. М. Зарубина²

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Департамент экологии и природопользования Кировской области,
albegovaalla@gmail.com, depgreen43@mail.ru*

В современных условиях антропогенное влияние на окружающую среду достигло глобальных масштабов, стало теряться равновесие между природными силами и потребностями людей, наблюдаются необратимые явления, радикально изменяющие облик Земли и ставящие под угрозу саму жизнь на ней.

О серьезности экологических проблем в настоящее время говорит тот факт, что в Концепции национальной безопасности Российской Федерации (О концепции ..., 2000), к числу угроз национальной безопасности отнесены ухудшение экологической ситуации в стране и истощение природных ресурсов, что напрямую обусловлено состоянием экономики и нежеланием общества осознать глобальность и важность этих проблем. Поэтому к приоритетным направлениям деятельности государства в экологической сфере, среди прочих, отнесены вопросы воспитания экологической культуры населения.

В Экологической доктрине Российской Федерации (Экологическая доктрина ..., 2002), низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения причисляется к основным факторам деградации природной среды.

Опираясь на накопленный наукой опыт изучения данной тематики можно рассматривать экологическую культуру как передаваемый и постоянно формируемый опыт жизнедеятельности человека в его взаимодействии с окружающей средой, способствующий здоровому образу жизни, устойчивому социально-экономическому развитию, экологической безопасности региона и отдельного человека (Проект Закона ...). Иными словами, экологическая культура - это накопленный опыт и устоявшиеся взгляды бережного отношения к окружающему миру, выраженные в действиях каждого члена общества.

История возникновения понятия «экологическая культура» уходит своими корнями в 20-й век, когда уровень негативного воздействия на окружающую среду достиг таких вершин, что человечество, наконец, спохватившись, задумалось о том, как жить дальше: «*будет ли Что оставить потомкам и будет ли Кому оставлять потомков?*». Именно в 50–70 годы – уровень экологических

проблем стал стремительно набирать обороты, а мониторинговые отчеты стали напоминать кадры из фильма-катастроф. Именно тогда взоры общественности и руководств многих государств обратились на исследования и неутешительные прогнозы ученых. И именно так возникло понимание того, что без тотального изменения основ восприятия личности и ее роли в природном равновесии, невозможно сдержать коней, несущихся в экологическую пропасть. Так, повсеместно заговорили об экологической культуре, а воспитание экологически культурного члена общества стало задачей номер один в развитых странах.

Формируется экологическая культура в результате целенаправленного воздействия в процессе экологического образования, воспитания и просвещения. Это осознанное отношение к природе, к своей деятельности, т.е. это такое сознание, которое не допускает со стороны человека вреда природе. И свою деятельность человек должен выстраивать в соответствии с законами не только бизнеса и получения прибыли, но и с учетом интересов природы.

Зайдя в лес, отдыхая на берегу реки многие наверняка бросив взгляд, например, на свалки с мусором задают себе вопрос «Что за варвары здесь находились и кто их так воспитал?».

К сожалению, наше общество в своем большинстве слишком привыкло жить без развитого экологического мышления, без экологической этики и без осознанной экологически ориентированной деятельности, становлением и развитием которого наше государство последние лет 15-20 особенно не занималось. Результатом стала экологическая безграмотность населения и отсутствие экологического сознания.

Десятилетний опыт преподавания науки «экология» в конце 19-го – начале 20-го века в школе показал, что для формирования убеждений одних знаний явно недостаточно. Экологическое сознание формируется в процессе деятельности – практической природоохранной, творческой, научной или какой-либо иной.

Однако, начиная с 2000-ных годов, экология как отдельный предмет, из образовательных школьных программ была исключена. Система непрерывного экологического образования, воспитания и просвещения, созданная в начале 90-х, без государственной поддержки и специальных программ - стала угасать повсеместно.

В Кировской области, благодаря тому, что был создан специальный Координационный совет по экологическому образованию, в который вошли представители практически всех звеньев: от дошкольного и школьного – до специального технического и вузовского звена – работала очень мощная система экологического образования и просвещения. Сейчас еще кое-что осталось и только благодаря людям-альтруистам своего дела, эта работа пусть и не в таком всеобъемлющем масштабе, но все же продолжается. Однако этих усилий явно недостаточно.

Делается ли в Кировской области помимо этого еще что-то, чтобы преодолеть порой чудовищную безграмотность населения. Безусловно. В первую очередь, конечно, это касается детей и молодежи.

Так в 2011 г. в области по инициативе Губернатора Н. Ю. Белых, департаментом экологии при участии членов Коордсовета был разработан пилотный проект по развитию системы экологического образования и просвещения «Вятка – территория экологии».

Следует отметить, что это первый на территории региона проект, реализованный в таком объеме и масштабе.

Реализация пилотного проекта «Вятка – территория экологии» проходила поэтапно на протяжении 2012–2014 гг.

Исполнителями проекта на всем его протяжении (2012–2014 гг.) были ВятГГУ, а также 7 муниципальных районов (городских округов), которые реализовывали свои программы в 2013 г.

За этот период Вятским государственным гуманитарным университетом была выполнена научно-исследовательская работа по разработке современных технологий формирования экологической культуры.

Целью работы являлась:

- подготовка условий реализации пилотного проекта в муниципальных образованиях области, которые были определены на основании конкурсного отбора;
- содействие специалистам учреждений образования и культуры в муниципальных образованиях области в реализации пилотного проекта;
- разработка и апробация методик социологических исследований уровня экологической культуры учащихся, определения эффективности работ по развитию системы экологического образования и просвещения.

На первом этапе в 2012 г. специалистами университета с участием профильных специалистов департамента экологии, педагогов, библиотекарей из городов и районов области были подготовлены макеты 20 сборников «Экологическая мозаика». Сборники были изданы и распространены в начале 2013 года по всем муниципальным образованиям области. В сборниках не только освещены с использованием самых последних данных вопросы экологии и охраны окружающей среды, но и приводятся методические материалы по развитию системы экологического образования и просвещения, проведения в различной форме занятий с детьми и молодежью. Также в 2012 г. были проведены для всех муниципальных образований области информационные семинары по экологическому образованию и просвещению. Результатом стала высокая активность муниципальных образований, на участие в конкурсном отборе подали заявки 30 муниципальных образований.

До и после реализации проекта в модельных и контрольных муниципальных образованиях области группой ученых социологической лаборатории ВятГГУ проведены социологические исследования уровня экологической культуры учащихся, определена эффективность работ по развитию системы экологического образования и просвещения в муниципальных районах (городских округах).

Для оказания методической помощи муниципальным образованиям преподавателями Института развития образования и ВятГГУ в 2013 г. проведены выездные курсы повышения квалификации работников образования по про-

грамме «Актуальные вопросы теории и методики экологического образования» в объеме 108 часов в Зуевском, Омутнинском, Уржумском районах и г. Кирово-Чепецке.

В 2013 году на территории 7 муниципальных образований – победителях конкурсного отбора – Богородского, Зуевского, Омутнинского, Уржумского районов и городов Вятские Поляны, Кирова и Кирово-Чепецка – были реализованы программы по развитию системы экологического образования и просвещения.

Главным девизом всех программ была деятельность и, в первую очередь практическая.

На территории региона есть очень творческие организации и люди, которыми реализовывались на протяжении года инновационные и, даже можно сказать, новаторские мероприятия. При этом в каждом муниципальном образовании реализовывалась своя программа, и в каждом из них были свои «изюминки».

В рамках одной статьи не представляется возможным даже очень кратко перечислить и охарактеризовать реализованные в районах и городах программы, так как в каждой из них было задействовано большое количество учреждений – школы, библиотеки, дома культуры, музеи, молодежные и общественные организации, проведено огромное количество мероприятий.

В реализации пилотного проекта приняли участие 317 учреждений образования, культуры, общественных и иных организаций, 64000 детей в возрасте от 5 до 17 лет. Проведено 1049 практических природоохранных мероприятий, в том числе расчищены берега 27 водоемов, посажено 1349 деревьев и 1598 кустарников. Было выпущено 57 сборников, буклетов, видеофильмов, изготовлено 79 баннеров и аншлагов. В средствах массовой информации, на сайтах учреждений размещено 156 публикаций о ходе пилотного проекта в районах области.

В качестве наиболее ярких примеров следует привести следующие проекты. Один из самых лучших и методически грамотно выстроенных является проект «Проблема утилизации пластика», который реализован Гимназией Грина г. Кирова. После изучения проблемы были реализованы информационно-пропагандистские мероприятия, субботники по сбору бутылок, изготовлен баннер по итогам конкурса по разработке агитационных материалов, создан фильм «Чистый город». В результате повторного опроса жителей было выявлено, что количество выбрасываемых бутылок сократилось, т.к. население микрорайона стало более активно сдавать бутылки в пункты приема. Значит информационно-агитационная работа среди населения, направленная на решение проблемы утилизации пластика, достигла своего результата.

Дошкольными учреждениями Омутнинского района реализован проект «Юные экологи или семейные практические природоохранные проекты» – это один из наиболее интересных проектов района. Одна из главных целей проекта – создание экологически благоприятной среды творческими группами 10 дошкольных учреждений – своеобразных экозон на территории прогулочных участков детских садов для формирования экологической культуры экологиче-

ских уголков. В перспективе планируется проведение экскурсий с детьми и воспитателями на обустроенные территории. В рамках реализации проекта в детских садах появились метеоплощадки, альпийские горки, минисад и огород, тепличный комплекс, экологическая тропа здоровья, экспозиционный уголок, миниферма, разработана серьезная методическая база для проведения мероприятий по экологическому воспитанию детей, в т.ч. создан фильм «Бабушкино подворье».

Методистами управления культуры Зуевского района была разработана для библиотек и домов культуры района серия занятий - видеолекториев на экологические темы. В связи с тем, что во многих сельских учреждениях культуры отсутствует необходимая техника, она была приобретена в рамках пилотного проекта, и осуществлены выезды в 8 сельских поселений для работы с населением.

Во всех школах г. Кирово-Чепецка было проведено единое экологическое занятие «Вторая жизнь бросовой бумаги», экологический урок-практикум «Проблемы загрязнения твердыми бытовыми отходами, пути решения», для чего были разработаны и презентованы педагогам методические рекомендации. Инновационными также стали городские конкурсы экологического костюма, фоторабот «ЭКОвзгляд». Одним из самых ярких примеров инновационных форм работы стала реализация с участием РОО «Чепецк.РУ» проекта раздельного сбора отходов в образовательных учреждениях города, для чего была подготовлена справочная информация.

В Богородском районе был организован цикл мероприятий в зале Природы центральной библиотечной системы, включивший 3 блока: «Экология поселка Богородское», «Водные ресурсы Кировской области», «Леса Кировской области». В блоке «Водные ресурсы Кировской области», например, мероприятия проходили в форме краеведческого урока «Вода знает всё», экскурсии на Пелёвский пруд. Результатом стало создание электронной листовки об экологическом состоянии Пелёвского пруда и электронного информационного сборника «Вода – источник жизни» о водных ресурсах Богородского района. По итогам цикла мероприятий также состоялась выставка рисунков, изданы 2 электронных буклета, DVD диски: «Экология поселка Богородское». Всего в мероприятиях приняло участие 272 человека. В результате произошло увеличение посещаемости детьми зала Природы сектора краеведения Богородской ЦБС с 76 до 80%; формирование экологического сознания: проявление инициативы о проведении акций по сбору мусора в посёлке Богородское и по берегам Пелёвского пруда.

По итогам проекта социологической лабораторией ВятГГУ проанализирована по результатам предварительных и итоговых социологических исследований динамика развития экологической культуры учащихся всех возрастных групп в муниципальных районах – участниках пилотного проекта и в контрольных районах, где проект не реализовывался. Анализируя полученные результаты, специалисты констатировали, что в целом динамика развития экологической культуры учащихся после реализации программ по экологическому образованию и просвещению в районах и городах, участниках пилотного проекта,

представлена в диапазоне от 22 до 24,5%. Данные цифры свидетельствуют о хорошей динамике, и служат основанием для утверждения эффективности реализованных программ.

Специалистами ВятГГУ, совместно со специалистами департамента экологии и членами Координационного совета по экологическому образованию при департаменте экологии были подготовлены рекомендации по развитию системы экологического образования и просвещения населения области. Данные рекомендации будут приняты во внимание органами государственной власти области и будут способствовать формированию экологической культуры населения в регионе. Интерес к данному проекту со стороны федеральных органов исполнительной и законодательной власти был проявлен еще на стадии разработки проекта. В дальнейшем необходимо продвигать его на федеральном уровне.

Следует отметить, что для реальных и успешных результатов по повышению экологической культуры необходимо создание единого эколого-образовательного и эколого-просветительного пространства. Работа должна вестись по многим направлениям.

Частью такого пространства является семейное образование и воспитание, а также экологизация общества со стороны средств массовой информации.

Эффективность экологического воспитания в семье напрямую зависит от поддержки семьи, совпадения ценностей семьи и школы. Низкий уровень экологической культуры родителей значительно снижает эффективность дошкольного и школьного экологического образования и воспитания.

Важным направлением деятельности по экологизации общества является формирование экологически ориентированного общественного мнения, а использование средств массовой информации занимает в этом процессе определяющую роль. Поэтому необходимо со стороны руководств телекомпаний, печатных изданий, интернет-ресурсов уделять внимание таким фундаментальным вещам, как правильно сориентированное экологическое поведение и экомышление.

Если говорить об экологической культуре на производстве, то она во многом зависит от экологической политики, проводимой на предприятиях. Природоохранная политика во многом, если не во всем, формируется руководством предприятий, а также лицами, принимающими стратегические решения по их развитию. Экологическая политика, осознанно принятая руководством предприятия, может реализовываться по многим направлениям.

За последнее десятилетие безусловно повысился уровень экологической культуры производств на всех уровнях – от руководителей до рабочих, природоохранной деятельности уделяется больше внимание, особенно это ощущается на крупных предприятиях. На ряде предприятий организована система экологического менеджмента, производства ряда из них были сертифицированы по международным стандартам (серии ISO 14000).

Однако особенно необходимо остановиться на двух моментах, которые способствуют укреплению экологической репутации предприятий.

Первый – это экологическая открытость и распространение достоверной экологической информации не только о позитивных действиях предприятий, направленных на снижение природоемкости производств, но и о реальных воздействиях на природную среду, которые, как мы все знаем, сопровождают любую экономико-производственную деятельность. Такая открытость вызывает доверие окружающих и помогает сформировать позитивное отношение к самой возможности решения экологических проблем при приложении соответствующих усилий в будущем.

Как правило, социальные конфликты, возникающие вокруг экологических проблем, связанных с деятельностью хозяйственных субъектов, во многом вызваны отсутствием адекватной информации о предприятиях и реализованных технологических процессах. Поэтому в создании и распространении достоверной информации об экологически ответственном предприятии должны быть в первую очередь заинтересованы его руководители и сотрудники.

На практике зачастую происходит иное, и руководители не осознают необходимость просвещения населения о деятельности предприятия или это действительно «закрытые предприятия, в основном малого бизнеса», живущие по принципу «не пойман – не вор». Как результат – залповые сбросы и выбросы, жалобы населения, низкое качество окружающей среды, в которой мы с вами ежедневно живем. Такими способами и средствами не поднять культуру и не сохранить в благополучии окружающую среду.

Второй важный момент – это осознанные общественно-полезные действия предприятий, которые значительно повышают их экологический авторитет.

И в этом плане следует обратиться к представителям производства и бизнеса о необходимости определенных действий, которые выходят за пределы территорий производственных площадок и больше работают на всеобщую задачу экологического просвещения и формирования экологической культуры.

Можно привести массу возможностей: работа с подшефными школьными и дошкольными учреждениями, меры по повышению гражданской экологической активности в виде конкурсов для граждан, совместные акции с общественными организациями, проведение практических мероприятий – по благоустройству и озеленению прилегающих территорий, расчистки от мусора и т.д. – одним словом все то, что позволяет сформировать ощущение, что окружающий мир – наш общий дом, за которым нужно ухаживать, облагораживать и не допускать безразличия.

Только создание единого эколого-образовательного пространства, в котором важен каждый человек, независимо от возраста, социального положения, рода занятий позволит эффективно справиться с крайне непростой задачей повышения культуры взаимоотношений друг к другу и к природе.

Формирование экологической культуры личности – процесс сложный и длительный, подразумевающий под собой буквально «впитывание с молоком матери» экологического мировоззрения, выполнения экологических правил, личной ответственности перед обществом.

Очевидно, что экологическая культура общества в целом определяется уровнем экологического сознания каждого его члена. Формирование экологической культуры – это закономерный, необходимый и неизбежный этап развития общества. Не случайно в конце 19 века мировое сообщество пришло к понятию «устойчивое развитие», которое определяется как стабильное социально-экономическое развитие, не разрушающее своей природной основы (Наше общее ..., 1989). При этом «улучшение качества жизни людей должно обеспечиваться в тех пределах хозяйственной емкости биосферы, превышение которых приводит к разрушению естественного биотического механизма регуляции окружающей среды и ее глобальным изменениям» (Концепция ..., 1999).

Крайне важно, чтобы система экологического образования и просвещения внедрялась в учреждениях образования и культуры, на предприятиях. В таком случае мы сможем говорить и об экологической культуре общества, предприятия и каждого человека.

Именно человек в конечном счете является определяющим фактором в установлении рациональных взаимоотношений с природой. Это не означает, что необходимо вернуться в доисторические времена, отказаться от благ, созданных человечеством. Да, человеческая деятельность по созданию материального производства и экологическая культура всегда будут находить в противоречии друг другу. Однако, наша общая задача должна сводиться к тому, чтобы эти противоречия уменьшить за счет осознанного бережного отношения к окружающему миру, к природе в общем смысле.

Именно такие правильно сориентированные и осознанные действия будут способствовать здоровому образу жизни, устойчивому социально-экономическому развитию региона и государства российского в целом.

Литература

Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию // Устойчивое развитие и «Повестка дня на 21 век» / Под ред. Воропаевой. СПб: СПбГУ, 1999. 80 с.

Наше общее будущее // Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР). пер. с англ. / Под ред. С. А. Евтеева и Р. А. Перелета. М.: Прогресс, 1989.

О Концепции национальной безопасности Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 10.01.2000 № 24) // Официальный сайт: КонсультантПлюс. [Электронный ресурс].

Проект Закона Кировской области «Об экологической культуре населения» // Официальный сайт: Общественная палата Кировской области. [Электронный ресурс]: <http://opko43.ru/assessment/508/>.

Экологическая доктрина Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р) // Официальный сайт: КонсультантПлюс. [Электронный ресурс].

КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ В ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕЙТИНГАХ РОССИИ

Н. А. Бурков

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
Вятский государственный гуманитарный университет,
ipo@vgsha.info*

В последние годы заметную роль в системах социального управления стали играть рейтинги организации (территорий) по тем или иным вопросам деятельности. Рейтинги составляются различными организациями и по различным методикам, основанным на представлениях исследователей об объектах изучения – моделях. Рейтинги выполняют две основные функции – познавательную и мобилизационную, стимулирующую на достижение более высоких показателей. Несмотря на попытки создания подобных рейтингов, ни один из них пока не пользуется необходимым уровнем доверия и известности в России и поэтому не является надежным и эффективным инструментом мониторинга ситуации и не используется в качестве прямого инструмента повышения эффективности государственного управления. Тем не менее, научная мысль стремится, в том числе, и к этой цели за счет совершенствования методологии работ, повышения их информативности и объективности.

Кировская область присутствует в ряде рейтингов, проведенных в РФ.

В 2013 г. проводился рейтинг по качеству жизни в 82 регионах России (Рейтинг регионов России ..., 2013). Качество жизни является важнейшим признанным ООН показателем, характеризующим уровень развития стран и регионов. Качество жизни является сложной комплексной характеристикой, включающей совокупность показателей, характеризующих уровень благосостояния, уровень бытового и медицинского обслуживания, условия жизни и труда, качество окружающей среды и другие. При составлении рейтинга использовался 61 показатель, объединенных в 10 групп, отражающих все основные условия проживания населения в регионе. Экологическую обстановку региона характеризует как прямая группа показателей (экологические и климатические условия), так и сопряженные группы (безопасность проживания, демографическая ситуация, здоровье населения и уровень образования, освоенность территории), дающие представление степени напряженности экологических проблем. По каждой группе показателей определялся рейтинговый балл (от 1 до 100). Затем выводился агрегированный по всем группам рейтинговый балл. Итоги рейтинга даны в таблице.

Как видим из таблицы, из всех групп показателей, Кировская область занимает наиболее высокое место по экологическим и климатическим условиям жизни.

Первый в России эколого-экономический индекс регионов составлен и опубликован Всемирным фондом дикой природы (WWF) и РИА НОВОСТИ при поддержке Русского географического общества (Бобылев и др., 2012).

Как отмечают специалисты, цель данного проекта WWF – создать такой индекс для регионов России, который бы учитывал экологическую устойчивость развития в широком контексте и впоследствии стал бы основой для оценки качества экономического и экологического развития.

Таблица

Кировская область в рейтинге регионов России по качеству жизни

Наименование группы	Учитываемые группой показатели	Рейтинговый балл	Место в рейтинге
Экологические и климатические условия	Выбросы ЗВ в атмосферу на единицу площади; оценка климата, обеспеченность отвечающей санитарным требованиям питьевой водой, затраты на ООС	56,7	39
Безопасность проживания	Оценка населением уровня криминогенности, смертность населения в ДТП, число травм, отравлений и др. последствий воздействия внешних причин	41,5	52
Демографическая ситуация	Коэффициент прироста (+) и убыли (-) населения, миграционный прирост (убыль) населения	20,6	78
Здоровье населения и уровень образования	Численность зарегистрированных больных, уровень детской смертности, ожидаемая продолжительность жизни при рождении, выпуск из аспирантуры, доля населения с высшим образованием, численность жителей, не имеющих среднего образования	47,1	49
Освоенность территории	Плотность автомобильных и железных дорог, доля городского населения, доля площади населенных пунктов в общей площади территории	29,0	49
Итоговый рейтинг качества жизни		40,09	55

За основу был взят индекс скорректированных чистых накоплений, рассчитываемый Всемирным банком, – валовые внутренние сбережения с учетом амортизации основных фондов, расходов на образование (инвестиций в человеческий капитал), истощения природного капитала и ущерба для окружающей среды в процентах от валового национального дохода.

Эколого-экономический индекс регионов России – это отношение скорректированных чистых накоплений к валовому региональному продукту, причем в качестве корректирующих факторов, по сравнению с индексом Всемирного банка, добавлены инвестиции в добычу (отрицательный), расходы на охрану окружающей среды и оценка ООПТ (положительные).

Выделяется 3 этапа коррекции валовых накоплений для получения скорректированных чистых накоплений. На первом этапе из валовых внутренних накоплений вычитается величина потребления (обесценивания) постоянного капитала (в российской статистике определенным аналогом является амортизация основных фондов). На втором этапе скорректированные чистые накопления

увеличиваются на величину расходов на образование. На третьем этапе происходит экологическая коррекция: вычитается расходование природного капитала по энергетическим и минеральным ресурсам, а также сальдо по лесным ресурсам и ущерб от загрязнения окружающей среды (выбросы CO₂ и твердых взвешенных частиц). Все входящие в расчет величины принимаются в процентах от валового регионального продукта.

Скорректированные чистые накопления рассчитываются по формуле:

$$\text{СЧН} = \text{ВН} - \text{ИД} - \text{ИПР} - \text{УЗОС} + \text{РЧК} + \text{ЗОС} + \text{ООПТ},$$

где ВН – валовые накопления основного капитала;

И – инвестиции в основной капитал по виду деятельности «добыча полезных ископаемых»;

ИПР – истощение ПР;

УЗОС – ущерб от загрязнения ОС;

РЧК – расходы бюджета на развитие человеческого капитала;

ЗОС – затраты на ООС;

ООПТ – оценка ООПТ.

Эколого-экономический индекс (индекс скорректированных чистых накоплений – ИСЧН) рассчитывался как отношение скорректированных чистых накоплений к ВРП.

$$\text{ИСЧН} = \text{СЧН} / \text{ВРП} \cdot 100\%$$

Авторы рассчитали индекс по данным Росстата за 2009 г.

При исследованиях использовали данные только официальной статистики. Учитывались четыре группы показателей: валовое накопление основного капитала, ущерб от загрязнения ОС, расходы на развитие человеческого капитала и площадь ООПТ.

В соответствии с отраслевой специализацией регионы РФ разделены на четыре группы:

- 1) финансово-экономические центры (Москва, Московская область, Санкт-Петербург);
- 2) экспортно ориентированные регионы (Восточная Сибирь и Сахалинская область);
- 3) аграрно-промышленные регионы (в основном южные регионы);
- 4) промышленные регионы.

Большинство лидеров по значению индекса входят в аграрно-промышленную группу. К этой же группе причислена и Кировская область. В итоге в целом по России область занимает 28 место с количественным значением ИСЧН 37,14% при исходном индексе чистых накоплений 21,16% (валовые накопления 30,96 млрд. руб., деленные на ВРП 146,2 млрд. руб.). Скорректированные чистые накопления увеличились главным образом за счет прироста на 42 млн. куб. м древесины вследствие как естественного прироста, так и недоиспользования расчетной лесосеки.

Считается, что экологически устойчивое использование ПР играет решающую роль в поддержании и увеличении благосостояния. Однако нынешние темпы их потребления, антропогенная нагрузка на природу значительно превышает возможности экосистем по воспроизводству природных активов. В

2009 г. человечество за год использовало ресурсы, на восполнение которых планете требуется полтора года. Встает задача оценить соотношение потребления человеком ПР с возможностями природы по их восстановлению.

Для этого Global Footprint Network (GFN) разработала методы, позволяющие странам измерить уровень потребления ими природного капитала и сопоставить его с запасами возобновляемых ресурсов.

В октябре 2014 г. WWF представил в Москве доклад «Экологический след субъектов Российской Федерации» (Экологический след ..., 2012).

Эксперты оценили регионы России по двум основным критериям – биоемкость и экологический след.

Биоемкость – это способность экосистем восстанавливаться и обеспечивать человека необходимыми экосистемными услугами. *Экологический след* – площадь биопродуктивной территории и акватории, необходимой для производства потребляемых человеком ресурсов и поглощения отходов. Оба показателя измеряются в условных единицах площади – глобальных гектарах (гга). Если экологический след превышает биоемкость региона или государства, возникает дефицит биоемкости, перерасход экологического капитала. По мере того, как нехватка ресурсов становится все ощутимее, они в рамках экономической системы растут в цене, находясь под возрастающим антропогенным давлением. Авторы (Экологический след ..., 2012) убеждены, что путь рачительного использования природного капитала на основе его тщательного учета, анализа и принятия путей наиболее рационального использования и восстановления является стратегическим направлением для обеспечения благосостояния своих граждан.

По размерам биоемкости Россия занимает 4 место в мире. Благодаря экономическому спаду, деиндустриализации и начавшейся с экономическим ростом модернизации производства подушевой экологический след России в 1992-2009 гг. уменьшился на 30% (с 5,7 до 4 гга), тогда как биоемкость страны за то же время не изменилась (6,6 гга). Снижение потребления позволило повысить подушевые резервы биоемкости с 0,9 до 2,6 гга.

Это сделало Россию единственным в мире государством с относительно большим населением и растущим запасом биоемкости в расчете на человека.

Различные регионы России, конечно, имеют значительную разницу в рассматриваемых показателях.

В наиболее освоенных инвестиционно привлекательных регионах уровень потребления очень высок, и у них осталось мало природного капитала. На 10 таких регионов приходится 47% от суммарного экологического следа России. Среди них – Москва, Московская область, Санкт-Петербург. Эти три региона обладают самой низкой биоёмкостью в стране и очень высоким экоследом на душу населения. Наиболее благоприятная ситуация, по мнению экспертов, сложилась в регионах, которые обладают и высоким уровнем биоёмкости, и хорошими показателями индекса развития человеческого потенциала. К таким регионам относятся, например, Приморский и Хабаровский края, Мурманская и Архангельская области, Красноярский край и Иркутская область.

Кировская область замыкает список 18 регионов страны с высокой биоемкостью.

Экологический след включает в себя три типа потребления: потребление домохозяйств, потребление, расходы на которое несет правительство, долгосрочные товары и услуги (объекты строительства, основной капитал). Потребление домохозяйств подразделяется на жилье, личный транспорт, продукты питания, товары, услуги. В структуре экологического следа Кировской области ведущие места занимают продукты питания, жилье и валовые накопления основного капитала.

Показатели, принятые для расчета по Кировской области:

Численность населения, 2010 г.	1341312
ВРП на душу населения, долл. США	9634
% добывающих отраслей в ВРП	0,3
ВРП добывающих отраслей, долл. США	29
ВРП без учета добывающих отраслей, долл. США	9605
Индекс дохода	0,76
Индекс дохода без учета обрабатывающих отраслей	0,76
Индекс долголетия	0,72
Индекс образования	0,90
Индекс развития человеческого потенциала (ИЧРП), 2009	0,79
Скорректированный ИЧРП (не включая дохода добывающих отраслей)	0,79
Биоемкость на душу населения гга, 2009 г.	5,57
Экологический след	
на душу населения, всего гга, 2009 г	2,73
в том числе:	
Продукты питания	0,63
Жилье	0,49
Транспорт	0,44
Товары	0,26
Услуги	0,1
Правительство	0,32
Валовое накопление основного капитала	2,73

Как видим, экологический след кировчанина (2,73 гга) в 2 раза меньше биоемкости территории (5,57 гга), область располагает достаточным природным капиталом не только для обеспечения своих потребностей, но и является экологическим донором в России.

Литература

Бобылев С. Н., Минаков В. С., Соловьева С. В., Третьяков В. В. Эколого-экономический индекс регионов РФ. Методика и показатели для расчета / Под ред. А. Я. Резниченко, Е. А. Шварц, А. И. Постнова. М.: WWF России, РИА Новости, 2012. 150 с.

Рейтинг регионов России по качеству жизни [Электронный ресурс]. РИА РЕЙТИНГ.- 2013. 51 с. Режим доступа: vid1.rian.ru/ig/ratings/life_2013.pdf

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ПРИРОДООХРАННЫХ ЗАТРАТ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. А. Бурков^{1,2}, А. В. Штин²

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Вятский государственный гуманитарный университет*

Природоохранные затраты (ПОЗ) – общественно необходимые расходы на поддержание качества среды обитания, осуществление любых видов и форм хозяйственной деятельности и на общее поддержание природно-ресурсного потенциала, включая сохранение экологического равновесия на всех уровнях.

В качестве источников финансирования могут выступать:

- бюджет (федеральный, региональный, и т. д.);
- внебюджетные фонды;
- затраты субъектов хозяйственной деятельности (капитальные, текущие, капитальный ремонт).

Цель исследования: проанализировать изменение структуры природоохранных затрат, осуществляемых природопользователями Кировской области за исследуемый период.

Наиболее объективным показателем для анализа изменения общих природоохранных затрат является отношение ПОЗ к внутреннему региональному продукту. Из данных федеральной службы государственной статистики были получены данные по ПОЗ, осуществлённым природопользователями за 2005–2013 годы, и сведены в таблицу (табл. 1). Данные были взяты в фактически действовавших ценах, без учёта затрат на капитальный ремонт основных фондов.

На основании таблицы был построен график (рис. 1) отражающий динамику показателя ПОЗ/ВРП.

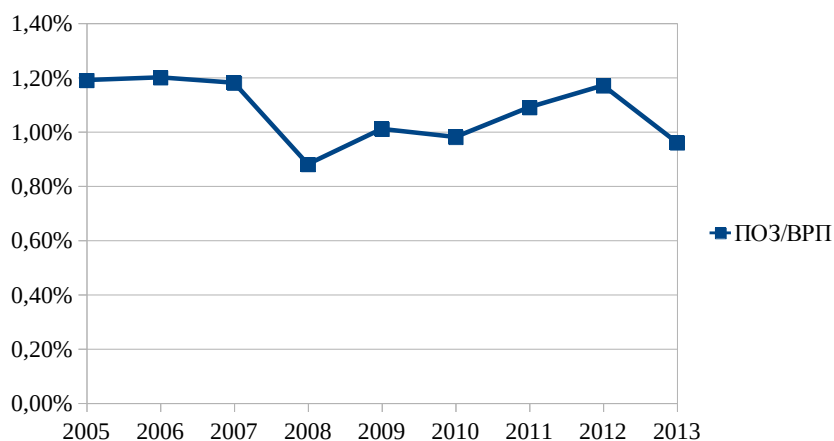


Рис. 1. График изменения ПОЗ/ВРП за 2005–2013 гг.

Таблица 1

Сравнение ПОЗ в РФ и Кировской области (тыс. руб)

Источники		Год								
		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Средства предприятий	Текущие	936731	1071411	1277281	1223635	1297590	1519559	1771117	2068104	2033812
	Капитальные	11800	91200	112462	99815	180989	171167	362600	418100	122000
Общие затраты, тыс. руб		948531	1162611	1389743	1323450	1478579	1690762	2133717	2486204	2155812
ВРП, тыс. руб		79800600	97047100	118154900	151116700	146321300	172352000	195269000	212370500	224700000
Отношение общих затрат, %		1,19%	1,20%	1,18%	0,88%	1,01%	0,98%	1,09%	1,17%	0,96%

Таблица 2

Структура ПОЗ по компонентам ОС в фактически действовавших ценах (тыс. руб)

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Атмосферный воздух	277426	358378	552300	434000	394993	541044	690300	790200	766000
Водные объекты	662860	739867	830400	802500	859301	1061800	1278900	133870	1189238
Земельные ресурсы	7286	35700	29200	19100	3447	5123	46144	40300	19876
Твёрдые отходы	69870	77200	130200	118000	70000	137500	180100	352200	233365
Всего	1019447	1 213 151	1 544 107	1375608	1329750	1747477	2197455	2523412	2210492

Проанализировав полученный график, можно сделать вывод что природоохранные затраты, осуществляемые природопользователями, находятся на стабильно низком уровне. Сравнение доли природоохранных затрат в макроэкономических показателях развития Кировской области за период с 1991–1993 гг., когда она составляла в среднем 2,6% от национального дохода, с рассматриваемым периодом указывает на снижение общественного внимания к решению природоохранных задач.

Для анализа приоритетных направлений финансирования природоохранной деятельности необходимо также проанализировать структуру ПОЗ по компонентам окружающей среды. На основании данных, полученных из форм статистической отчётности 2-ТП (воздух), 2-ТП (водхоз), 2-ТП (отходы), 2-ТП (рекультивация), 4-ОС, была построена таблица отражающая изменение затрат по компонентам окружающей среды в фактически действовавших ценах. Данные взяты с учётом затрат на капитальный ремонт основных фондов (табл. 2).

Для анализа структуры затрат за исследуемый период необходимо перейти к сопоставимым показателям. В данной работе в качестве сопоставимого показателя была выбрана доля ПОЗ затраченных на один компонент ОС к общим ПОЗ.

Таблица 3

Отношение затрат на компоненты ОС к общим затратам в процентах

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Атмосферный воздух	27,2	29,6	35,8	31,6	29,8	31,2	31,5	31,3	34,7
Водные объекты	65	61	53,7	58,3	64,6	60,7	58,2	53,1	53,8
Земельные ресурсы	1	3	2	1,4	0,3	0,3	2,1	1,6	0,9
Твёрдые отходы	6,8	6,4	8,5	8,7	5,3	7,8	8,2	14	10,6

Данные были сведены в таблицу (табл. 3) и на её основании построен график (рис. 2) отражающий изменение затрат на каждый компонент за исследуемый период.

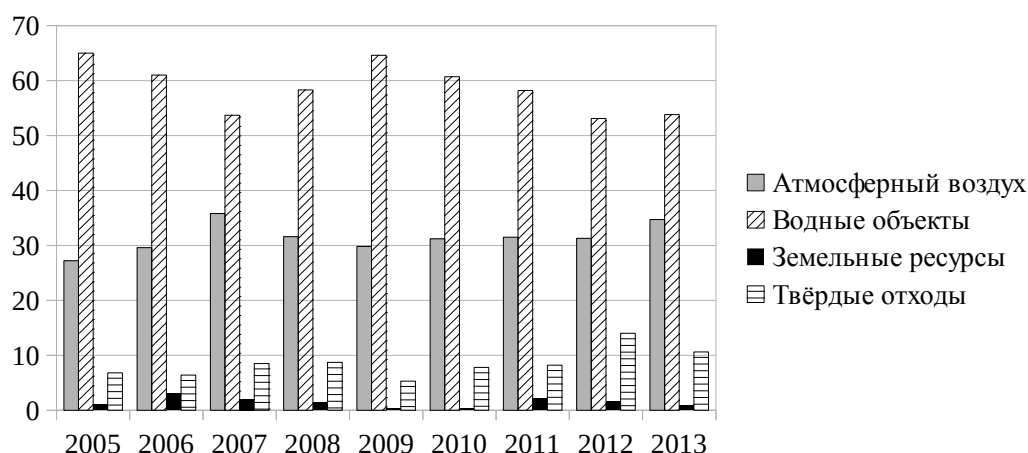


Рис. 2. Отношение ПОЗ природопользователей к общим природоохранным затратам

Проанализировав график, можно сделать следующие вывод: на всём исследуемом промежутке времени прослеживается тренд к перераспределению средств из ПОЗ на охрану водных объектов; сбор, накопление и утилизацию твёрдых отходов и на охрану атмосферного воздуха.

Таким образом, проанализировав структуру природоохранных затрат, осуществляемых за счёт средств природопользователей, можно сделать следующие выводы.

Доля природоохранных затрат в основном макроэкономическом показателе развития региона – ВРП – не претерпевала значительных изменений и составляла за исследованный период около 1% . При этом в среднесрочном периоде (с начала 1990-х гг.) отмечается значительное снижение доли природоохранных расходов по отношению к основным макроэкономическим показателям.

Анализ динамики структуры ПОЗ, осуществляемых природопользователями, по компонентам ОС позволил выявить тренд перераспределения затрат из статей направленных на охрану водных объектов, в пользу затрат на обращение с твёрдыми отходами и охрану атмосферного воздуха.

Литература

Бурков Н. А. Экологические проблемы регионов России. Кировская область. М.: ВИНТИ, 1995. 110 с.

Бурков Н. А. Управление природопользованием: Учебное пособие для студентов вузов и специалистов экологов. Киров: Вятская ГСХА, 2012. 243 с.

Глушкова В. Г., Макаров С.В. Экономика природопользования: учебник для бакалавров. 2-е издание, перераб. и доп. М: Изд-во Юрайт, 2013. 588 с.

ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАТЫ ЗА НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

А. С. Клепцов¹, Н. А. Бурков^{1,2}

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия*

В настоящее время в России одним из основных принципов природопользования является принцип «загрязнитель платит», реализующийся в форме платы за негативное воздействие на окружающую среду, правовая основа которой закреплена в Федеральном законе от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014).

Плата за негативное воздействие на окружающую среду призвана выполнять две функции: во-первых, стимулировать предприятия сокращать уровни негативного воздействия, во-вторых, являться источником последующего аккумулирования денежных средств, предназначенных на ликвидацию негативных экологических последствий производства.

Однако при оценке эффективности выполнения стимулирующей и аккумулятивной функций платежей за загрязнение окружающей среды (ОС) появляется ряд проблем.

В настоящее время периодичность контроля фактических выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) очень редкая – в основном 1–3 раза в год. Трудно подобрать момент, когда предприятие работает в полном объеме при максимальной нагрузке оборудования. Кроме того, в интересах предприятия занижить результаты измерений, снижая мощность работы оборудования, что не позволяет получать достоверные результаты. Предприятия часто представляют сведения о выбросах / сбросах ЗВ природоохранным органам с опозданием.

Административный контроль над процессом расчета платежей недостаточен: у природоохранных органов отсутствуют ресурсы для сопоставления фактических выбросов/сбросов с цифрами, представляемыми предприятиями в качестве облагаемой базы. Функции по осуществлению государственного экологического контроля выполняет управление государственного экологического контроля, которое является структурным подразделением департамента экологии и природопользования Кировской области. Процент проверенных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей от общего числа подконтрольных лиц в 2011 г. составил 0,8% (447 из 57085). Таким образом, можно сделать вывод, что возможности осуществлять контрольные функции в отношении подконтрольных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей с периодичностью 1 раз в 3 года у департамента экологии и природопользования нет, а для проверки всех подконтрольных лиц понадобится более 100 лет. Нередко предприятия отчитываются и платят за «факт», соответствующий разрешенным выбросам и сбросам ЗВ, так как в случае меньших фактических выбросов и сбросов ЗВ есть риск, что разрешенный объем выбросов и сбросов будет снижен, а последующее возможное превышение разрешенного объема выбросов и сбросов приведет к оплате с применением повышающих коэффициентов (Постановление Правительства РФ от 28.08.1992 N 632). В связи с этим предприятие стремится скрыть превышение и избежать штрафных санкций. Это ведет к занижению причитающихся платежей и способствует неэффективному сбору доходов.

В действующей системе платы за загрязнение недостаточно учтен фактор изменения ценовых пропорций в условиях инфляции. Коэффициенты индексации платы за загрязнение ОС не сопоставимы с фактическими темпами роста инфляции, поэтому аккумулируемые за счет нее средства быстро обесцениваются.

Практически полностью утрачена стимулирующая роль платежей: утрачена связь размера платы как с издержками на предотвращение загрязнения, так и с ущербом (экстернальными эффектами). Ставки платежей настолько малы в сравнении с затратами на сокращение загрязнения ОС, что общий объем платежей не обеспечивает покрытия даже бюджетных затрат области на природоохранные мероприятия (табл. 1).

Отмечается недостаточный уровень собираемости платежей, обусловленный отсутствием механизма по определению статуса плательщика. Природопользователь сам определяет виды негативного воздействия и предоставляет расчет платы, в который включает только те разделы, которые ему необходимы (Приказ Ростехнадзора от 05.04.2007 № 204). Согласно докладу Управления

Росприроднадзора по Кировской области по итогам деятельности Управления за 2014 год в базе данных Управления числится 7910 природопользователей, из них вносят плату за негативное воздействие на окружающую среду 7291 природопользователь. Показатель «Доля предприятий, вносящих плату за негативное воздействие на окружающую среду, в общем количестве зарегистрированных предприятий» составил 92,2%.

Таблица 1

**Сопоставление доходов областного бюджета от платы
за негативное воздействие на окружающую среду и расходов бюджета
на охрану окружающей среды**

Год	Плата за НВОС, поступившая в областной бюджет, млн. руб.	Расходы областного бюджета на охрану ОС, млн. руб.	Доля платы за НВОС в расходах бюджета, %
2014	49,93	126,09	39,6
2013	48,24	86,9	55,5
2012	50,6	91,4	55,3

Платежи не создают источников целевого и гарантированного финансирования природоохранных мероприятий. Собираемые средства поступают в бюджеты различных уровней (табл. 2) и могут расходоваться на различные цели, так как ни в одном законе о бюджете не прописывается целевое использование этих средств. Это приводит к тому, что существующая система взимания данных платежей не может полноценно обеспечить формирование источников финансирования природоохранных мероприятий.

Таблица 2

**Нормативы зачисления платы за негативное воздействие
на окружающую среду в бюджеты бюджетной системы РФ**

Год	Норматив	Основание
2016	5% в федеральный бюджет; 40% в бюджеты субъектов РФ; 55% в бюджеты муниципальных районов и городских округов.	Федеральный закон от 03.12.2012 N 244-ФЗ
2015	20% в федеральный бюджет;	Федеральный закон от 20.08.2004 N 120-ФЗ
2014	40% в бюджеты субъектов РФ;	
2013	40% в бюджеты муниципальных районов и городских округов	
2012	или	
2011	20% в федеральный бюджет;	
2010	80% в бюджеты субъектов РФ;	
2009	– городов федерального значения	
2008	Москвы и Санкт-Петербурга.	
2007		
2006		
2005		

Таким образом, современные платежи за загрязнение из-за незначительности их объемов не выполняют компенсационной и регулятивной функций. Плата за негативное воздействие на окружающую среду даже с учетом штраф-

ных санкций составляет сотые доли процента затрат и десятые доли процента прибыли предприятий (Тагаева, Казанцева, 2013). Для экономического стимулирования осуществления природоохранных мероприятий в условиях рыночных отношений размер платы за негативное воздействие на окружающую среду должен отражать необходимые затраты на устранение этих воздействий, т. е. носить компенсационный характер. Предприятия продолжают функционировать в условиях, когда выгоднее перечислять платежи за загрязнение, чем проводить природоохранные мероприятия, вводить в действие основные фонды для очистки загрязненных сточных вод и улавливания основных загрязняющих атмосферу веществ. Таким образом, отсутствие экономического стимулирования предприятий для решения экологических задач, незначительность объемов платежей за негативное воздействие на окружающую среду, т.е. потеря ими как компенсационного, так и регулятивного характера, ведут к увеличению объемного загрязнения окружающей среды.

Литература

Бурков Н. А. Управление природопользованием : учебное пособие для студентов вузов и специалистов-экологов. Киров: ВятГСХА, 2012. 243 с.

Экономика природопользования : учебник для бакалавров / В. И. Каракеев. М.: Издательство Юрайт, 2012.

Тагаева Т. О., Казанцева Л. К. Ослабление государственной природоохранной политики в России в период реформ // Великие реформаторы и российские реформы: Материалы Всерос. конф. преподавателей и научных работников технических вузов, посвящ. 150-летию со дня рождения П. А. Столыпина. Новосибирск, 2013. С. 154–161.

Постановление Правительства РФ от 22.08.2008 № 632 (ред. от 04.02.2015) «О Правительственной комиссии по развитию жилищного строительства и оценке эффективности использования земельных участков, находящихся в собственности Российской Федерации».

Приказ Ростехнадзора от 05.04.2007 № 204 (ред. от 27.03.2008) «Об утверждении формы Расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду и Порядка заполнения и представления формы Расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду».

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА НА ОБЪЕКТЕ ПО ХРАНЕНИЮ И УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ П. МАРАДЫКОВСКИЙ

С. А. Шаров¹, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com*

Российская Федерация подходит к завершению уничтожения, имевшихся запасов химического оружия в рамках выполнения обязательств, взятых на себя при подписании Конвенции о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и о его уничтожении. За безостановочным процессом уничтожения химического оружия внимательно следит не только российская, но и посредством иностранных инспекторов международ-

ной Организации по запрещению химического оружия – мировая общественность. С еще большим трепетом и информативностью по отношению к населению необходимо отнестись к:

- определению современного состояния окружающей среды на территориях испытывающих техногенное воздействие действующих объектов по уничтожению химического оружия (далее – Объектов);
- выявлению основных источников загрязнения и специфики зон их воздействия на природные среды;
- предотвращению деградации окружающей среды;
- восстановлению нарушенных в результате эксплуатации Объектов природных сред;
- обеспечению эколого-экономической сбалансированности деятельности объектов, функционирования объектов других отраслей народного хозяйства и систем жизнеобеспечения населения;
- созданию благоприятных условий жизнедеятельности населения и обслуживающего персонала в районах Объектов;
- уточнению границ санитарно-защитных зон, а также условий землепользования в районах размещения и деятельности Объектов в соответствии с реально наблюдаемой структурой дифференциации экологических условий;
- разработке предложений по совершенствованию контроля и управления процессом реализации природоохранных мероприятий;
- определению экологического ущерба, причиненного окружающей природной среде и здоровью человека.

Последовательное ужесточение в последние годы экологических требований к промышленным предприятиям, новое информационное пространство, позволяющее широким массам наблюдать за экологическим контролем деятельности предприятий, заставляет искать новые пути повышения экологической безопасности.

Наиболее результативным с точки зрения улучшения экологических показателей деятельности Объектов и, вызывающей доверие населения является сочетание административного управления предприятием с внедрением системы экологического менеджмента (далее – СЭМ) по ИСО 14001 в рамках Международной сертификации сети IQNet. В этой связи Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия было принято решение о создании сертификации СЭМ на объектах по уничтожению химического оружия.

Как показывает международная практика, система экологического менеджмента при надлежащем исполнении обладает значительным синергетическим эффектом взаимного усиления слагаемых систем.

СЭМ на 1205 объекте по хранению и уничтожению химического оружия п. Марадыковский успешно функционирует, о чем свидетельствует сертификат соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 14001-2007.

Процессы уничтожения отравляющих веществ, переработки реакционных масс, обращения с отходами производства, требуют жесткого выполнения мероприятий производственного контроля и мониторинга.

Проведение качественного и количественного анализа отравляющих веществ и продуктов их деструкции в пробах почвы и донных отложений, воздуха, воды в целях оценки их накопления в объектах окружающей среды и угрозы экологической безопасности и здоровья населения, требует высокой технической оснащённости лабораторий и повышенной компетентности персонала.

Лаборатории Объекта оснащены самым современным оборудованием, снабжены необходимым количеством реактивов и посуды, в рамках проверки соответствия требованиям ГОСТ Р ИСО 14001 произведена оценка квалификации, организовано и проводится обучение персонала по оказанию поддержки достижения экологических целей и задач Объекта. Персонал Объекта подготовлен к действиям в нештатных и аварийных ситуациях.

В ходе функционирования СЭМ проводятся плановые и внеплановые внутренние аудиты, позволяющие систематизировать и проанализировать данные по воздействию на окружающую среду, включая возможные прогнозируемые аварийные ситуации и организацию реагирования на них, ранжирование соответствующих показателей по степени важности с целью идентификации наиболее существенных из них.

Полученные результаты обобщаются в Реестре экологических аспектов, являющемся основой исходных данных для формирования экологической политики Объекта, обоснования целей и задач в СЭМ, планирования природоохранной деятельности и оценки эффективности системы.

Экологическая политика является движущей силой, обеспечивающей внедрение и совершенствование СЭМ 1205 Объекта. Она представляет собой публичный документ, в котором официально заявляются руководством Объекта основные намерения и направления деятельности в отношении экологической результативности поддерживает и улучшает экологическую результативность его деятельности.

Экологическое благополучие является основой жизнедеятельности рабочего персонала объекта и населения, проживающего в зоне защитных мероприятий, и признает постоянным приоритетом своей деятельности обеспечение экологической безопасности уничтожения химического оружия, планомерное снижение отрицательного воздействия объекта на состояние окружающей среды всеми доступными и разумными средствами.

Опыт использования СЭМ на Объекте убеждает, что данную систему управления целесообразно развивать и продолжить ее применение при конверсии имеющегося производства, а так же на этапе проведения восстанавливающих мероприятий на территориях испытывавших техногенное воздействие объектов по уничтожению химического оружия.

Литература

Ашихмина Т. Я. Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2022. 544 с.

ГОСТ Р ИСО 14001-2007. Системы управления окружающей средой. Требования и руководство по применению.

Капашин В. П. Химическое разоружение. Производственный экологический мониторинг. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000. 160 с.

Капашин В. П., Кутьин Н. Г., Мартынов В. В., Фerezанова М. В., Чупис В. Н. Экологический мониторинг опасных производственных объектов: опыт создания и перспективы развития / Под общей ред. проф. В. Н. Чуписа. М.: Научная книга, 2010. 526 с.

Конвенция о запрещении разработки, производства и накопления запасов бактериологического (биологического) и токсинного оружия и об их уничтожении. Париж. 1993.

Пахомова Н., Эндрес А., Рихтер К. Экологический менеджмент. СПб.: Питер, 2003. 544 с.

Постановление Правительства Российской Федерации от 21.03.96. № 305 (ред. от 09.12.10) Об утверждении федеральной целевой программы «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации».

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА УПРУГО-ЭЛАСТИЧНЫЕ СВОЙСТВА ПШЕНИЧНОГО ТЕСТА

Н. В. Сырчина, К. А. Ворожцова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
16vorogzova03@mail.ru*

Пищевые добавки, регулирующие хлебопекарные свойства пшеничной муки («хлебопекарные улучшители»), находят все более широкое применение в хлебопекарной практике. Ассортимент хлебопекарных улучшителей достаточно широк. В состав подавляющего большинства улучшителей включают различные добавки окислительного или восстановительного действия, способные регулировать упруго-эластичные свойства пшеничной клейковины. Добавки окислительного действия увеличивают упругость клейковины, а добавки восстановительного действия – уменьшают. В настоящее время без использования тех или иных видов улучшителей не обходится практически ни одно хлебопекарное производство.

Главной проблемой использования улучшителей является отсутствие доступных и удобных методов оценки эффекта от их применения. Следовательно, в большинстве случаев хлебопек не может быстро и объективно оценить, изменяет ли улучшитель свойства теста в нужном направлении. Очень часто добавка улучшителей не оказывает нужного технологического воздействия на качество теста, однако химическая нагрузка на организм потребителей хлеба с добавками и себестоимость продукта возрастают. Таким образом, разработка экспресс-методов оценки свойств пшеничной клейковины и теста представляет большой практический интерес.

В настоящее время в лаборатории пищевой химии ВятГГУ разработано и апробировано устройство (УОК), позволяющее быстро и достаточно наглядно оценивать влияние различных добавок на упруго-эластичные свойства пшеничного теста и пшеничной клейковины. Устройство состоит из двух прозрачных пластин, между которыми помещается шарик теста, замешанный по стандартизированной методике. Пластины снабжены миллиметровой шкалой, позволяющей оценить изменение диаметра шарика теста под нагрузкой и в условиях снятия нагрузки. Время выполнения измерений составляет 60–70 с.

Тесто, приготовленное из муки, содержащей клейковину высокого качества, под нагрузкой достаточно хорошо деформируется, а в условиях снятия нагрузки образец относительно быстро и практически полностью восстанавливает свою форму. Тесто из муки с крепкой клейковиной деформируется слабее, тесто из муки со слабой клейковиной под нагрузкой сильно деформируется, а при снятии нагрузки первоначальная форма образца восстанавливается медленно и не полностью.

Предложенное нами устройство позволяет оценить не только упруго-эластичные свойства клейковины и теста, но и водосвязывающую способность муки. Чем ниже водосвязывающие свойства муки, тем сильнее деформируется под нагрузкой образец стандартно замешанного теста.

Для количественной характеристики упруго-эластичных свойств пшеничного теста и клейковины в рамках данного исследования была выполнена серия измерений скорости и степени деформации (под нагрузкой и в условиях снятия нагрузки) образца стандартно-замешанного теста. На основании полученных экспериментальных данных была разработана практическая шкала, позволяющая оценить особенности и качество муки.

Методика оценки влияния добавок окислительного или восстановительного действия на упруго-эластичные свойства пшеничного теста заключалась в следующем: из муки и воды (в стандартном количественном соотношении) замешивались контрольный (без добавок) и экспериментальный (с добавками) образцы теста. Массовая доля добавки рассчитывалась по отношению к массе муки. С помощью УОК определялись параметры деформации обоих образцов. По разнице в степени деформации контрольного и экспериментального образцов делалось заключение о степени и характере влияния добавки на упруго-эластичные свойства теста.

На рисунке 1 представлены данные о влиянии аскорбиновой кислоты (добавка окислительного действия) на упруго-эластичные свойства пшеничного теста. Полученные данные свидетельствуют о том, что внесение аскорбиновой кислоты в тесто приводит к заметному повышению его упругости. Эффект от добавки проявляется при дозировке 1г/кг и быстро возрастает при повышении содержания окислителя в тесте. Регулируя дозировку аскорбиновой кислоты можно (в определенных пределах!) добиться желаемой упругости теста.

На рисунке 2 представлены данные о влиянии тиосульфата натрия (добавка восстановительного действия) на упруго-эластичные свойства теста.

Приведенные данные показывают, что под влиянием восстановителей упругость теста заметно снижается. Заметный эффект проявляется в дозировке 0,125%.

В настоящее время тиосульфат натрия исключен из списка разрешенных пищевых добавок и на практике вместо тиосульфата используются сухие инактивированные дрожжи. В дрожжах содержится трипептидглутатион, обладающий выраженными восстановительными свойствами. Погибающие дрожжевые клетки являются хорошим источником глутатиона.

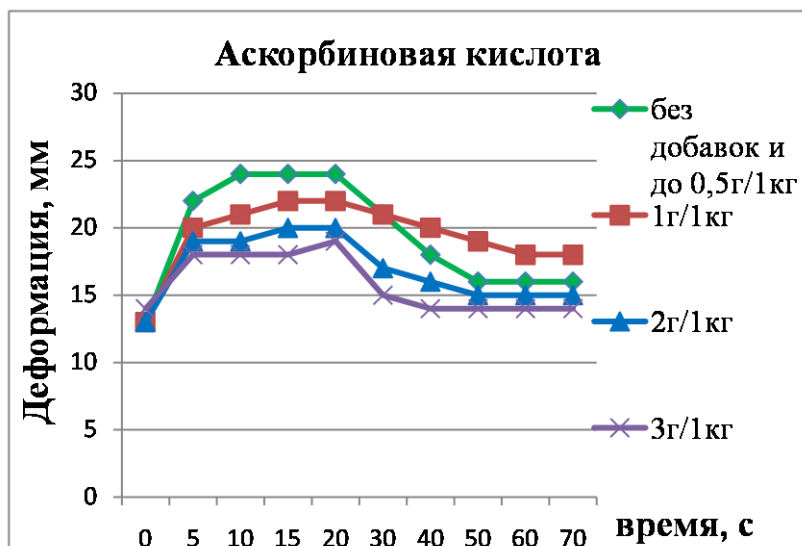


Рис. 1. Влияние аскорбиновой кислоты на упруго-эластичные свойства теста

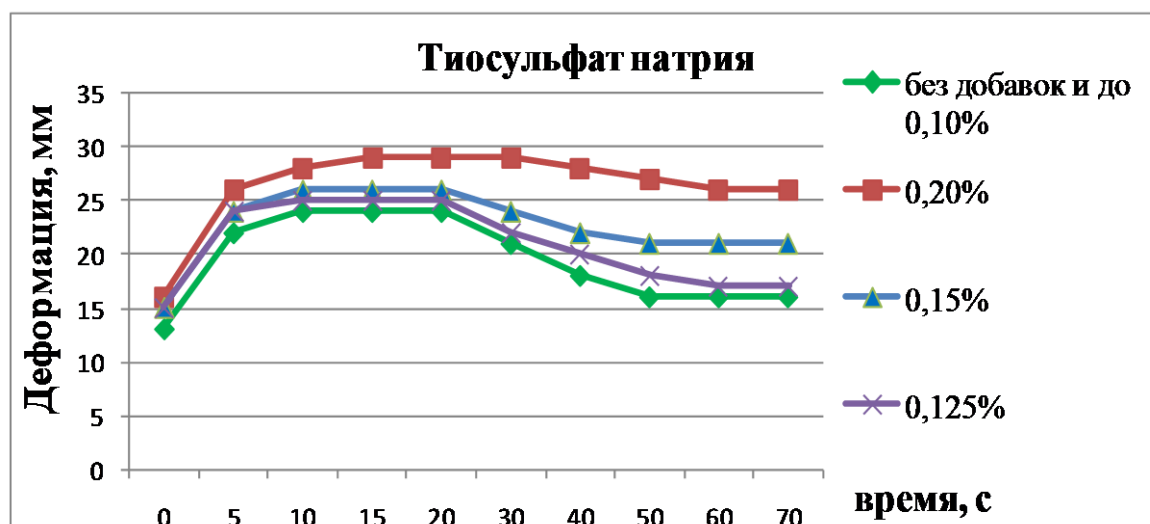


Рис. 2 Влияние тиосульфата натрия на упруго-эластичные свойства теста

Для изучения влияния глутатиона на свойства пшеничного теста образец дрожжей помещался на 13 час в термостат при температуре 40 °С. Повышенная температура способствовала быстрой гибели (инактивации) дрожжевых клеток. Подготовленные таким образом дрожжи использовались в качестве добавки восстановительного действия.

На рисунке 3 приведены данные, характеризующие влияние инактивированных дрожжей на упругие свойства теста. Из приведенных данных видно, что инактивированные дрожжи оказывают выраженное восстановительное действие на пшеничную клейковину. Упругость теста под влияние глутатиона резко снижается. Следует иметь в виду, что в летнее время года при нарушении температурных условий транспортировки прессованных дрожжей именно дрожжи могут стать причиной плохой формоустойчивости изделий из дрожжевого теста. Вместе с тем, добавка инактивированных дрожжей в тесто, предназначенное для изготовления лепешек, основы для пиццы, лавашей может уменьшить сжимаемость тестовых заготовок при выпечке и облегчить их формовку.

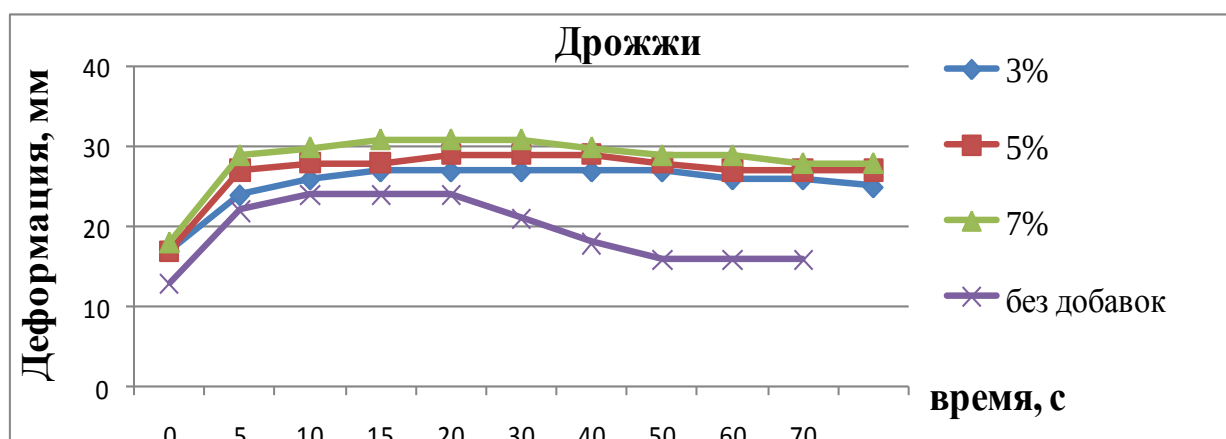


Рис. 3 Влияние инактивированных дрожжей на упругие свойства теста

Результаты исследования влияния инактивированных дрожжей на свойства пшеничной клейковины и теста показывают высокую эффективность этой добавки для снижения упругости излишне крепкой клейковины.

Разработанное на кафедре химии ВятГГУ устройство для оценки упруго-эластичных свойств пшеничной клейковины и теста экспресс-методом позволяет получить достаточно наглядную информацию о модифицирующем влиянии различных добавок на упруго-эластичные свойства исследуемого образца.

Устройство отличается достаточной простотой и может найти практическое применение на хлебопекарных предприятиях любой мощности.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАТУРАЛЬНОГО РЖАНОГО ПРОДУКТА «СИЛАРЖИ» В КАЧЕСТВЕ ЭФФЕКТИВНОГО ПИЩЕВОГО ЭНТЕРОСОРБЕНТА

К. Ю. Буторин, Н. В. Сырчина

Вятский государственный гуманитарный университет

В условиях глобального загрязнения окружающей среды и массированного поступления токсичных веществ в организм человека поиск и практическое использование эффективных натуральных пищевых энтеросорбентов, способных поглощать и выводить токсиканты, является одним из наиболее актуальных направлений сохранений здоровья и активного долголетия населения. В настоящее время выявлена и исследована сорбционная активность растительных пищевых волокон в отношении ионов тяжелых металлов и других токсичных веществ (Корнеева, 2012). Установлено, что нерастворимые и растворимые пищевые волокна способны как к механической, так и к биохимической сорбции (Вайнштейн, 1984). Пищевые волокна в желудочно-кишечном тракте не только сорбируют и выводят токсичные вещества, но и оказывают благотворное влияние на кишечную микрофлору и эвакуаторную функцию кишечника.

Несмотря на высокую биологическую ценность, содержание пищевых волокон в обычном рационе жителей Кировской области характеризуется крайней недостаточностью (Сырчина, 2006). Дефицит пищевых волокон приводит к

развитию многочисленных патологий, в том числе заболеваниям сердечно-сосудистой системы, раку, ожирению, диабету и др. В связи с этим работы, направленные на поиск и обоснование энтеросорбционной активности перспективных источников пищевых волокон представляют значительный практический интерес.

Практически значимым источником пищевых волокон может стать новый натуральный ржаной продукт «СилаРжи», разработанный и внедренный в производство вятскими учеными (Березин и др., 2013). «СилаРжи» производится в Кировской области на основе высококачественного ржаного зерна, выращиваемого в экологически благополучном Уржумском районе. В ржаном зерне содержится комплекс разнообразных растворимых и нерастворимых пищевых волокон, полностью сохраненных в продукте «СилаРжи», однако количественная оценка сорбционных свойств этого продукта до сих пор не выполнялась.

Пищевые волокна определялись по ГОСТ Р 54014-2010 «Продукты пищевые функциональные. Определение растворимых и нерастворимых пищевых волокон ферментативно-гравиметрическим методом». При изучении сорбционных свойств определение Cu^{2+} в растворе выполнялось иодометрическим методом; Fe^{3+} и Ca^{2+} – комплексонометрическим методом; уксусной кислоты – методом кислотно-основного титрования; этанола – методом отгонки. В качестве модельных токсикантов использовались растворы солей железа (FeCl_3), меди (CuSO_4), свинца ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). Для изучения ионного обмена использовались растворы солей кальция (CaCl_2) и меди (CuSO_4).

Для оценки адсорбционных свойств СилаРжи готовились растворы солей заданной концентрации. В растворы солей помещался сорбент, через 1 час после начала сорбции растворы фильтровались, фильтрат анализировался на содержание остаточного количества ионов металла. Масса сорбированных ионов рассчитывалась на 1 г сорбента.

Для оценки ионообменных свойств «СилаРжи» сорбент обрабатывался раствором CaCl_2 , затем рассчитывалась масса сорбированного CaCl_2 . Обработанный хлоридом кальция сорбент помещался в раствор соли тяжелого металла. Через определенное время сорбент отфильтровывался, а в фильтрате определялось содержание ионов кальция и ионов тяжелого металла.

Согласно полученным экспериментальным данным, среднее содержание растворимых ПВ в «СилаРжи» составляет – 32,92%; содержание нерастворимых – 13,01%; суммарное содержание – 46%, что хорошо согласуется с данными, полученными расчетным методом.

На рисунке 1 приведены данные об адсорбции ионов меди, свинца и железа (III) сорбентом «СилаРжи». Все перечисленные катионы являются токсичными для человека, и их содержание в продуктах питания подлежит обязательному контролю.

Экспериментальные данные показывают, что «Силаржи» активно сорбирует ионы тяжелых металлов. Количество сорбированных ионов увеличивается при возрастании концентрации ионов в растворе. Наиболее активно сорбируются ионы свинца, представляющие особую опасность для здоровья.

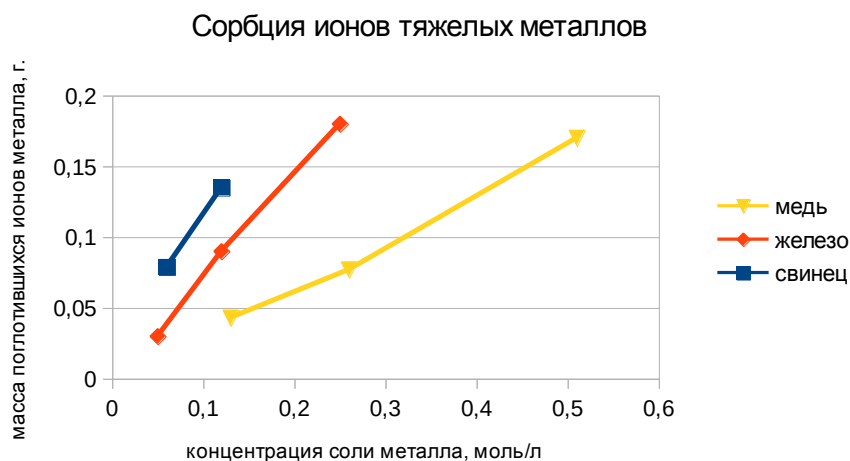


Рис. 1. Сорбция ионов меди, железа, свинца

Для оценки сорбционной активности СилаРжи по отношению к органическим веществам была изучена сорбция уксусной кислоты из водных растворов различной концентрации, а также сорбция этилового спирта. Сорбционные свойства «СилаРжи» по отношению к уксусной кислоте выполнялись в сравнении с активированным углем.

На рисунке 2 представлены данные, характеризующие сорбцию уксусной кислоты продуктом «СилаРжи» и активированным углем. Полученные данные показывают более высокую сорбционную активность «СилаРжи». Особенно заметна разница в области высоких концентраций.

Адсорбция этанола изучалась из 40% водных растворов. Соотношение «СилаРжи» (влажность 7,8%) и раствора этанола составляло 1:10. В водном растворе спирта «СилаРжи» сильно набухала, образуя вязкую систему. Спирт из этой системы отгонялся с большим трудом. Процесс отгонки занимал более 2 часов. После отгонки было установлено, что концентрация спирта в растворах, содержащих добавки «СилаРжи», уменьшилась на 11%, т.е. «СилаРжи» настолько прочно сорбирует спирт, что его не удастся полностью выделить даже длительной отгонкой. Установленный факт позволяет предположить, что натуральный ржаной продукт «СилаРжи» может применяться для уменьшения всасывания этилового спирта в желудочно-кишечном тракте, т.е. как средство, предотвращающее опьянение.

Пищевые волокна играют важную роль в процессах пищеварения, однако потребление этих нутриентов ограничивается 30 г в сутки. Превышение рекомендуемой нормы приводит к чрезмерному выведению микроэлементов из организма. В связи с этим нами были выполнены исследования способности «СилаРжи» к ионному обмену.

Согласно полученным данным, «СилаРжи» достаточно активно сорбирует ионы Ca^{2+} , причем сорбированные ионы кальция в растворах легко замещаются на ионы тяжелых металлов, в частности на ионы Cu^{2+} . Таким образом, «СилаРжи» способна поглощать из раствора токсичные ионы металлов и выделять в организм полезные и весьма дефицитные микроэлементы. Установленный факт открывает перспективы для создания уникальных пищевых продук-

тов нового поколения, способных регулировать ионный состав внутренней среды организма.

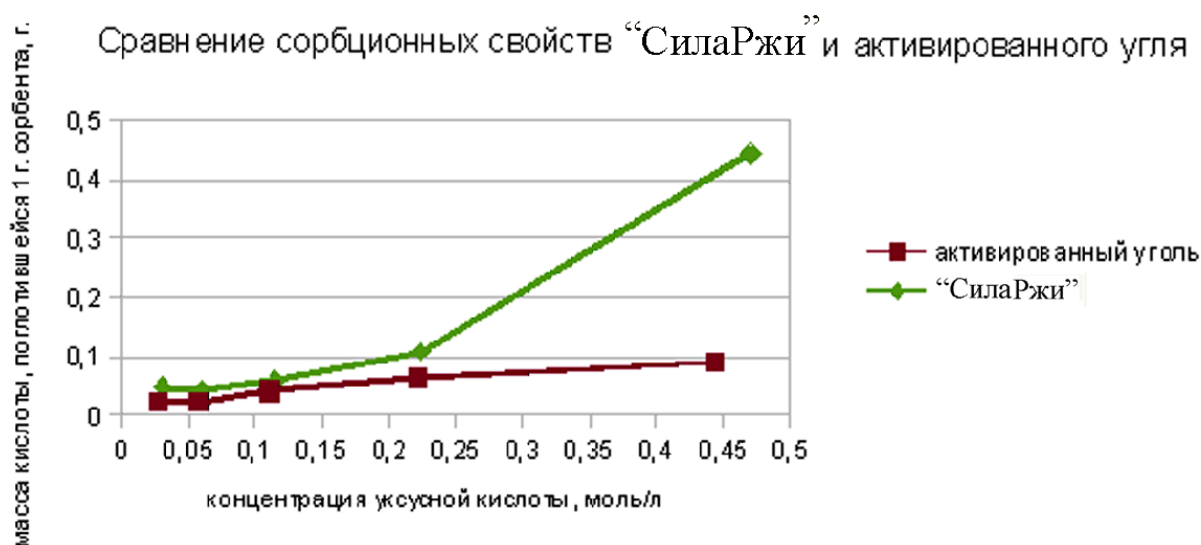


Рис. 2. Сорбция уксусной кислоты активированным углем и «СилаРжи»

Считаем обоснованным и перспективным продолжение исследований уникальных сорбционных свойств натурального ржаного продукта «СилаРжи». Необходимо обратить особое внимание на разработку рекомендаций по широкому использованию «СилаРжи» в производстве оздоровительных продуктов питания. Продукты с включением «СилыРжи» могут принести особую пользу людям, работающим в условиях повышенного загрязнения среды (химическая, нефтехимическая, металлургическая промышленность и т. п.).

Литература

- Корнеева О. С., Глаголева Л. Э., Родионова Н. С., Шуваева Г. П. Исследование энтеросорбирующих свойств новой биополимерной композиции на основе растительных и животных клеток // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2.
- Вайнштейн С. Г. Пищевые волокна и усвояемость нутриентов // Вопросы питания. 1984. № 3. С. 6–12.
- Сырчина Н. В. Физиологическая ценность питания взрослого населения г. Кирова // Региональные и муниципальные проблемы природопользования: Матер. 9-й науч.-практ. конф. г. Киров, (6–8 сентября 2006 г.). Кирово-Чепецк, 2006. С. 156–158.
- Березин А. О., Сырчина Н. В., Одинцов Н. И. Пищевой продукт и способ обработки сухой зерновой барды, используемой для получения пищевого продукта // Патент на изобретение № 2472356. 2013.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПИЩЕВЫХ ЭНТЕРОСОРБЕНТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К КАТИОНАМ МЕТАЛЛОВ

Г. И. Салихова, Е. О. Маркина, Н. В. Сырчина
Вятский государственный гуманитарный университет,
nvms1956@mail.ru

Пищевые волокна, обладающие выраженными пребиотическими и энтеросорбционными свойствами, находят все более широкое применение в производстве функциональных пищевых продуктов (Белкин и др., 2009). Наиболее доступными и распространенными источниками пищевых волокон являются зерновые отруби. Натуральные зерновые отруби добавляют в диетические сорта хлеба или используют в качестве самостоятельного продукта, предназначенного для восполнения дефицита балластных веществ в обычном рационе питания. Пищевые волокна проявляют выраженный детоксикационный эффект, т.е. играют важную роль в выведении из организма вредных продуктов обмена и поступающих с пищей токсикантов (Сырчина, Лебедева, 2014).

В последнее время разработаны технологии, позволяющие усилить сорбционные свойства отрубей. Например, процесс ферментации пшеничных отрубей винными дрожжами позволил получить новый препарат «Рекицен-РД», характеризующийся более высокой сорбционной активностью, чем простые зерновые отруби. На основе ферментированного спиртовыми дрожжами ржаного зерна налажен выпуск натурального ржаного продукта СилаРжи.

Винные, спиртовые, хлебопекарные дрожжи относят к одному виду – *Saccharomyces cerevisiae*. Известно, что ферментные системы дрожжей *S. Cerevisiae* не способны разрушать целлюлозу, составляющую основу зерновых отрубей. В связи с этим возникает вопрос, каков механизм модифицирующего влияния дрожжей на сорбционные свойства зерновых отрубей? В чем причина повышенной сорбционной активности ферментированных отрубей по сравнению с натуральными?

В качестве рабочей гипотезы было выдвинуто предположение, что повышение сорбционной способности ферментированных отрубей может быть обусловлено обогащением пищевых волокон биомассой дрожжевых клеток. Гипотеза может найти подтверждение, если будет установлено, что дрожжи обладают более выраженными сорбционными свойствами, чем остальные пищевые сорбенты (отруби, Рекицен-РД, СилаРжи).

Для проверки рабочей гипотезы было выполнено сравнительное изучение сорбционных свойств натуральных отрубей, Рекицена-РД, СилаРжи и хлебопекарных дрожжей по отношению к катионам Fe^{3+} , Cu^{2+} и Ca^{2+} . Ионы Fe^{3+} , Cu^{2+} использовались в качестве модельных неорганических токсикантов, ионы Ca^{2+} – в качестве ценного биогенного элемента, сорбция которого в желудочно-кишечном тракте не желательна.

Методика эксперимента. В 100 мл раствора соли, содержащей катион металла (Fe^{3+} , Cu^{2+} или Ca^{2+}) вносили 5 г сорбента (пшеничные отруби, Рекицен-РД, СилаРжи, сухие хлебопекарные дрожжи). Через 60 минут раствор фильтро-

вали и определяли изменение содержания соответствующего катиона в фильтрате по сравнению с исходным раствором. Эксперимент выполнялся при температуре 25 °С. Концентрация Fe^{3+} , Cu^{2+} определялась методом йодометрического титрования, концентрация Ca^{2+} – комплексометрическим методом. Влажность всех сорбентов при выполнении расчетов приводилась к 15%.

Анализы проводились в трех повторах, результаты подвергались статистической обработке.

Полученные данные представлены на рисунках 1, 2, 3 (а – исходное содержание катионов металлов в растворе, г/1л р-ра; б, в, г, д – остаточное содержание катионов металлов в растворе после обработки раствора сорбентами, г/1л р-ра: б – отруби; в – Рекицен-РД; г – СилаРжи; д- дрожжи).

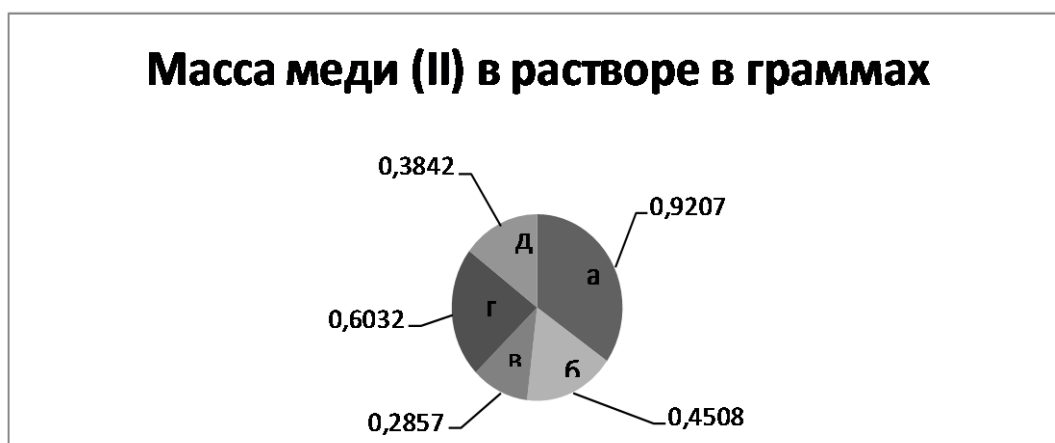


Рис. 1. Сорбция катионов Cu^{2+} различными пищевыми сорбентами

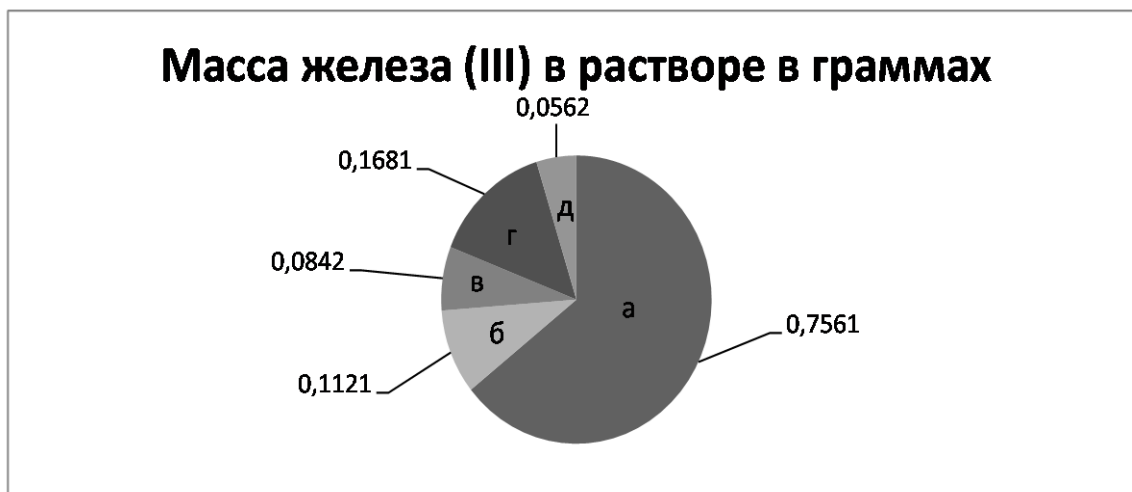


Рис. 2. Сорбция катионов Fe^{3+} различными пищевыми сорбентами



Рис. 3. Сорбция катионов Ca^{2+} различными пищевыми сорбентами

Из рисунков видно, что наиболее активно все сорбенты связывают катионы Fe^{3+} , менее активно сорбируются ионы Cu^{2+} . Биогенный элемент Ca^{2+} изученные сорбенты связывают в наименьшей степени. Полученные данные полностью согласуются с порядком расположения изученных катионов в типичном ряду селективности.

Ионы Fe^{3+} активнее всего сорбируются дрожжами. Так, под влиянием дрожжей содержание Fe^{3+} в растворе уменьшилось в 13 раз, под влиянием Рекицена-РД – почти в 9 раз.

По отношению к ионам Cu^{2+} наибольшую активность проявляет Рекицен-РД, уровень сорбции ионов Cu^{2+} Рекиценом достигает 70%, дрожжами – 41%.

Биогенный и дефицитный элемент Ca^{2+} активнее всего связывается дрожжами и пшеничными отрубями, ферментированные сорбенты связывают этот элемент в наименьшей степени.

Как Рекицен-РД, так и СилаРжи можно рассматривать в качестве продуктов, полученных методом дрожжевой ферментации, однако в случае Рекицена-РД ферментация привела к повышению сорбционной активности препарата по сравнению с неферментированными отрубями, а в случае СилаРжи – к снижению.

Установленный факт позволяет предположить, что изменение сорбционной активности ферментированных зерновых продуктов нельзя объяснить простой комбинацией пищевых волокон и дрожжевых клеток. В процессе культивирования дрожжей на субстратах из зерновых продуктов происходят процессы иммобилизации дрожжевых клеток на целлюлозных волокнах, в результате образуется новая уникальная структура, характеризующаяся определенным уровнем сорбционной активности.

Иммобилизация дрожжей на пшеничных и ржаных зерновых продуктах протекает по-разному. Химический состав ржаного зерна существенно отличается от химического состава зерна пшеницы. Ржаное зерно содержит большое количество растворимых пищевых волокон – слизей. Можно предположить, что под действием слизей сорбционная активность иммобилизованных дрож-

жевых клеток существенно снижается (слизи механически блокируют центры сорбции).

Ферментированные зерновые продукты демонстрируют выраженную селективность по отношению к токсичным и биогенным металлам, что чрезвычайно важно в случае использования их в качестве компонентов для производства функциональных продуктов. Функциональные пищевые продукты на основе ферментированных отрубей способствуют связыванию и выведению из организма ионов тяжелых металлов, вместе с тем, такие биогенные элементы, как кальций, по большей мере, сохраняются. Наибольшую селективность по отношению к катионам металлов проявляет Рекицен-РД.

Относительно высокую сорбцию Ca^{2+} неферментированными пшеничными отрубями, по сравнению с ферментированными, можно объяснить наличием в отрубях фитиновой кислоты, активно связывающей ионы Ca^{2+} . При ферментации и термической обработке зерновых продуктов фитиновая кислота в значительной степени разрушается, что приводит к снижению сорбции ионов кальция Рекиценом-РД и СилаРжи. Причина относительно высокой сорбции ионов кальция дрожжами может быть обусловлена низкой избирательностью дрожжевых клеток по отношению к сорбции ионов различной природы, т.е. химический состав и структура клеточных стенок дрожжей обеспечивает достаточно высокую сорбируемость катионов различной природы.

Литература

Белкин В. Г., Каленик Т. К., Коршенко Л. О. и др. Современные тенденции в области разработки функциональных продуктов питания // Тихоокеанский медицинский журнал. 2009. № 1. С. 26–29.

Сырчина Н. В., Лебедева В. О. К вопросу о возможности использования побочных продуктов спиртового производства в качестве источника высокоценных пищевых волокон // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2–3 декабря 2014 г. Киров. 2013. С. 333–335.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН НА ОСНОВЕ ХЛОПКА И ЛАВСАНА НА АКТИВНОСТЬ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ

Л. Р. Низамутдинова, А. С. Ярмоленко
*Вятский государственный гуманитарный университет,
nizamutdinovalilija@mail.ru*

В настоящее время все более актуальным является исследование токсичности веществ с помощью защитных антиоксидантных систем, к ним относят и изменение активности перекисного окисления липидов (ПОЛ) в растительных тканях. ПОЛ является важным показателем при оценке и анализе качества среды.

Цель работы: изучение влияния текстильных полотен на основе хлопка и лавсана на изменение активности перекисного окисления липидов.

Таблица

Характеристика текстильных полотен

Полимерная основа текстильного полотна	Добавка к полимерной основе текстильного полотна	№ образца
Лавсан +	Нитрон (полиакрилонитрил)	1
	Капрон (полиамид)	2
Хлопок +	Капрон (полиамид)	3
	Капрон (полиамид)	4
	Нитрон (полиакрилонитрил)	5
	Нитрон (полиакрилонитрил)	6
	Нитрон (полиакрилонитрил)	7
	Лавсан (полиэтилентерефталат)	8

Интенсивность ПОЛ определяют по накоплению в тканях продуктов перекисного окисления липидов малонового диальдегида, который образует окрашенный комплекс с тиобарбитуровой кислотой (ТБК).

Навеску массой 0,6 г. сырой растительной ткани гомогенизируют в 10 мл среды выделения (0,1 М ТРИС·HCl буфер pH=7,6, содержащий 0,35 М HCl). К 3 мл гомогената добавляют 2 мл 0,5% тиобарбитуровой кислоты (ТБК) в 20% трихлоруксусной кислоте (ТХУК), инкубируют в кипящей водяной бане в течение 30 мин вместе с контролем (среда выделения + ТБК с ТХУК), фильтруют. Определяют оптическую плотность фильтратов на спектрофотометре при длине волны 532 нм (Лукаткин, 2002).

Приготовление вытяжек: образцы измельченных текстильных полотен заливают природной подземной водой питьевого качества (соотношение образца и воды 1:4), колбы закрывают пищевой пленкой для исключения испарения и выдерживают в темном месте в течение 7 суток. Полученную вытяжку фильтруют через бумажный фильтр, фильтрат используют для опыта.

Семена ячменя проращивают в присутствии вытяжек исследуемых текстильных полотен. Изучают влияние водных экстрактов текстильных полотен на основе лавсана и хлопка с добавлением различных полимеров (капрон, нитрон, лавсан) на интенсивность ПОЛ в корнях на 3 и 7 сутки после начала опыта. Контролем являются семена ячменя, которые проращивали на дистиллированной воде.

Проведенными исследованиями установлено, что самые низкие значения активности ПОЛ на 3 сутки отмечены в текстильных полотнах на основе хлопка с добавлением различных полимеров (капрон, нитрон и лавсан) (рис.). Образцы на основе лавсана (№ 1 и № 2) вызвали значительное ингибирование ПОЛ в корнях ячменя, которое сохранялось в течение 3 суток. Уменьшение интенсивности ПОЛ отмечалось в образцах на основе хлопка (№ 6 и № 7) с добавлением нитрона и составляло – около 75% от контроля, на 7 сутки происходило его снижение до 60% от контроля. Сохранение низкой интенсивности ПОЛ на протяжении 7 суток свидетельствует о снижении окислительных процессов в растительных клетках. В текстильных полотнах на основе лавсана с добавлением нитрона и капрона наблюдалось резкое превышение значения ПОЛ на 3 сутки и составляло 120–126% от контроля.

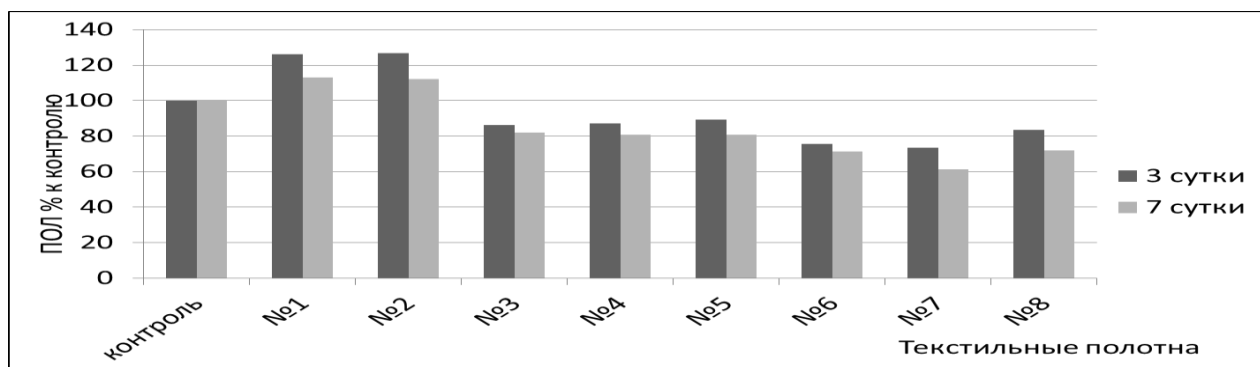


Рис. Влияние текстильных полотен на основе хлопка и лавсана с добавлением различных полимеров (капрона, нитрона и лавсана) на ПОЛ в корнях ячменя (3 и 7 сутки инкубации на растворах) (обозн. в табл.)

Проведенными исследованиями установлено, что безопасными из исследуемых текстильных полотен (табл.) являются образцы на основе хлопка (рис.). При исследовании влияния текстильных полотен на основе лавсана на корни ячменя, происходило резкое увеличение интенсивности ПОЛ на 3 сутки. Это говорит о том, что в корнях происходили активные окислительные процессы и начиналось разрушение растительных клеток.

Литература

Лукаткин А. С. Холодовое повреждение теплолюбивых растений и окислительный стресс. Саранск: Изд-во Мордовс. ун-та, 2002. 208 с.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С. В. Потапов¹, А. И. Фокина², О. Г. Васильева²

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,
r1ver235@gmail.com, annushka-fokina@mail.ru,

² ЗАО «Интера», vasilyevaog@inte.ru

Своевременная диагностика силового масляного трансформатора позволяет избежать дорогостоящего ремонта или замены трансформатора, а также не допустить возможность взрыва и пожара, которые могут привести к физическим разрушениям подстанции, экологическим и экономическим последствиям. При горении трансформаторного масла выделяются диоксины, которые затем мигрируют по цепям питания, нанося вред всему живому, что может привести к экологической катастрофе. Внезапная остановка работы трансформатора на опасных объектах, таких как атомные электростанции (АЭС), может привести к остановке насосов системы охлаждения, что приведет к аварийной ситуации, а возможность аварии на АЭС – самая большая опасность атомной энергетики. Авария на АЭС может привести к глобальным экологическим последствиям.

Поддержание в работоспособном состоянии силового маслонаполненного оборудования на крупных предприятиях является одной из главных задач. Зна-

чительную часть подобного оборудования составляют маслonaполненные трансформаторы.

Трансформаторное масло является наиболее информативным и доступным объектом для диагностики силового маслonaполненного оборудования. Отбор пробы масла можно производить без отключения оборудования. Поэтому выделение растворенных газов и проведение диагностики маслonaполненного оборудования можно проводить дистанционно (Храмов, 2005).

Основным видом диагностики трансформаторов, выявляющим большинство дефектов, в настоящее время считается хроматографический анализ растворенных газов в масле (ХАРГ). Все крупные энергокомпании и трансформаторостроительные фирмы широко применяют ХАРГ, при этом используют различные системы оценки и определения типа дефекта трансформатора.

Обычно анализируется концентрация следующих растворенных в масле газов: водорода H_2 , метана CH_4 , этана C_2H_6 , этилена C_2H_4 , ацетиленa C_2H_2 , оксида углерода CO , диоксида углерода CO_2 .

С помощью ХАРГ выявляются также дефекты, не приводящие непосредственно к повреждениям, но интерпретируемые как неполадки, например, в анализах обнаруживается водород, выделяющийся при образовании ржавчины стали в присутствии воды у дна бака или в других местах, а также при гидратации цинка в присутствии воды на оцинкованных поверхностях (Алексеев, 2002).

В настоящее время большое внимание уделяется автоматическому непрерывному контролю диагностических газов в трансформаторном масле. Непрерывный контроль позволяет вовремя диагностировать развивающийся дефект трансформаторного оборудования, что повышает надежность и эффективность работы данного оборудования. Полученные результаты непрерывного контроля могут служить для накопления исторических данных для последующей диагностики трансформаторного оборудования. В случае аварийной остановки трансформатора за счет срабатывания газового реле исторические данные могут пригодиться для более точного определения повреждения.

Для непрерывного контроля содержания диагностических газов на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» устанавливаются приборы, позволяющие в режиме on-line контролировать содержание диагностических газов. К таким приборам относятся промышленные хроматографы «7Х», анализаторы «ИнтеГаз», разработанные ЗАО «Интера».

ЗАО «Интера» – молодая, динамично развивающаяся компания, работающая на рынке автоматизации с 2002 года. Компания выполняет весь комплекс работ и услуг по внедрению систем управления, аккредитована несколькими крупными предприятиями России. Проведена аттестация производимого оборудования на соответствие требованиям ОАО «ФСК ЕЭС». Производство аналитических приборов основано на собственных разработках компании, в которых применяются передовые достижения науки и техники мирового уровня. Некоторые из разработок не имеют аналогов в России, часть технических решений не используется больше нигде в мире. ЗАО «Интера» – одна из немногих российских компаний, занимающаяся разработкой подобных приборов, и

единственная, которая довела их до производства. «ИнтеГаз» – первый прибор такого назначения, получивший свидетельство об утверждении типа средств измерений.

Анализатор «ИнтеГаз» осуществляет непрерывный контроль состояния силового маслонаполненного оборудования с целью выявления возникающих дефектов и предупреждения их развития на ранней стадии. Состав газов, растворенных в масле трансформатора, зависит от характера дефектов в нем. Водород является одним из основных индикаторов развивающихся дефектов. Низкая растворимость водорода в масле и его высокая способность к диффузии облегчают его обнаружение при небольших концентрациях, позволяя выявлять наличие дефекта. Содержание горючих газов, растворенных в масле, является показателем целого ряда дефектов, развивающихся в маслонаполненном оборудовании. Влага оказывает отрицательное влияние на все электрические характеристики изоляционной системы электротехнического оборудования. Основное влияние на пробивное напряжение масла оказывает растворенная вода, содержание которой контролируется диэлькометрическим датчиком анализатора. Отбор проб газов, растворенных в масле, осуществляется диффузионным методом. Масло из трансформатора непрерывно, с помощью электромагнитного насоса, прокачивается через пробоотборный блок анализатора, который представляет собой противоточный теплообменник. Прокачиваемое масло направляется обратно в трансформатор после анализа. Составной частью пробоотборного блока является термостат, в котором масло термостатируется до постоянной температуры 35 °С. В термостате размещен диэлькометрический датчик влаги и диффузионный газоотборник. В газоотборнике растворенные газы диффундируют из масла сквозь термостатированную политетрафторэтиленовую разделительную мембрану. В результате диффузии через стенки мембраны водород и горючие газы попадают из масла в газовую полость газоотборника. Продиффундировавшие газы последовательно проходят через датчик водорода (ДВ) и датчик горючих газов (ДГГ). Сигналы от ДВ и ДГГ пропорциональны концентрации водорода и горючих газов в трансформаторном масле.

Так же ЗАО «Интера» был разработан и производится промышленный хроматограф типа «7Х», который является представителем нового поколения анализаторов, предназначенных для автоматического непрерывного контроля содержания газов и влаги, растворенных в трансформаторном масле. Применяется для автоматической оперативной диагностики дефектов, развивающихся в силовом маслонаполненном электрооборудовании. Анализатор осуществляет непрерывный раздельный анализ кислорода, водорода, метана, этилена, этана, ацетилен, оксида углерода, диоксида углерода, растворенных в масле, и влагосодержания масла. Основным преимуществом применения хроматографа «7Х» является возможность непрерывно контролировать состояние трансформаторного оборудования и иметь полное представление о динамике быстроразвивающихся дефектов на ранней стадии в интервалах между проведением полугодового ХАРГ в лабораторных условиях. При этом чувствительность и точность измерения не уступает лабораторному ХАРГ (Компания..., 2015). В корпусе хроматографа размещены пробоотборный блок, состоящий из вакуумного тер-

модиффузионного двухзонного пробоотборника, помещенного в термостат, диэлькометрического датчика влаги и теплообменника; аналитический блок, состоящий из детектора, системы хроматографических колонок, 10-портового крана-дозатора и переключающих клапанов, и микропроцессорный блок управления. Встроенный электромагнитный насос обеспечивает непрерывную циркуляцию трансформаторного масла от объекта контроля через пробоотборный блок, в котором происходит извлечение газов, растворенных в анализируемом трансформаторном масле, в газовую фазу методом термовакuumной экстракции. Извлеченные газы поступают в петлю дозатора аналитического блока и далее - в поток газа-носителя. Газ-носитель проходит через систему хроматографических колонок, где происходит разделение пробы на отдельные компоненты с последующим их детектированием твердоэлектrolитным детектором (ТЭД). Принцип действия хроматографа «7Х» заключается в извлечении растворенных газов из циркулирующего через пробоотборное устройство масла методом термовакuumной экстракции до установления равновесия и последующем разделении пробы извлеченного газа хроматографическим методом. Принцип действия твердоэлектrolитного детектора основан на возникновении разности потенциалов между поверхностями твердоэлектrolитного измерительного элемента вследствие электрохимического окисления/восстановления на рабочем электроде определяемого компонента из газового потока, поступающего в детектор (Приложение к свидетельству..., 2014).

Основными требованиями к приборам для непрерывного контроля содержания газов, в соответствии с федеральным законом № 102 «Об обеспечении единства измерений» является:

1. Осуществление производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;

2. Обеспечение безопасных условий и охраны труда.

Применение приборов для непрерывного контроля состояния трансформаторного оборудования позволяет обеспечить безопасность работы на объектах ОАО «ФСК ЕЭС», тем самым обеспечивая безопасность окружающей среды.

Литература

Алексеев Б. А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М.: НЦ ЭНАС, 2002. 216 с.

Приложение к свидетельству №55589 об утверждении типа средств измерений. Описание типа средств измерений. Хроматографы газовые «7Х». 2014. 4 с.

Храмов А. М. Автоматизированный комплекс для контроля концентраций газов // Успехи современного естествознания. 2005. № 2. С. 67–68.

Компания ЗАО «Интера» [Офиц. сайт]. URL: <http://inte.ru/> (дата обращения: 13.03.2015).

ОГНЕСТОЙКОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ОБИВКИ МЯГКОЙ МЕБЕЛИ

Л. Р. Низамутдинова, А. С. Ярмоленко, К. В. Куклина, Л. В. Морилова
Вятский государственный гуманитарный университет,
nizamutdinovalilija@mail.ru

В связи с частыми случаями возникновения пожаров в местах с большим скоплением людей проблема огнезащиты очень актуальна. Поэтому важно уделять внимание огнезащитным свойствам текстиля, так как он является материалом, который окружает человека в повседневной жизни.

Цель работы: оценка огнестойкости текстильных полотен для обивки мягкой мебели, обработанных огнестойкими составами на основе неорганических соединений. В работе исследовано 8 образцов текстильных полотен на основе хлопка и лавсана с добавками: нитрон, капрон и лавсан.

Таблица 1

Химический состав текстильных полотен для обивки мягкой мебели

Основа	Добавка к основе	№ Образца полотна	Формула добавки к основе
Лавсан +	Нитрон (полиакрилонитрил)	1	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_{\text{n}}$
	Капрон (полиамид)	2	$^* \left[\text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{NH} \right]_{\text{n}} ^*$
Хлопок +	Капрон (полиамид)	3	$^* \left[\text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{NH} \right]_{\text{n}} ^*$
	Капрон (полиамид)	4	$^* \left[\text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{NH} \right]_{\text{n}} ^*$
	Нитрон (полиакрилонитрил)	5	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_{\text{n}}$
	Нитрон (полиакрилонитрил)	6	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_{\text{n}}$
	Нитрон (полиакрилонитрил)	7	$(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-)_{\text{n}}$
	Лавсан (полиэтилентерефталат)	8	$^* \left[\text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{C}_6\text{H}_4 \text{---} \text{C}(=\text{O}) \text{---} \text{O} \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{CH}_2 \text{---} \text{O} \right]_{\text{n}} ^*$

Определение огнестойкости текстильных полотен проводили по ГОСТ Р 50810-95 (ГОСТ Р 50810-95). Принцип метода основан на определении огнестойкости образцов, обработанных огнестойкими составами и измерении времени начала горения, продолжительности горения и тления образца.

Настоящий стандарт устанавливает способность текстильных материалов, обработанных огнестойкими составами, сопротивляться воспламенению и устойчивому горению. Огнестойкие составы наносят простым пропитыванием, ручным отжимом и последующей сушкой в течение 24 часов в естественных условиях. В результате чего на волокне оседают нерастворимые и негорючие соединения (табл. 2).

Состав огнестойких пропиток для текстильных полотен

№ пропитки	Химический состав	Формула
1	Алюмокалиевые квасцы	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$
2	Метасиликат магния	$MgSiO_3$
3	Ортофосфат натрия	Na_3PO_4
4	Сульфат аммония	$(NH_4)_2SO_4$

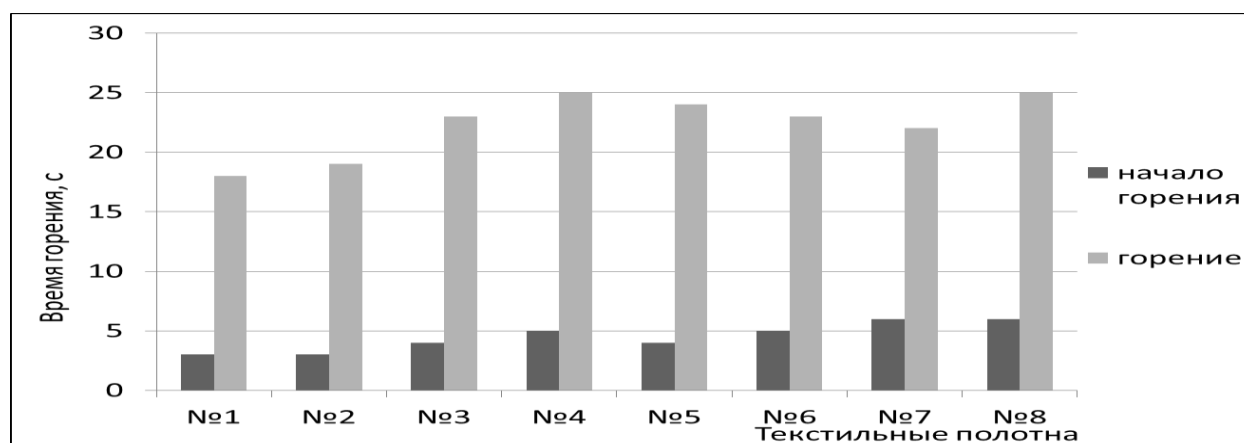
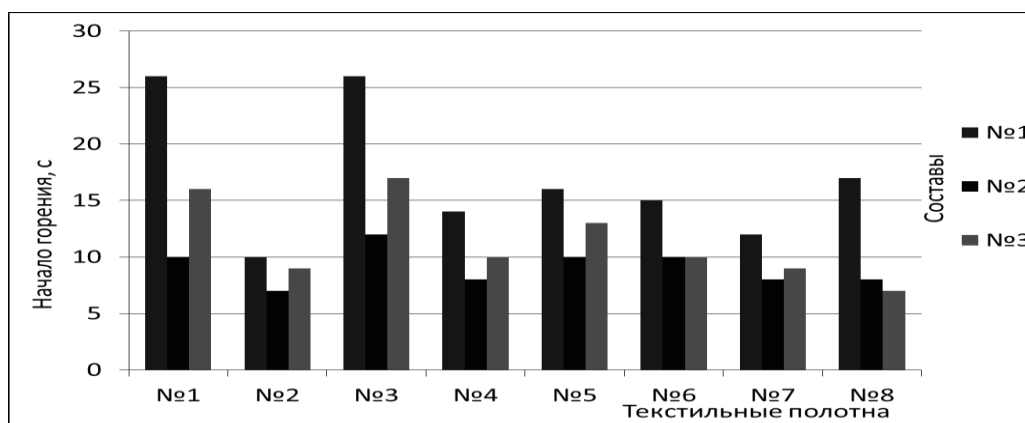
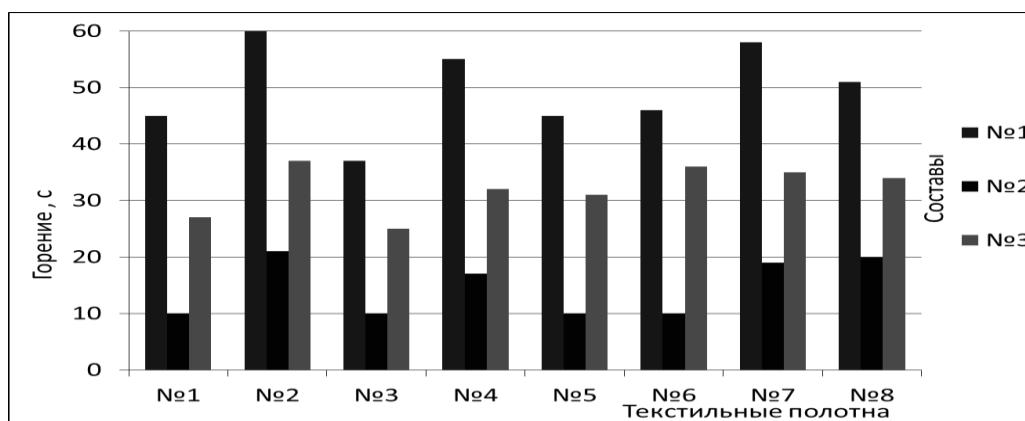


Рис. 1. Огнестойкость необработанных образцов текстильных полотен для обивки мягкой мебели (обозн. в табл. 1)

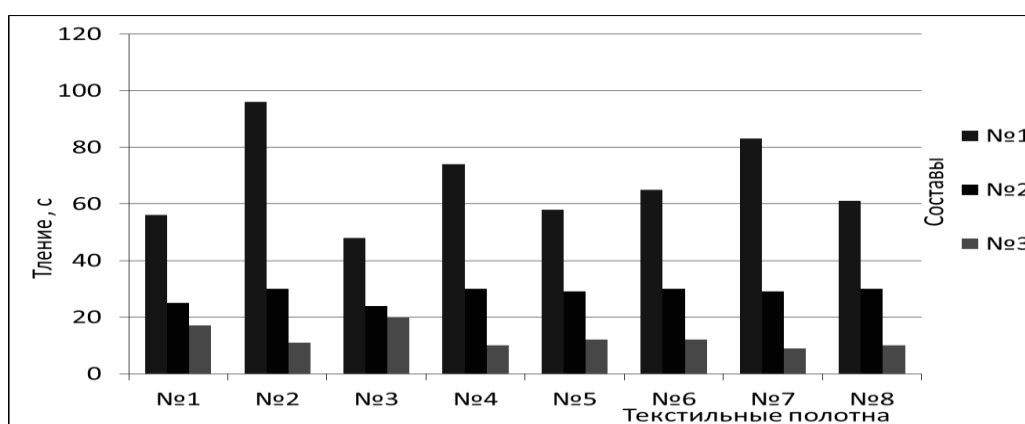
Проведенными исследованиями показано, что образцы, обработанные огнестойким составом № 4 (сульфат аммония) не обеспечивали устойчивое горение, а точнее не загорелись. На зажигание пропитанных образцов уходит значительно больше времени, в то время как непропитанные вспыхивают практически сразу после соприкосновения с огнем. Например, на горение непропитанных образцов уходило в среднем 15–25 с (рис. 1), тогда как, пропитанные образцы горели хотя и незначительно и меньшее количество времени. Например, образцы, пропитанные огнестойким составом №1, горели в среднем 30–60 с, № 2 – 10–20 с, № 3 – 10–20 с (рис. 2Б). Увеличение времени начала горения является очень важной характеристикой для огнестойкости.



А



Б



В

Рис. 2. Огнестойкость обработанных образцов текстильных полотен для обивки мягкой мебели; А – начало горения, Б – горение, В – тление

Даже несколько лишних секунд позволяет успеть устранить источник возгорания.

Литература

ГОСТ Р 50810-95 «Пожарная безопасность текстильных материалов».

УЛУЧШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ

О. П. Лопатин

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nirs_vsaa@mail.ru*

В Вятской государственной сельскохозяйственной академии на базе кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов осуществлена разработка модификации дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) трактора МТЗ-80 для работы на природном газе с рециркуляцией отработавших газов. Разработка модификации данного дизеля предусматривает в первую очередь снижение токсичности отработавших газов и улучшение эффективных при сохранении мощностных показателей работы дизеля.

Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов (РОГ) на мощностные и экономические показатели, показатели токсичности и дымности ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{\text{впр}} = 23$ градуса представлено на рисунке 1.

Из графиков (рис. 1, а) видно, что применение РОГ на газодизельном процессе приводит к незначительному росту удельного эффективного расхода топлива, снижение которого происходит в результате применения природного газа. Расход воздуха снижается пропорционально количеству присаженных во впускной коллектор ОГ. Температура рециркулируемых газов увеличивается с увеличением степени рециркуляции и при степени рециркуляции $\rho = 40\%$ не превышает 68°C .

Из графиков (рис. 1, б) видно, что применение природного газа на дизеле 4Ч 11,0/12,5 приводит к снижению содержания оксида и диоксида углерода, дымности ОГ, но происходит увеличение содержание оксидов азота и суммарных углеводородов. Так на номинальном режиме работы увеличение выбросов оксидов азота с ОГ составляет $24,1\%$, а при $p_e = 0,13 \text{ МПа}$ выброс увеличивается на $60,5\%$. Применение РОГ снижает содержание оксидов азота в ОГ во всём диапазоне изменения нагрузок. При работе по газодизельному процессу с 40% -ной РОГ в диапазоне изменения нагрузки от $0,13$ до $0,26 \text{ МПа}$ происходит снижение NO_x на $63,4\%$. При работе газодизеля на номинальном режиме с 10% -ной РОГ содержание NO_x в ОГ ниже на $24,1\%$ газодизельного процесса и соответствует дизельному процессу. Применение РОГ вызывает неоднозначное влияние на содержание суммарных углеводородов в ОГ. Так при работе газодизеля с 40% -ной РОГ на малых нагрузках от $0,13$ до $0,26 \text{ МПа}$ происходит снижение CH_x на $8,7 \dots 14,5\%$, но при $p_e = 0,51 \text{ МПа}$ происходит увеличение на $42,5\%$.

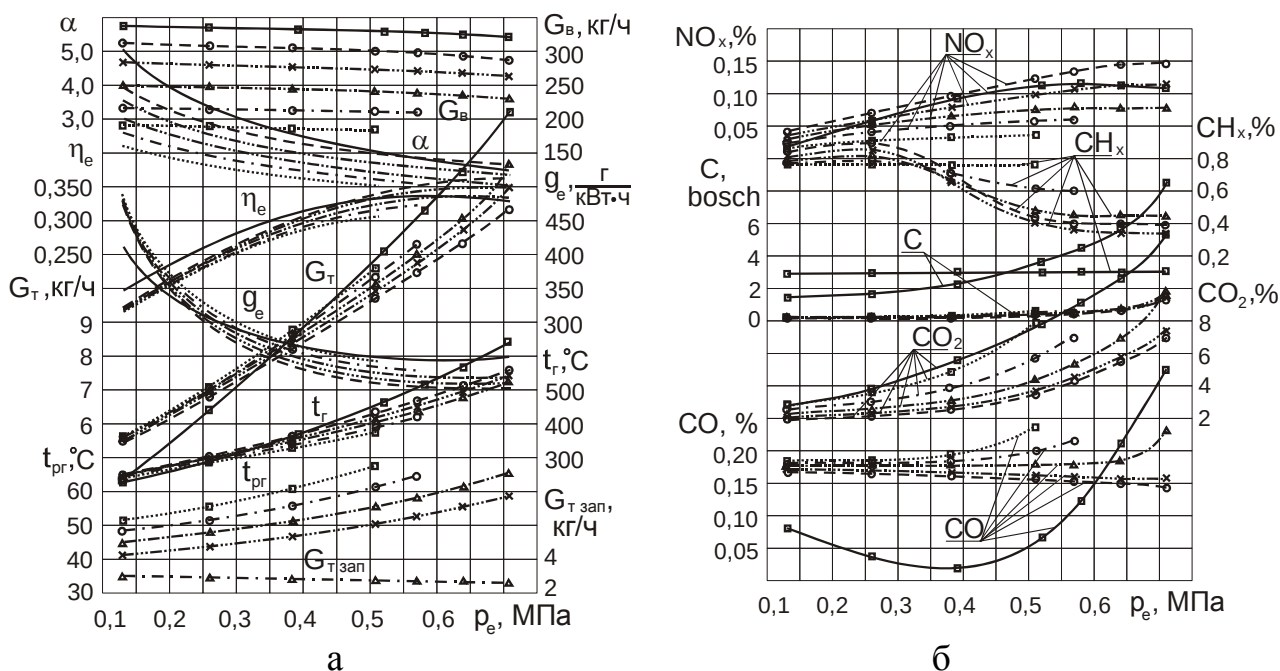


Рис. 1. Влияние применения природного газа и РОГ на показатели рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ и $\Theta_{впр} = 23$ градуса: а – мощностные и экономические показатели; б – показатели токсичности и дымности ОГ;

□ — □ — дизельный процесс; ○ — ○ — газодизельный процесс;
 × — × — рециркуляция 10 %; ▲ — ▲ — рециркуляция 20 %;
 ○ — ○ — рециркуляция 30 %; □ — □ — рециркуляция 40 %;
 ▲ — ▲ — расход запального дизельного топлива

Таким образом, для снижения содержания оксидов азота и суммарных углеводородов в ОГ дизеля при работе на природном газе максимальная степень рециркулируемых газов на номинальном режиме работы не должна превышать 10%, а на малых нагрузках возможно применение 40 %-ной степени рециркуляции.

Результаты экспериментальных исследований доведены до создания макетного образца трактора МТЗ-80 с системой питания, модернизированной для работы на природном газе с системой РОГ (рис. 2).

Система питания на природном газе позволяет замещать на номинальном режиме работы до 80% дизельного топлива и уменьшает суммарный расход топлива до 14%, снижает дымность ОГ и содержание оксида и диоксида углерода. Система регулируемой РОГ позволяет снизить содержание, возросших при переходе на газодизельный режим, оксидов азота до уровня дизельного процесса и суммарных углеводородов.



Рис. 2. Общий вид трактора МТЗ-80 с системой питания, модернизированной для работы на природном газе с системой РОГ

Запуск дизеля производится на дизельном топливе, а затем включается подача сжатого природного газа и работа трактора осуществляется путем регулирования подачи природного газа и рециркулируемых газов по всережимной характеристике. Запальная доза дизельного топлива остается постоянной. Перевод работы дизеля на газ с системой РОГ и обратно осуществляется переключением электромагнитных клапанов фиксации запальной дозы дизельного топлива и подачи газа одним сблокированным тумблером. Охлаждение рециркулируемых газов осуществляется по двум ступеням: жидкостный теплообменник, где происходит охлаждение за счет передачи тепла охлаждающей жидкости из системы охлаждения трактора, и воздушный охладитель, где происходит охлаждение за счет передачи тепла в атмосферу. Комплексная система снижения токсичности, включающая в себя применение регулируемой РОГ и природного газа, может быть использована как на новых тракторах, так и на находящихся в эксплуатации. Монтаж системы не требует дорогостоящего оборудования, значительных конструктивных изменений и может быть осуществлен в условиях специализированных мастерских хозяйств и ремонтно-технических предприятиях.

РЕГИОНАЛЬНО ОБОСНОВАННЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ КОРРЕКЦИИ МАССЫ ТЕЛА

***И. В. Rogozin, А. С. Шубин, Н. В. Сырчина**
Вятский государственный гуманитарный университет*

Стремительно прогрессирующее количество людей, имеющих избыточную массу тела, становится одной из глобальных проблем современного общества. Международная Федерация потребительских организаций призывает в 2015 году акцентировать внимание на правах потребителей на здоровое питание, выдвинув соответствующий девиз «To focus on consumers' rights to healthy food» (Ashwell, 1994).

По распространенности ожирения и избыточной массы тела Россия занимает третье место в мире. Главной причиной избыточной массы тела является неправильное питание на фоне выраженной гиподинамии. В связи с высокой

значимостью проблемы избыточной массы тела, научные работы в направлении создания эффективных программ коррекции массы тела, приобретают особую актуальность и социальную значимость.

Целью представленного в данной статье исследования явилось изучение актуального состояния питания студентов вузов г. Кирова и разработка физиологически обоснованной и регионально значимой программы питания, направленной на коррекцию избыточной массы тела.

Для выявления особенностей питания студентов г. Кирова было проведено анкетирование (ноябрь – декабрь 2014 г.) Всего в опросах приняли участие 368 студентов вузов г. Кирова. Анкеты рассылались и собирались в электронном виде через социальную сеть «ВКонтакте». Сведения, полученные методом анкетирования, сопоставлялись с дневниковыми записями, в которых фиксировались вид и масса продуктов, потребленных участником наблюдений в течение 7 дней. Полученные данные сопоставлялись с результатами аналогичных исследований, проводимых в 2006 г. (Сырчина, 2006; Сырчина, Петров, 2006).

Согласно результатам исследования, структура питания студентов за период с 2006 по 2014 гг. заметно изменилась: если в 2006 г. ежедневно потребляли мясо и мясные продукты только 25% девушек и около 50% молодых мужчин, то в 2014 г почти 50% девушек и около 60% юношей включают мясо в свой ежедневный рацион. Мясо является источником полноценных белков и увеличение потребления этого продукта можно считать положительной тенденцией. Однако в рацион студентов входит не столько мясо, сколько различные колбасные изделия, содержащие большое количество животных жиров, что следует рассматривать как нарушение принципов здорового питания. Одновременно с ростом потребления мяса отмечается существенное уменьшение потребления рыбы, что заметно обедняет рацион ценными микроэлементами и полиненасыщенными жирными кислотами. Девушки стали больше потреблять молочных продуктов (в основном за счет йогуртов и молочных десертов), потребление молочных продуктов молодыми мужчинами уменьшилось.

Немного снизилось потребление яиц и резко сократилось потребление хлебобулочных изделий. Снижение потребления хлеба является весьма негативным фактором, поскольку в соответствии с современными принципами здорового питания зерновые продукты должны составлять основу пирамиды питания (как источники растительного белка, пищевых волокон, витаминов группы В, сложных углеводов, микроэлемента Se и др.).

Положительной тенденцией следует считать существенное увеличение содержания свежих овощей и фруктов в питании молодежи в 2014 г. по сравнению с 2006 г., однако содержание этих продуктов в питании все еще остается недостаточным.

Выявленные особенности питания послужили основой для разработки программы коррекции избыточной массы тела.

Программа коррекции массы тела разрабатывалась на основе методических рекомендаций МР 2.3.1.2432 -08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

В основу меню положены следующие принципы:

Общая энергетическая ценность (калорийность) питания должна соответствовать энергетическим потребностям молодого человека (студента или студентки), имеющим нормальную массу тела (ИМТ 19-20).

Содержание и соотношение растительных и животных белков в ежедневном продуктовом наборе должно соответствовать физиологически обоснованным нормам. Содержание жиров в питании должно находиться на нижнем уровне физиологических потребностей (30–40 г). Не менее 30% жиров должны составлять жиры растительного происхождения, богатые полиненасыщенными жирными кислотами.

Содержание основных витаминов должно соответствовать физиологическим нормам. Содержание пищевых волокон в ежедневном рационе должно быть на уровне 20–30 г. XX века.

Соотношение Са:Р:Mg в питании должно составлять 1:1,5:0,75. Ежедневное потребление кальция с продуктами питания должно находиться в пределах 800–1000 мг.

Из продуктового набора должны быть полностью исключены кондитерские изделия промышленного производства. Потребность организма в простых углеводах удовлетворяется за счет натурального меда и варенья.

Потребление овощей должно соответствовать рекомендациям ВОЗ. Основу овощного рациона должны составлять сезонные овощи: морковь, свекла, капуста, редька, лук и др. Импортные фрукты в программе питания заменяются ягодами (произрастающими или выращенными в нашем регионе), обладающими высокой биологической ценностью; напитки на основе чая и кофе максимально заменяются на травяные чаи, натуральные морсы, отвары шиповника.

Основу меню составляют продукты питания, выращенные или заготовленные на территории региона.

Ориентация меню на региональные продукты питания обусловлена следующими факторами:

Региональные продукты отличаются высоким качеством. Овощи и ягоды, выращенные в условиях севера, обладают повышенной биологической ценностью. Состав региональных продуктов в большей степени соответствует физиологическим потребностям населения региона, чем состав продуктов, завозимых из других регионов. Региональные продукты, в целом, более доступны по цене, чем аналогичные продукты, завозимые из других регионов.

Ориентация населения на потребление региональных продуктов способствует не только оздоровлению питания, но и развитию сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, т.е. экономическому развитию региона.

Рационы питания рассчитывались с помощью программы Microsoft Excel. Пищевая ценность продуктов определялась на основе справочника химического состава российских пищевых продуктов (Скурихин, Тутельян, 2002) и справочных Интернет-ресурсов. Разработанное меню было согласовано со специалистами ООО «Вятский региональный центр оздоровительного питания».

В эксперименте по оценке эффективности программы коррекции массы тела на основе региональных продуктов приняли участие 11 девушек в возрасте от 20 до 24 лет, имеющие избыточную массу тела.

Полученные результаты: В течение первой недели эксперимента масса тела участниц снизилась в среднем на 2,1 кг. Максимальный результат составил 2,6 кг, минимальный – 1,3 кг. В течение второй недели масса тела в среднем понизилась на 0,8 кг. Максимальный результат – 1,1 кг, минимальный – 0,5 кг. Средний по группе результат снижения массы тела за 2 недели составил 2,4 кг. Все участники программы коррекции массы тела выразили желание продолжать питание в соответствии с предложенными принципами. По общему мнению предложенная программа питания переносится легко, затраты на продуктовый набор заметно снижаются. Самочувствие (согласно субъективным ощущениям) улучшается.

Литература

- Ashwell M. The health of the nation target for obesity // Int. J. Obes. 1994. Vol. 18. P. 837–840.
- Бутрова С. А., Дзгоева Ф. Х. Современная терапия ожирения // РМЖ. 2005. 13(2). С. 3–6.
- Сырчина Н. В. Физиологическая ценность питания взрослого населения г. Киров // Региональные и муниципальные проблемы природопользования: Матер. 9-й науч.-практ. конф. г. Киров, 6–8 сентября 2006 г. Ч. 2. Кирово-Чепецк, 2006. С. 156–158.
- Сырчина Н. В. Петров Б. А. Возрастные особенности питания взрослого населения г. Кирова // Региональные и муниципальные проблемы природопользования: Матер. 9-й науч.-практ. конф. г. Киров, 6–8 сентября 2006 г. Ч. 2. Кирово-Чепецк, 2006. С. 161–163.
- Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских пищевых продуктов. Справочник. 2002. ДейЛи принт.

ОЦЕНКА УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА В ЙОДИРОВАННОЙ СОЛИ

Д. Д. Утробина, Е. В. Береснева

*Вятский государственный гуманитарный университет,
daria.utrobina@yandex.ru, evberesneva@mail.ru*

Практически вся территория России относится к районам с природным дефицитом йода в воде и почве. По данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия населения Кировская область входит в число эндемичных по йоду регионов, где отмечается низкое содержание йода, как в объектах окружающей среды, так и в продуктах, произведенных на территории области. Поступление йода в организм с обычным рационом становится недостаточным, что приводит к росту йододефицитных заболеваний. По Кировской области йододефицитные заболевания являются одними из наиболее распространенных неинфекционных заболеваний человека.

Развитие йододефицитных заболеваний может быть предотвращено, тогда как нарушения, вызванные нехваткой йода на этапе внутриутробного развития

и в раннем детском возрасте, являются необратимыми и практически не поддаются лечению и реабилитации.

Йод относится к жизненно важным микроэлементам питания, без которых невозможно нормальное функционирование организма человека. Суточная потребность в йоде составляет 100–200 мкг, а за всю жизнь человек потребляет 3–5 г йода, которые легко помещаются в чайной ложке. В 1996 г. Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ) были предложены нормативы потребления йода лицами разного возраста.

Наиболее эффективным, экономным и простым способом массовой профилактики йододефицитных заболеваний, в соответствии с рекомендациями ВОЗ (Всемирная организация здравоохранения), является внесение солей йода (йодида или йодата калия, йодказеина) в наиболее распространенные продукты питания, потребляемые населением и животными (хлеб, воду, безалкогольные напитки, молочные продукты, кондитерские, мясные изделия, а также в столовую соль и соль, используемую в пищевой промышленности). На основании данных рекомендаций Правительством Российской Федерации в 1999 году принято постановление № 1119 «О мерах по профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода».

Выбор соли в качестве «носителя» йода обусловлен тем, что она является единственным минералом, который добавляется в пищу непосредственно, без специальной химической обработки и используется практически всеми людьми. Йодировать соль можно на любом этапе ее производства, а технология йодирования дешева, проста и дает быстрый эффект. Стоимость йодированной поваренной соли практически не отличается от нейодированной (дороже на 5–10%), то есть это доступный и дешевый продукт (Заборовская, Конюков, 2000).

В связи с этим *целью* данной работы явилось количественное определение компонента, которым обогащаются образцы йодированной соли, реализуемые на потребительском рынке г. Кирова.

В качестве *объекта исследования* была выбрана йодированная соль трех производителей:

1. Соль Илецкая йодированная пищевая, помол №1. РФ, Оренбургская обл., Соль-Илецкий р-н, г. Соль-Илецк.
2. Соль поваренная пищевая выварочная экстра «Полесье» йодированная. Республика Беларусь, Гомельская обл., г. Мозырь.
3. Соль йодированная поваренная пищевая выварочная, мелкий помол. SosaltSpa, ZonaRonciglio 91100 Trapani, Италия.

Изначально йодирование поваренной соли осуществлялось добавлением йодида калия («салатная» соль). К сожалению, йодид калия является нестабильным веществом: он довольно быстро улетучивается при хранении (особенно если упаковка соли открыта) и при кулинарной обработке пищи. При засолке овощей йодид калия может повлиять на вкус и цвет продуктов. К тому же срок хранения соли с добавлением йодида калия составляет всего 3 месяца.

В 1998 году в России был принят новый стандарт на йодированную поваренную соль, который предполагает внесение в нее 40 ± 15 мг йода на 1 кг соли в виде стабильной соли – йодата калия (KIO_3) (Allen et al., 2006).

Йодат калия и йодид калия применяются на протяжении длительного периода времени и широко используются для обогащения поваренной соли без очевидных негативных эффектов для здоровья человека. Практика показала, что йодат калия является наиболее подходящим йод-содержащим химическим соединением для йодирования кухонной соли, чем йодид калия, благодаря относительно большей стабильности, особенно в странах с теплым, влажным или тропическим климатом. Кроме того, не зарегистрировано побочных токсических эффектов при употреблении населением данных химических соединений в пределах максимально допустимых норм ежедневного применения йодированной поваренной соли – в среднем 10 г (или от 8 до 12 г) в сутки на душу населения (Evaluation ..., 1991).

При покупке йодированной соли необходимо обращать внимание на следующие показатели, гарантирующие качество продукта: соль должна быть мелкого помола класса «экстра»; она должна обогащаться йодатом калия; гарантированное содержание йода в соли должно быть не менее 40 ± 15 мкг/г; срок годности должен составлять не менее 9 месяцев; соль должна иметь хорошую многослойную упаковку, защищающую ее от влаги и света. Большую роль в сохранности качества йодированной соли играет упаковка. Она должна сохранять полезные свойства йода в течение всего срока годности.

На основании ГОСТ 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования» и ГОСТ Р 51575-2000 «Соль поваренная пищевая йодированная» мы выявили информацию, которая обязательно должна быть представлена на упаковке:

- наименование продукта, включая информацию о способе изготовления (выварочная, каменная, самосадочная или садочная);
- наименование и местонахождение изготовителя (юридический адрес, включая страну, и, при несовпадении с юридическим адресом, адрес(а) производств(а)) и организации в Российской Федерации, уполномоченной изготовителем на принятие претензий от потребителей на ее территории (при наличии);
- дата изготовления и дата упаковывания;
- сорт (экстра, высший, 1-й и 2-й по чистоте соли, т. е. ее химическому составу, и крупности частиц);
- помол (размер частиц: 0,1, 2 и 3, чем больше значение, тем крупнее частицы);
- масса нетто;
- пищевые добавки (противослеживающие, стабилизирующие и другие при их применении);
- обозначение документа, в соответствии с которым изготовлен и может быть идентифицирован продукт;
- форма добавленного йода (йодат или йодид калия);
- содержание йода;
- рекомендуемая суточная доза потребления (г);
- срок годности;
- надпись «По истечении срока годности йодированную соль используют как обычную пищевую поваренную соль».

Количественное определение соединений йода в соли проводили следующими методами.

Метод определения массовой доли йода в соли, обработанной йодидом калия, основан на окислении йодид-ионов перманганатом калия в щелочной среде до йодат-ионов, удалении избытка перманганата калия щавелевой кислотой в кислой среде, восстановлении йодат-ионов до йода йодидом калия и титровании выделившегося йода тиосульфатом натрия в присутствии крахмала.

Метод определения массовой доли йода в соли, обработанной йодатом калия, основан на титровании йода, выделившегося при взаимодействии йодата калия и йодида калия в кислой среде, раствором тиосульфата натрия в присутствии индикатора (крахмала) (Золотов и др., 2002).

Количественные показатели определялись в трех повторностях в первой половине срока годности.

В ходе исследования были получены следующие результаты (табл.).

Таблица

Результаты эксперимента по определению полноты маркировки и содержания йода в образцах йодированной соли

Название соли	Соль Илецкая йодированная пищевая	Соль йодированная «Экстра»	Соль йодированная поваренная пищевая «SaleMarino»
Производитель, адрес	ООО «Руссоль», РФ, Оренбургская обл., Соль-Илецкий р-н, г. Соль-Илецк	ОАО «Мозырь-соль», Республика Беларусь, Гомельская обл., г. Мозырь	Производитель: So-saltSpa, ZonaRonciglio 91100 Trapani, Италия. Импортёр: ООО «ЕвроФудСт», Россия, г. Москва, ул. 3-я Радиаторская, д. 10
Вес нетто (кг)	1	1	1
Дата изготовления, срок годности	19.12.2014 9 месяцев	23.12.14 1 год	09.10.2014 3 года
Сорт	Высший	Экстра	—
Помол	№1	—	Мелкий
Пищевые добавки (противослеживающие, стабилизирующие и другие при их применении)	-	Агент антислеживающий E536	Добавка, препятствующая слеживанию и комкованию E535
Документ о подтверждении соответствия	ГОСТ Р 61574-2000	—	—
Рекомендуемая суточная доза потребления (г)	Не более 5-6 г	1-2 г	Не более 5-6 г
Надпись «По истечении срока годности йодированную соль используют как обычную пищевую поваренную соль»	Надпись присутствует на упаковке соли	Надписи нет	Надпись присутствует на упаковке соли
Форма добавленного йода (йодат или йодид калия)	KIO ₃	KIO ₃	KI
Содержание йода	40±15 мкг/г	—	Количество йода на 100 г продукта: 3 мг

Название соли	Соль Илецкая йодированная пищевая	Соль йодированная «Экстра»	Соль йодированная поваренная пищевая «SaleMarino»
Содержание йода (измеренное)	3,7мкг/г (KI), 75,11 мкг/г (KIO ₃)	4,23 мкг/г (KI), 56,07 мкг/г (KIO ₃)	5,29 мкг/г (KI), 42,32 мкг/г (KIO ₃)

При исследовании трех образцов йодированной соли было обнаружено неполное соответствие состава соли тому, что написано на упаковке, а именно: во всех образцах были обнаружены и йодид-, и йодат-ионы. В первом образце содержание йода больше измеренного значения, на упаковке второго образца не написано, чему равно содержание йода в данной соли, а в третьем образце измеренное значение йодид-ионов значительно меньше, чем представленное на упаковке. Однако, если брать суммарное количество йода, измеренное по йодид- и йодат-ионам в третьем образце, то оно незначительно превышает заявленное значение.

Литература

Золотов Ю. А., Иванов В. М., Амелин В. Г. Химические тест-методы анализа. М.: Эдиториал-УРСС. 2002. 304 с.

Заборовская Н. Н., Конюков В. А. социально-гигиенически мониторинг и профилактика йоддефицитных заболеваний. М., 2000.

Allen L. et al., eds. Guidelines on food fortification with micronutrients. Geneva, World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations, 2006.

Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, World Health Organization, 1991 (WHO Technical Series No. 806).

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – ФАКТОРЫ ОПТИМИЗАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Е. В. Мамонтова¹, В. Е. Зяблицев²

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² Вятский государственный гуманитарный университет

Развитие химической технологии определяется необходимостью повышения экологической безопасности и увеличения объема и ассортимента выпускаемых продуктов как в результате создания новых, так и интенсификации действующих производственных процессов. Решение этой достаточно сложной задачи возможно при использовании метода математического моделирования (приближенное описание процесса с помощью математических символов), который базируется на стратегии системного анализа химико-технологической системы (ХТС). При этом ХТС рассматривают как сложную иерархическую структуру, составленную из функционально связанных общими параметрами и взаимодействующих элементов (аппаратов) и подсистем (самостоятельная часть элементов) и обеспечивающих химическое превращение сырья и матери-

алов в целевой продукт. Для анализа отдельных элементов и подсистем ХТС используют обобщенные (качественная оценка) и математические (количественная оценка) модели. Обобщенные модели строят в виде процедурно-описательных (словесное описание процесса) и схемо-графических (функциональные, структурные, технологические и операторные представления) моделей. Математические модели ХТС разделяют на символические (формулы, уравнения, неравенства и др.) и структурно-графические (топологические, блочные и сетевые). Для описания информационного состояния объекта моделирования используют статистические и динамические детерминированные (отражают единственное состояние на основе закономерностей физико-химического процесса) и стохастические (множество состояний на основе вероятностных представлений) модели. В зависимости от состояния объекта различают модели со сосредоточенными (равномерное распределение) и распределительными (неравномерное распределение) параметрами (Натареев, 2007).

Таким образом, системный анализ – это метод научного исследования и качественной оценки ХТС и создания на этой основе математической модели, позволяющей определить наилучший вариант экологически безопасного и высокоэффективного функционирования химического процесса при заданных параметрах и ограничениях.

В качестве примера использования системного анализа и математического моделирования ХТС для оптимизации и обеспечения экологической безопасности химического процесса рассмотрено производство Cl_2 и NaOH ртутным методом. Топологические исследования ХТС проводили с использованием химико-технологической схемы производства. Установлено, что качество продуктов электролиза (Cl_2 и NaOH) и экологическая безопасность процесса (потери ртути) определяются характером процессов, протекающих в элементах ХТС: электролизная ванна – выделение Cl_2 (1) и H_2 (не желательная реакция) и образование Na(Hg)_n (2); разлагатель амальгамы натрия – образование каустической соды и водорода (3).



При этом влияние на выход и качество продуктов и экологическую безопасность процесса (потери ртути) оказывают состав (содержание примесей) и pH используемого раствора NaCl (Волков, 1979).

На основании результатов топологического исследования ХТС и анализа источников (Чвирук и др., 1972; Гольдинов и др., 1975) принято решение для построения математических моделей исследовать влияние на процесс электролиза (выделение водорода на ртутном катоде) ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} и SO_4^{2-} и pH раствора NaCl . Уровни и интервалы варьирования переменных (факторов) полного факторного эксперимента 2^5 (2 – число уровней, 5 – число факторов) построены по (Адлер и др., 1976; Рузинов и др., 1980) и приведены в таблице.

Для выбора параметра оптимизации исследована кинетика процесса выделения водорода на Na(Hg)_n в растворе NaCl и построены символические модели скорости выделения H_2 (i_{H_2} , A/cm^2): чистый раствор NaCl – $i_{\text{H}_2} = k[\text{H}^+]^{1/3}$, раствор с примесями – $i_{\text{H}_2} = k[\text{H}^+]^2$. Дробный порядок реакции по ионам H^+ в чистом растворе NaCl свидетельствует о низкой энергии активации процесса в от-

сутствии примесей, что можно объяснить высоким перенапряжением водорода на ртути. Скорость процесса выделения H_2 использована в качестве параметра оптимизации при математическом моделировании процесса электролиза раствора $NaCl$ с ртутным катодом.

Таблица

Уровни и интервалы варьирования факторного эксперимента 2⁵

Наименование факторов	Обозначение факторов	Значения факторов на уровнях, г/л			Интервал варьирования, г/л
		-1	0	+1	
Ca^{2+}	X_1	0,20	0,50	0,80	0,30
Mg^{2+}	X_2	0,50	1,00	1,50	0,50
Fe^{2+}	X_3	0,01	0,06	0,11	0,05
SO_4^{2-}	X_4	3,00	7,50	12,00	4,50
pH раствора	X_5	2,5	7,5	12,5	5,0

В соответствии с матрицами планирования эксперимента 2⁵ (Адлер и др., 1976) реализованы опыты влияния состава и pH раствора $NaCl$ на скорость выделения водорода на ртути при электролизе. Обработка результатов позволила построить динамические символические модели: уравнение регрессии (обработка результатов методом наименьших квадратов (Рузинов, 1980) и полином первой степени (обработка результатов методом группового учета аргументов по обучающей и проверочной последовательностям с использованием в качестве критерия оптимизации величины произведения несмещенности на сумму квадратов отклонений (Ивахненко, 1970) математические модели процесса.

Символическая в виде уравнения регрессии математическая модель процесса электролиза раствора $NaCl$ с ртутным катодом:

$$Y = 3,9900 - 0,3249X_1 - 0,1191X_2 - 0,5467X_3 - 0,3910X_4 + 0,6220X_5 - 0,1313X_1X_2 + 0,2340X_1X_4 + 0,2376X_1X_5 + 0,1198X_2X_3 - 0,1828X_2X_4 - 0,4292X_2X_5 + 0,3387X_3X_4 - 0,1355X_3X_5 - 0,1578X_4X_5 + 0,2154X_1X_2X_3 + 0,3468X_1X_2X_4 + 0,2111X_1X_2X_5 + 0,3085X_1X_3X_5 - 0,0045X_1X_4X_5 + 0,3933X_2X_3X_4 - 0,1177X_2X_3X_5 - 0,2144X_2X_4X_5 + 0,1567X_3X_4X_5 + 0,1510X_1X_2X_3X_4 + 0,1758X_1X_2X_4X_5 - 0,0019X_1X_3X_4X_5 + 0,0206X_2X_3X_4X_5 + 0,0332X_1X_2X_3X_5 - 0,1591X_1X_2X_3X_4X_5$$

(Y – скорость выделения водорода, X_{1-5} – факторы в кодированном обозначении).

Символическая в виде полинома первой степени математическая модель процесса электролиза раствора $NaCl$ с ртутным катодом:

$$Z = -0,7553 + 0,4171 \varphi_1 + 0,9635 \varphi_2 - 0,0470 \varphi_1 \varphi_2, \Delta = \pm 0,16 \text{ см}^3 H_2/\text{мин.}$$

где: $\varphi_1 = 3,6859 - 0,6044Y_1 - 0,3516Y_2 + 0,2559Y_1Y_4$; $\varphi_2 = -0,2511 + 1,1543Y_2 - 0,3779Y_3 - 0,0237Y_2Y_3$; $Y_1 = -4,0955 + 0,6329X_1 + 0,6217X_4 - 0,0274X_1X_4$; $Y_2 = 0,8112 + 0,3237X_1 + 19,7330X_2 - 1,5739X_1X_2$; $Y_3 = -11,9785 + 1,2258X_4 + 0,2220X_5 - 0,0125X_4X_5$; $Y_4 = -14,0602 + 17,3026X_3 + 1,4977X_4 - 1,4581X_3X_4$

(Z – скорость выделения H_2 ; φ , Y , – промежуточные функции; X_{1-5} – факторы в кодированном обозначении; Δ – среднеквадратичное отклонение).

Символическая модель в виде уравнения регрессии позволила оценить (знак и величина коэффициентов регрессии) влияние единичных и групповых факторов на скорость выделения водорода при ртутном электролизе. Символи-

ческая модель в виде полинома первой степени использована (метод крутого восхождения) при определении оптимального состава раствора NaCl (минимальная скорость выделения H_2 на ртути): NaCl 310 г/л; Ca^{2+} 0,36–0,67 г/л; Mg^{2+} 0,91–1,11 г/л; Fe^{2+} 0,01–0,09 г/л; SO_4^{2-} 4,36–10,01 г/л; pH 3,0–12,0.

Результаты работы использованы (Зяблицев, 1987) при оптимизации и обеспечении экологической безопасности процесса при ртутном методе производства хлора и щелочи на одном из крупных производственных объединений страны.

Литература

Натареев С. В. Системный анализ и математическое моделирование процессов химической технологии: учебн. пособие. Иваново: Ивановский гос. хим.-техн. ун-т, 2007. 80 с.

Волков Г. И. Электролиз с ртутным катодом. М.: Химия, 1979. 192 с.

Чвирук В. П., Антропов Л. Н. Кинетика совместного разряда натрия и металлов примесей на амальгамных электродах. Электрохимия. 1972. Т. 8. № 2. С. 272–276.

Гольдинов А. Л., Овчинникова Т. М., Зяблицев В. Е. К вопросу о механизме влияния примесей рассола на образование и разложения амальгамы натрия // Журнал прикладной химии. 1975. Т. 48. № 2. С. 449–451.

Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Граневский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 276 с.

Рузинов Л. П. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. М.: Химия, 1980. 280 с.

Ивахненко А. Г. Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике. Киев: техника, 1971. 241 с.

Зяблицев В. Е., Фукс С. Л., Шутова И. А. и др. Влияние примесей кальция, магния, железа и сульфат-ионов на разложение амальгамы натрия (Математическое планирование эксперимента) // Журнал прикладной химии, 1975. Т. 48. № 5. С. 973–976.

Зяблицев В. Е. Оптимизация катодного процесса в электролизерах с ртутным катодом: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. ГОСНИИХЛОПРОЕКТ, М., 1987. 16 с.

ПРИМЕНЕНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТНОЙ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЯТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГУМАНИТАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

В. А. Титова¹, Г. Я. Кантор^{1,2}, В. В. Рутман¹

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
ecolab2@gmail.com

Трёхмерная графика, или 3D-моделирование – это процесс создания трехмерной математической модели какого-либо объекта, который затем можно рассматривать на экране компьютерного монитора, оснащенного специальными аппаратными и программными средствами. Задача 3D-моделирования – разработать объёмный образ какого-либо объекта, с которым можно работать как с реальным предметом – перемещать в пространстве, вращать, менять условия освещения и т.д. С помощью трёхмерной графики можно создать точную копию конкретного предмета или придумать что-либо совершенно новое: от детали конструируемого объекта до живого персонажа мультфильма.

Современные средства трёхмерного моделирования позволяют на одной сцене разместить множество движущихся объектов, взаимодействующих друг с другом по определённым правилам. Таким образом, в самом общем виде задача трёхмерного моделирования состоит в геометрическом описании различных объектов и их свойств, размещении их с помощью геометрических преобразований и придании объектам движения (анимации) в соответствии с определёнными задачами.

Трёхмерная графика может быть создана с использованием таких программных пакетов, как: Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya, Autodesk, Softimage, Blender, Cinema 4D, Houdini, Modo, Light Wave 3D, Caligari Truespace, позволяющих моделировать объекты виртуальной реальности и создавать на основе этих моделей изображения.

Среди доступных продуктов, распространяемых свободно, для создания 3D-модели, анимации, различных симуляций часто используется пакет Blender.

В Вятском государственном гуманитарном университете для реализации инновационных проектов и проведения научно-исследовательских работ 3D-моделирование используется наряду с геоинформационными системами и анализом данных дистанционного зондирования Земли.

В 2013–2014 гг. на примере Орловского и Нолинского районов Кировской области специалистами Инновационно-образовательного центра космических услуг ВятГГУ реализован проект «Развитие региональной инфраструктуры утилизации и переработки древесных отходов с использованием геоинформационных систем и космических технологий». В результате проведенных работ были выявлены места размещения свалок древесных отходов, определены их площади и объёмы. В работе были применены методы автоматизированного дешифрирования материалов космических съёмок, автоматизированной обработки данных и геоинформационного картографирования результатов исследования, методы сравнительно-географического и пространственного анализа. Для определения объёма древесных отходов на свалках применялся стереофотограмметрический метод, который заключается в фотосъёмке объекта с различных ракурсов и специальной математической обработке снимков, позволяющей воспроизвести точную форму и размеры объекта, сформировать его трёхмерную модель и определить требуемые параметры, включая объём. Для стереофотограмметрической обработки снимков была разработана специальная компьютерная программа, позволяющая производить линейные измерения в трехмерном пространстве, рассматривая объемное изображение объекта на 3D-мониторе через поляризационные очки (рис. 1–2).

Для разработки технологий предотвращения сверхнормативного загрязнения р. Вятки в период весеннего половодья в ходе совместной работы сотрудников ВятГГУ и ОАО «Кировгипрозем» была создана цифровая модель рельефа (ЦМР) поймы реки Вятки в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса. На базе этой ЦМР разработана интерактивная трехмерная модель прохождения паводка, позволяющая на экране монитора наблюдать во всех деталях процесс затопления поймы и ухода воды с затопленных территорий в произвольном масштабе и ракурсе (Рис. 3).



Рис. 1. Свалка древесных отходов в Нолинском районе

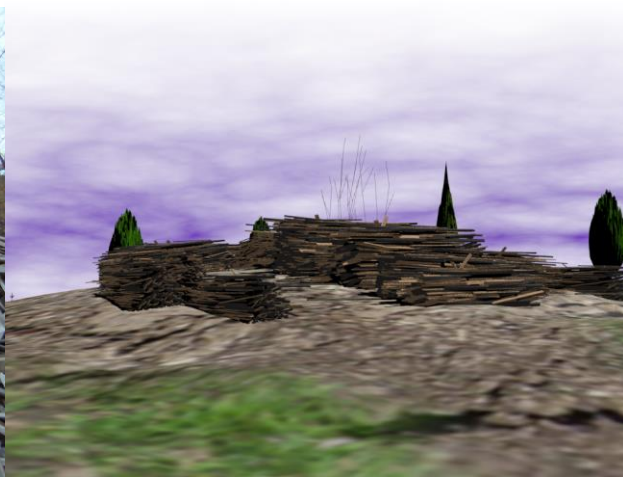


Рис. 2. Трёхмерная модель свалки древесных отходов в Нолинском районе

В образовательной деятельности ВятГГУ наряду с геоинформационными системами и дистанционным зондированием Земли в курсовых и дипломных работах студентов кафедры экологии используется трёхмерная графика. В 2014 г. студентом ВятГГУ В. В. Рутманом была защищена выпускная квалификационная работа «Моделирование устройств для очистки промышленных выбросов», в которой были наглядно представлены действующие трёхмерные модели устройств и аппаратов, предназначенных для очистки воды и воздуха от загрязняющих веществ. Работа имеет продолжение в магистерской диссертации «Трёхмерное моделирование процессов и аппаратов для очистки от химических загрязнений», где будет происходить более детальное изучение устройств, процессов и построение более качественных и достоверных моделей.



Рис. 3. Управляемая модель паводка на Кирово-Чепецкой пойме, разработанная в среде Blender 2.73

В Инновационно-образовательном центре космических услуг ВятГГУ для учащихся общеобразовательных школ и студентов университета второй год ра-

ботають Творческая лаборатория и 2 секции: «Пульс космоса», «Трёхмерная компьютерная графика, анимация и моделирование». На секциях школьники и студенты изучают основы трёхмерного моделирования реальных объектов, анимации и симуляции процессов окружающей среды в виртуальном пространстве, современные методы исследования космоса. Занятия в рамках секций развивают у учащихся творческие способности и пространственное мышление, воспитывают трудолюбие и стремление к саморазвитию. В курс входят практические и теоретические занятия, проводимые в доступной и увлекательной форме. Учащиеся разрабатывают модели разных уровней сложности и знакомятся более детально с устройством и свойствами моделируемых объектов. К ним относятся модели зданий, техники, природных объектов. Важное место занимает моделирование космических предметов и процессов: запуск ракеты, полёты спутников, комет и астероидов, построение модели солнечной системы.

На основе ГИС-технологий создаются модели реальных ландшафтов. За период работы секций, их посетили 108 учащихся.

Планируется развитие текущих и открытие новых направлений.

Литература

Ли Дж., Уэр Б. Трёхмерная графика и анимация. 2-е изд. М.: Вильямс, 2002. 640 с.

Херн Д., Бейкер М. П. Компьютерная графика и стандарт OpenGL. 3-е изд. М., 2005. 1168 с.

Иванов В. П., Батраков А. С. Трёхмерная компьютерная графика / Под ред. Г. М. Полищука. М.: Радио и связь, 1995. 224 с.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ, НАУЧНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЙ И РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДОЛИНЫ ВЯТКИ

***И. А. Вартан, С. Л. Мокрушин, Е. С. Соболева,
Р. Р. Чепурнов, А. М. Прокашев***

*Вятский государственный гуманитарный университет,
kaf_geo@vshu.kirov.ru*

Территория Вятской земли представляет собой «край умеренных контрастов» (Соловьев, 1986) с характерными для него таёжными ландшафтами восточно-европейского типа и «стандартным набором» туристско-рекреационных возможностей (Коньшев, 2015). На первый взгляд это снижает его аттрактивный потенциал. Однако неброская красота и относительное экологическое благополучие неизменно влекут кировчан и гостей из других регионов к общению с природой различных уголков Вятского края.

Особенно интересной в этом отношении является долина средней и нижней Вятки и прилегающие к ней приречные водораздельные пространства. Она занимает центрально-местное положение, имеет достаточно высокий уровень транспортной доступности: железные дороги из Кирова в Нижний Новгород и Вологду; автодороги Киров – Советск – Вятские Поляны – Казань, Киров – Котельнич – Советск – Яранск – Нижний Новгород, Киров – Кострома и др. Эти транспортные артерии пересекают или частично проходят вблизи рассматрива-

емой территории. Обладатели личного водного транспорта могут легко достигнуть её по р. Вятке и крупным притокам – Чепце, Моломе, Быстрице, Пижме и др. Отметим некоторые из особенностей местной природы, имеющие общенаучное, научно-познавательное, геоэкологическое и туристско-рекреационное значение, представляющие интерес для организации походов, познавательных экскурсий, отдыха на природе и т. п. С общегеографических позиций бассейн средней Вятки интересен тем, что здесь представлены типичные для большей части области южнотаёжные ландшафты – эталон местной природы. Своеобразие ему придаёт пограничное положение на стыке южной тайги и подтаёжных (широколиственно-хвойных) лесов, обеспечивающее большее видовое разнообразие местной биоты.

Историко-геологические особенности. Регион представляет собой участок древней Русской платформы (плита) с древним возрастом кристаллического основания – около 1,5-2 млрд лет и относительно молодым, преимущественно позднепалеозойским, возрастом осадочного чехла, что роднит его с большей частью других древнеплатформенных территорий Восточно-Европейской равнины, придавая черты типичности. Специфику рассматриваемому району придает сложная и разнонаправленная история геологического развития на докембрийском (более 570 млн л. н.) и палеозойско-мезо-кайнозойском этапах: поднятия и континентальный режим эволюции фундамента на протяжении позднего докембрия и раннего палеозоя – 2,5–0,4 млрд л. н.; прогибание фундамента в зоне Вятского палеорифта, заложившегося более 0,6–1 млрд л. н.; чередование морских и континентальных этапов в позднем палеозое на протяжении от среднего девона до поздней перми (400–250 млн л. н.), вплоть до проявления вулканических процессов в девоне; континентальный режим в мезозое (250–65 млн л. н.) и кайнозое (65–0 млн л. н.); четвертичные оледенения (менее 0,8–0,6 млн л. н.); нахождение в зоне дислокаций осадочного чехла и проявление слабой сейсмичности в прошлом и в современный период (более 15 зафиксированных землетрясений за последние 200 лет). Со стратиграфической точки зрения своеобразие региону придаёт обращённый (инверсионный) тип структуры осадочного чехла в виде выпуклых, вторично смятых под напором эндогенной энергии складок. Они приурочены к зоне вятских дислокаций, образующих Вятские Увалы – зеркальное отражение палеорифта в фундаменте.

В береговых обнажениях крупных рек местами наблюдаются выходы пермских континентальных отложений, принесённых сюда реками с высоких в ту пору Уральских гор. Ниже последние сменяются карбонатными и карбонатно-глинистыми осадками мелководного казанского моря, проникавшего с юга на опущенный в то время восточный край Русской платформы – Предуральский прогиб. К пермским терригенным наносам приурочено уникальное Котельничское местонахождение позвоночной фауны рептилий и амфибий, подтверждающее гипотезу о былом единстве суши в виде суперматерика Пангея и имеющее мировое научное и познавательное значение. Весьма ценным в рассматриваемом аспекте является Известково-заводское – Чирковско-Мокинское – Курёшниковское геологические обнажения мелководно-морских (известняки), лагунных (гипсы) и терригенных (песчаники, глины) седиментов с отпечатками

древних видов растений, скелетов пермской морской фауны, вскрывающееся в правом берегу Вятки на отрезке приблизительно от г. Слободского до Кирово-Чепецка.

«Поющие» пески – ещё один геологический раритет, известный на р. Вятке у Атарской луки, имеющий важное аттрактивное и рекреационное значение. На левом берегу можно наблюдать желтовато-бурые толщи проблематичных по генезису покровных лессовидных суглинков, образующих мощный плащ на поверхности II надпойменной террасы. Очевидно их важное палеогеографическое значение как хранителей спор и пыльцы древних видов растений. Местами они размыты временными и постоянными водотоками, образуя живописные зубцы в почти отвесных береговых обнажениях, подмываемых руслом Вятки. Подобные наносы широко распространены и на соседних междуречьях, где служат в качестве почвообразующих пород для зональных дерново-подзолистых, а южнее и серых лесных почв. В районе Атарской луки нами выявлены также уникальные кремнистые посткарбонатные (монтмориллонитовые) литореликты на приречных участках водораздела левобережья Вятки, важные в научном отношении.

Геоморфологические особенности. Сочетание водораздельных (плакорных) и долинных ландшафтов в зоне пересечения Вяткой центральной части Увалов в районе городов Кирова – Кирово-Чепецка – Слободского – это наиболее бросающиеся в глаза формы рельефа, придающие особое разнообразие и живописность местным ландшафтам-экотонам. Контрастность рельефа с большими перепадами абсолютных и относительных высот порождены обособлением на последних этапах геоморфологического развития зон восходящего и нисходящего развития рельефа. Таковы районы Кукарской, Атарской и Красносельской излучин Вятки, с одной стороны, и отрезок её долины в пределах Оричевского Завятья, с другой стороны. С зонами восходящего развития рельефа связано наличие рек – притоков второго и третьего порядков – с полугорным типом строения речных долин и характером поверхностных водотоков, известных в пределах Кукарского плато: реки Гремячка, Ошеть и др. Особенно интересна в этом плане зона прорыва Вяткой Увалов с характерным для неё узким участком долины шириной всего 0,7–1,5 км, тогда как севернее, в пределах Кировско-Котельничской низменности вятская долина в поперечнике достигает 10 километров и более. Они важны в научном и познавательном отношении как свидетельство «дыхания» земных недр и имеют большое ландшафтно-эстетическое (аттрактивное) и туристско-рекреационное значение. Обилие старичных озёр в пределах Оричевского Завятья – настоящая мекка для рыбаков. Геоморфологической изюминкой местных ландшафтов давно принято считать наличие обрывистых береговых скальных известняковых обнажений, с останцовыми формами мезорельефа, пещерными нишами, подземными пустотами в долине и бассейне р. Немды. Наличие Береснятского водопада на участке скалистых известняковых берегов р. Немды усиливает привлекательность местной природы. Более скромны, но не менее интересны в геоморфологическом и геоэкологическом отношении «зубцы» – эрозионные формы вреза овражно-лощинной сети на II н. п. т. левобережья Вятки в районе Атарской луки, упомя-

нутые выше. Наличие древнеэоловых форм мезорельефа (дюны, бугры, котловины выдувания) в Суводском, Медведском и Белаевском борах усиливает ландшафтно-эстетическое и туристско-рекреационное значение рассматриваемой территории. Активные рельефообразующие водно-эрозионные процессы, ведущие к образованию оврагов, балок, оползней карстовых форм, и речная абразия могут стать предметом обсуждения на маршрутах экологической тропы и средством геоэкологического образования и воспитания. Этой же цели будут служить наблюдения за эрозионно-аккумулятивной деятельностью речных вод, русло- и поймоформирующими процессами, сопровождающимися образованием излучин, староречий и погребённых почвенных профилей. Они особенно характерны для бассейна средней Вятки в пределах Оричевского Завятья и служат наглядным примером изменений земной поверхности на наших глазах, в частности, планового положения речных русел с образованием меандр, пляжных отложений и т. п.

Кратко изложенное нами, тем не менее, может быть одним из аргументов в пользу организации здесь природного или национального парка, имеющего важное научно-познавательное, рекреационное и геоэкологическое значение.

Литература

- Коньшев Е. В. Туризм и рекреационные ресурсы // Атлас-книга География Кировской области. Киров, 2015. С. 74–75.
Соловьев А. Н. Сокровища Вятской природы. Киров, 1986. 159 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТРОПА – ОКНО В ПРИРОДУ РОДНОГО КРАЯ

А. О. Хлебникова, А. М. Прокашев

*Вятский государственный гуманитарный университет,
amprokashev@gmail.com, anastasia_player@mail.ru*

Экологическая тропа – маршрут на местности, специально оборудованный для целей геоэкологического образования и воспитания (Бешко и др., 2010). Во время движения по экологической тропе посетители получают информацию о локальных геосистемах, отдельных интересных природных объектах, физико-географических процессах и явлениях, отражающих особенности структуры, функционирования, динамики и эволюции географической среды под влиянием спонтанных и антропогенных факторов. Экскурсия по экотропе сочетает в себе познание, отдых и наслаждение красотой природы, благодаря чему эффект восприятия информации усиливается мощным зарядом положительных эмоций. Учебная экологическая тропа выполняет следующие задачи: познавательную, обучающую, развивающую, воспитывающую и оздоровительную.

Объектом настоящего рассмотрения являются локальные геосистемы и их компонентный состав, ценные в научно-познавательном и эколого-географическом аспекте, изученные на территории дендрологического парка Нововятского района г. Кирова. Кратко остановимся на некоторых из них.

Рельеф территории дендропарка, как и всюду, развивается под действием двух различных сил – энергии земных недр и сопутствующих им внешних процессов. Первый – тектонический фактор, является ведущим созидателем земной поверхности. Под его напором происходит поднятие или опускание крупных – морфоструктурных – блоков земной коры с образованием возвышенностей и низменностей. Примером их на территории рассматриваемого района могут служить Вятские Увалы и Средневятская низменность. К внешним агентам, моделирующим тектонические формы рельефа, относится разрушительная и созидательная работа поверхностных и подземных вод, ветра, а на предшествующих этапах четвертичного времени – и деятельность ледников. В совокупности они привели к образованию более мелких наложенных – морфоскульптурных – форм: речных долин, логов, оврагов, оползней, моренных холмов, песчаных бугров и дюн, карстовых воронок, пещер и прочих. Примером наиболее крупных из последних форм служит долина Вятки, прилегающая с востока к дендропарку.

На территории дендропарка и его окружения в целом можно выделить два основных, различных по возрасту и генезису типа рельефа (Государственная геологическая карта РФ..., 2010 г.):

- древние денудационные, тектонически обусловленные возвышенные холмисто-волнистые равнины палеоген-неогенового времени заложения с абсолютными высотами около 150–200 м и с относительными перепадами поверхности до 50–100 м. Они представлены участком склона осевой зоны Вятских Увалов, прилегающей к долине р. Вятки.

- молодые эрозионно-аккумулятивные равнины четвертичного возраста, выработанные под действием экзогенных процессов и прежде всего, разрушительной, транспортирующей и созидательной (аккумулятивной) деятельности речных вод, атмосферных осадков в виде дождя и снега. Наиболее крупной из них является широкая древняя террасированная долина Вятки, сформировавшаяся в последние 200 тыс. лет среднего-позднего неоплейстоцена и голоцена с комплексом из 3 надпойменных террас, поймы и русла реки, подмывающего коренные склоны левобережья. Более мелкие эрозионные формы на территории дендропарка представлены глубокой балкой с оврагом, врезанной в левый берег Вятки, и размываемой в нижней и средней части водами ручья. Такое сочетание по соседству различных по генезису форм рельефа создаёт большие возможности для просветительской деятельности широких слоёв населения, студентов и школьников в целях рассмотрения современных и более древних геоморфологических процессов эндогенной и экзогенной природы и демонстрации их результатов в пластике земли. Ускоренные темпы плоскостной и линейной водной эрозии, осыпные гравитационные процессы и т. п. явления позволяют в природной обстановке проводить геоэкологическое образование и воспитание в направлении выработки навыков противоэрозионной природоохранной деятельности.

Особенностью геологического строения района дендропарка является широкое распространение комплекса позднепалеозойских континентальных (палеоречных, палеоозёрных песчано-глинистых, мергелистых), морских (кар-

бонатных) и лагунных (соленосных карбонатно-сульфатных) осадочных пород. Они образовались в периоды преобладания нисходящих тектонических движений девона, карбона и перми, благоприятных для седиментации осадков. Среди них на дневную поверхность по левобережью Вятки в районе дендропарка выходят только верхние пачки слободских, преимущественно терригенных по происхождению слоёв котельничского горизонта верхней перми: коричнево-красные глины и алевролиты со стяжениями мергеля («куклы»), прослоями ко-сслоистых желтовато- или зеленовато-коричневых песчаников. Более молодые – кайнозойские – отложения развиты главным образом в правобережной части долины Вятки. Воды этой реки размывают позднепалеозойские породы и частично образуют из них новый – аллювиальный – тип отложений в пределах поймы и надпойменных террас. Подобное геологическое строение района дендропарка обеспечивает благоприятные возможности для формирования научных представлений по истории геологического развития и современных геологических и геоморфологических процессах в районе г. Кирова и Кировской области.

Дендропарк расположен в подзоне южной тайги, где преобладают хвойные (елово-сосновые) и хвойно-мелколиственные (сосново-березовые, реже елово-березово-сосновые) леса. В составе искусственных насаждений парка выявлено 179 видов высших сосудистых растений, относящихся к 138 родам, 59 семействам. Основу составляют североамериканские, европейские и дальневосточные виды деревьев. В составе растительности доминируют покрытосеменные растения, насчитывающие 161 вид (Зарубина и др., 2007). Господствующим типом растительности естественной части дендрологического парка является берёзово-еловый лес. В отдельных частях лесного массива доли основных лесообразующих пород – березы повислой и ели обыкновенной – различаются, однако участки елово-берёзового леса практически не встречаются, а чистые берёзовые заросли отсутствуют.

Почвы на территории дендропарка представлены преимущественно фоновыми дерново-подзолистым и агродерново-подзолистым типами, формирующимися на продуктах выветривания коренных пермских пород различного гранулометрического состава: элювий глин, элювий песчаника, реже мергель глинистый. Последний из типов обычен для прилегающей с запада территории, занятой сельскохозяйственными угодьями, либо опытными делянками зонального института, где формируется при промывном водном режиме. Среди других типов в пределах парка встречаются дерновые литогенные, дерновые намытые и дерновые намытые оглеенные почвы, которые можно найти на склонах и днище балки с ручьём с различными типами увлажнения – от непромывного на склонах, до водозастойного в балочном тальвеге. На пойменной террасе Вятки обычны представители аллювиальных почв различной типовой и подтиповой принадлежности. Они формируются при специфическом – поемном – типе водного режима и сложной комбинации педогенных и геологических процессов. Это находит отражение во внешнем облике, с характерной для него слоистостью сложения, и в свойствах почв, зависящих от пестроты литологического состава различных толщ профиля. В целом, для почв дендропарка типичны

следующие зонально обусловленные почвообразовательные процессы: подстилкообразование, гумусообразование, гумусонакопление и оподзоливание, главным образом лессиваж – в элювиальных позициях, которые дополняются оглеением в подчинённых полугидроморфных и гидроморфных условиях.

В ходе работ комплексно изучена ландшафтная структура, составлена карто-схема дендропарка, которая стала основой для разработки маршрута экологической тропы и содержания экскурсии (Хлебникова, Прокашев, 2014). Маршрут экотропы спланирован таким образом, чтобы на сравнительно небольшом расстоянии максимально представить типичные черты и уникальные особенности каждого из компонентов местных ландшафтов, их важное биосферное и антропосферное значение. При движении по экотропе запланировано знакомство с историей развития территории на палеозойско-кайнозойском этапе геологического развития древних материковых ландшафтов центральной части Вятских Увалов в зоне их пересечения относительно молодой долиной р. Вятки с комплексом разновозрастных террас со сложной ландшафтной структурой. По ходу маршрута предусмотрено обратить внимание, во-первых, на сложные и противоречивые взаимоотношения между такими природными стихиями, как тектонический и климатический факторы рельефообразования; во-вторых, на тесные взаимосвязи между абиотическими, биотическими и биокосными подсистемами в различных геолого-геоморфологических позициях; в-третьих, на вещественно-энергетические латеральные взаимосвязи между локальными геосистемами фациального уровня, занимающими элювиальные, трансаккумулятивные, супераквальные и субаквальные позиции; в-четвёртых, на процессы направленной динамики и эволюции геосистем под влиянием зональных и азональных факторов ландшафтогенеза. На данный момент остается задача непосредственного обустройства экологической тропы на местности за счёт привлечения средств заинтересованных природоохранных ведомств и других потенциальных источников. Это поможет практической реализации задач формирования геоэкологической культуры учащихся и взрослого населения г. Кирова и Кировской области.

Литература

Бешко Н. Ю., Иботова К., Умарходжаева У. Экологическая тропа – методическое пособие для учителей. Ташкент, 2010. 53 с.

Государственная геологическая карта РФ / Составители И. С. Муравьев, З. З. Гизатулин, Б. В. Буров, Ю. П. Балабанов, А. П. Дедков, Г. П. Бутаков, А. П. Двинских, редактор В. П. Горский, 2010.

Зарубина И. М., Рябов В. М., Рябова Е. В. Экскурсия по памятникам природы г. Кирова и области. Ч. 2. Киров, 2007. 256 с.

Хлебникова А. О., Прокашев А. М. Ландшафтная структура дендропарка Нововятского района как основа для организации экологической тропы // Экология родного края и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: Изд-во ООО «Вести», 2014. С. 257–260.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БЕНЗИНА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ АНАЛИЗА

А. А. Нелюбина, Я. В. Носкова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
Nelyubina.ne@gmail.com*

На сегодняшний день автомобильная индустрия очень хорошо развита и по статистике в нашей стране на каждый миллион человек приходится 300 тысяч автомобилей. В погоне за цифрами производители автомобилей стараются не забыть и проблему защиты окружающей среды. Следовательно, с увеличением количества автомобилей должно улучшаться и их качество, то есть они должны становиться более экологичными. Для этого специалисты работают над качеством топлива.

Целью исследования является оценка качества бензина физико-химическими методами анализа.

Задачи: определить перечень исследуемых показателей; изучить методы исследования; получить навык работы на современном оборудовании; провести физико-химический анализ бензина; сравнить результаты и сделать выводы.

Эксперименты проводились на базе испытательной лаборатории «Чепецкнефтепродукт». Объектом исследования являлся бензин автомобильный марок: премиум Евро-95 вид III (АИ-95-К5), Регулятор-92 (АИ-92-К5), летний УЛЬТРА-92 (АИ-92-К5), летний УЛЬТРА-95 (АИ-95-К4). Проверка качества бензина производилась по следующим показателям: октановое число по исследовательскому и моторному методу, концентрация железа, свинца, марганца, массовая доля серы и бензола, объемная доля углеводородов, монометиланилина и давление насыщенных паров.

Самым главным показателем экологичности топлива является содержание серы, именно оно определяет класс экологичности бензина. Горючее классифицируют на второй, третий, четвертый и пятый экологический класс. Причем не стоит относить эти цифры к октановому числу. Например, Аи-98 может иметь экологический класс всего 3, а Аи 95 – 5-й. И разница тут не только в стоимости, хотя для нас это наиболее важный аспект, разница в количестве присадок эфирных и азотсодержащих, а так же в количестве серы. И чем меньше их в топливе, тем менее токсичен выхлоп авто для окружающей среды и наоборот. Наибольшее отличие между классами 2, 3, 4 и 5 в объеме содержания в бензине серы, как наиболее вредного для окружающей среды компонента. К 2015 году эта доля снижена в 50 раз, с 500 мг/кг (бензины класса 2) до 10 мг/кг (бензины класса 5). Кроме того, значительное снижение объемной доли бензола – с 5% до 1%, причем эти нормы действуют уже для бензинов класса 3 и всех последующих классов. Объемная доля ароматических углеводородов для класса 3 не должна превышать 42%, а для 4 и 5 классов – 35%. Также предусматривается повышение октанового числа всех бензинов до 95 единиц по исследовательскому методу и до 85 – по моторному.

Таблица 1

Физико-химические показатели бензина АИ-95-К4, К5

№	Наименование показателя	БАШНЕФТЬ Премиум Евро- 95 вид III (АИ- 95-К-5)	ОАО «Славнефть- ЯНОС» Премиум Евро-95 вид III (АИ- 95-К-5)	норма по ГОСТ Р 51866-2002	СТО 84758038- 003-2010 летний УЛЬТРА- 95,(АИ-95-К4)	норма по СТО 84758038-003- 2010 класс 4
1	октановое число: по моторному методу по исследовательскому методу	87,2 95,2	85 95	не менее 76 не менее 80	86,1 95,9	не менее 85,0 не менее 95,0
2	концентрация свинца, мг/ дм ³	—	—	—	—	—
3	массовая доля серы, мг/кг	—	7.0	не более 10	4,5	не более 50
4	объемная доля углеводородов,% : олифеновых ароматических	0,75 26,82	9,3 32,7	не более 18 не более 35,0	1,3 32,5	не более 18 не более 35
5	объемная доля бензола,%	0,17	0,5	не более 1,0	0,67	не более 18
6	давление насыщенных паров(ДНП), кПа	78	77	60,0–90,0	64	летний:45– 70;зимний 65–95
7	концентрация марганца мг/ дм ³	—	—	—	—	—
8	концентрация железа г/ дм ³	—	—	—	—	—
9	объемная доля монометиланилина, %	—	—	—	—	—

Примечание: «—» ниже предела обнаружения методики измерения.

Таблица 2

Физико-химические показатели бензина АИ-92-К5

№	Наименование показателя	БАШ- НЕФТЬ Регуля- тор-92 (АИ-92- К5)	ООО «Газ- пром перера- ботка» Регу- лятор-92 (АИ- 92-К5)	ОАО «Газпром нефтехим Са- лават» Регуля- тор-92 (АИ-92- К5)	ООО «ЛУКОЙЛ- ПЕРМНЕФ- ТЕОРГСИНТЕЗ» Регулятор-92 (АИ-92-К5)	Нормы по ГОСТ Р 51105-97	СТО 84758038- 003-2010 лет- ний УЛЬТРА- 92,класс 5(АИ- 92-К5)	норма по СТО 84758038- 003-2010 класс 5
1	октановое число: по моторному ме- тоду	83	84,2	83,3	84,6	не менее 83,0	83,6	не менее 83,3

№	Наименование показателя	БАШ-НЕФТЬ Регулятор-92 (АИ-92-К5)	ООО «Газпром переработка» Регулятор-92 (АИ-92-К5)	ОАО «Газпром нефтехим Салават» Регулятор-92 (АИ-92-К5)	ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФ-ТЕОРГСИНТЕЗ» Регулятор-92 (АИ-92-К5)	Нормы по ГОСТ Р 51105-97	СТО 84758038-003-2010 летний УЛЬТРА-92, класс 5 (АИ-92-К5)	норма по СТО 84758038-003-2010 класс 5
	по исследовательскому методу	95,2	92,4	93	92,2	не менее 92,0	93	не менее 92,0
2	концентрация свинца, мг/ дм³	-	-	-	-	-	-	-
3	массовая доля серы, мг/кг	10	3	6,9	5,4	не более 10	4,4	не более 10,0
4	объемная доля углеводородов, %: олифеновых	17	0,21	4,4	3,5	не более 18,00	0,8	не более 18
	ароматических	26	32,12	34,6	32,4	не более 35,0	31,1	не более 35
5	объемная доля бензола, %	0,6	0,87	0,3	0,4	не более 1,0	0,86	не более 1
6	давление насыщенных паров (ДНП), кПа	79,3	81,7	65,2	93,6	65,0-95,0	70,5	летний период: 45-70; зимний и переходный: 65-95
7	концентрация марганца, мг/ дм³	-	-	-	-	-	-	-
8	концентрация железа, г/ дм³	-	-	-	-	-	-	-
9	объемная доля монометиланилина, %	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: «-» ниже предела обнаружения методики измерения

Согласно действующего техрегламента предусмотрено, что для топлива второго экологического класса содержание серы может достигать до 500 мг на 1 кг, а объемная доля монометиланилина (ММА) не должна превышать 1,3%. Для бензина и солярки третьего класса – до 150 мг/кг серы и до 1% ММА. Четвертый класс – 50 мг/кг и так же 1% ММА. Самое экологичное топливо на сегодняшний день – пятый экологический класс, содержит не более 10 мг/кг серы а ММА в нем вообще не должно быть.

На сегодняшний момент, технический регламент таможенного союза (ТР ТС) регулирует около двадцати характеристик автомобильных бензинов. Среди них – объемная доля бензола, значительно повышающего октановое число. При сгорании бензина выхлоп бензола приводит к загрязнению окружающей среды. Его содержание ограничивается на сегодняшний момент 5%, но уже с 2011 г. не должно превышать 1%. Кроме того, согласно ТР в состав автомобильного бензина не могут включаться металлосодержащие присадки, которые отрицательно влияют на работу механизмов и при сгорании образуют ядовитые выхлопы, что ухудшает и без того серьезную экологическую обстановку. К сведению, по ГОСТ Р 51105-97 за отсутствие свинца принимают его концентрацию менее 2,5 мг/дм³, а за отсутствие железа – 0,01 г/дм³.

Результаты исследований бензина разных марок представлены в таблицах 1 и 2.

Все образцы бензина соответствуют установленным требованиям. Но, несмотря на соответствие нормам, мы можем отметить, что по данным показателям бензин Премиум Евро-95 вид III (АИ-95-К-5) ОАО «Славнефть-ЯНОС» уступает по качеству бензину такой же марки завода г. Уфы «БАШНЕФТЬ». Бензин марки Регулятор-92 (АИ-92-К5) производителя «БАШНЕФТЬ» уступает по качеству этим же маркам бензина остальным производителям, имея самое большое содержание серы и олифеновых углеводородов. Самое низкое содержание серы у бензина Сургутского завода «Газпром переработка». Бензин Движение-нефтепродукт ООО «Чепецкнефтепродукт» в сравнении с бензином других производителей имеет средние показатели по нормам СТО.

Литература

ГОСТ Р 51105-97. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Дата введения 1999-01-01.

ГОСТ Р 51866-2002. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). Дата введения 2002-07-01.

ГОСТ Р 52660-2006 (ЕН ИСО 20884:2004). Метод определения содержания серы рентгенофлуоресцентной спектрометрией с дисперсией по длине волны. Дата введения 2008-01-01.

СТО 84758038-003-2010 с изменениями 1, 2.

ТР ТС 013/2011. О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту. Дата введения 2011-04-18.

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ НА *DAPHNIA MAGNA*

А. С. Олькова, Н. В. Сырчина, Ю. В. Береснева
Вятский государственный гуманитарный университет,
morgan-abend@mail.ru

Характерной тенденцией современного пищевого производства является стремление к максимальному расширению ассортимента выпускаемой продукции. Создание новых продуктов сопровождается отказом от традиционных технологий переработки сырья, включением в рецептуры специальных пищевых добавок, использованием в пищевых целях нетрадиционных ресурсов растительного и животного происхождения. Все эти факторы приводят к существенной трансформации качественного состава поступающих в организм нутриентов. Изменение качества питания неизбежно отражается на состоянии здоровья населения.

Традиционная система подтверждения качества и безопасности пищевых продуктов ориентируется на контроль заданного перечня токсичных компонентов. В условиях традиционного пищевого производства эта система была, очевидно, оправданной. Переход к производству нетрадиционных продуктов заставляет задуматься о разработке более совершенных систем определения безопасности и качества. Главное требование к таким системам – выявление интегральных показателей, характеризующих не просто состав продукта, а воздействие этого продукта на процессы жизнедеятельности. Особый интерес в этом отношении представляют методы биотестирования.

В настоящее время методы биотестирования успешно используются при определении токсичности природных сред (вода, почва). Применение биотестирования для характеристики качества и безопасности пищевых продуктов сопряжено с серьезными проблемами, главная из которых – чрезвычайно сложная органо-минеральная матрица самого пищевого продукта. Несмотря на сложность объекта исследования, разработка результативных методов биотестирования пищевого сырья или продуктов питания представляет весьма актуальную и практически значимую задачу.

Целью исследования, представленного в данной статье, была оценка возможности и результативности применения методов биотестирования для определения характера воздействия растительных экстрактов на живые организмы.

Проведена серия экспериментов по установлению влияния растительного экстракта из сухого сырья кипрея узколистного (*Chamaenerion angustifolium*, иван-чай) на выживаемость низших ракообразных *Daphnia magna* в тестируемой среде, загрязненной дихроматом калия. Для приготовления экстрактов (водных вытяжек) из чайного сырья «Иван-чай Купеческий» использовалась вода питьевого качества, которая долгое время успешно используется для культивирования тест-организмов. Наиболее концентрированный экстракт готовился, исходя из классического способа приготовления чая: 2 г сухого листа на 100 мл воды. Далее готовилась серия разбавлений исходной вытяжки: 50, 25, 10, 1%

(объемные доли исходной вытяжки в тестируемой среде). В качестве опытных вариантов были использованы: серия растворов с различными объемными долями чайного экстракта, а также аналогичные растворы с добавлением токсиканта. Модельный токсикант – дихромат калия, рекомендован методикой (ФР.1.39.2007.03222, 2007) для установления чувствительности рачков. Вносили дихромат калия в концентрации 1,5 мг/л. Данная доза входит в интервал концентраций, оказывающих острое токсическое действие по смертности организмов. Контролем служила питьевая вода без добавок.

Большинство тестируемых (неразбавленных) экстрактов чая, как с добавками токсиканта, так и без них, оказывали острое токсическое действие на дафний, то есть рачки не жили дольше 96 часов. Это явление закономерно, поскольку гидробионты не обитают в естественных условиях в подобных средах, характеризующихся повышенным уровнем pH (до 8,3 ед.), и богатством биологически активных веществ.

Интересные результаты получены при тестировании чайного экстракта разбавленного до 1%. Дафнии погибли в опытном варианте, содержащем 1,5 мг/л дихромата калия, а в аналогичном растворе с добавкой чайного экстракта все рачки выживали в течение 4 дней.

Существенное снижение токсичности дихромата калия в присутствии экстракта кипрея узколистного, вероятно, обусловлено процессами взаимодействия между дихромат-ионами и полифенольными соединениями, содержащимися в экстракте (Сырчина и др., 2014).

Под влиянием полифенолов происходит восстановление дихроматов до катионов хрома (III) и связывание их в прочные комплексы. В результате комплексообразования биодоступность, а, следовательно, и токсичность неорганических соединений хрома резко снижаются.

Использование тест-культуры *Daphnia magna* позволяет получить сравнительные данные относительно влияния различных растительных экстрактов на токсичность целого спектра органических и неорганических токсикантов. Подобные исследования имеют большое значение в аспекте организации профилактического питания сотрудников предприятий, работающих в условиях повышенного загрязнения окружающей среды (нефтехимические, химические, металлургические и т.п. предприятия). Включая в ежедневный рацион рабочих травяные чаи, прошедшие этап биотестирования в отношении конкретных токсикантов, вероятно можно получить заметный оздоровительный эффект и снизить уровень профессиональной заболеваемости. В этом отношении именно метод биотестирования может оказаться наиболее доступным, информативным и надежным.

Литература

ФР.1.39.2007.03222 Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. М.: АКВАРОС, 2007.

Сырчина Н. В., Береснева Ю. В., Гущина А. А. Перспективы использования кипрея узколистного, заготовленного на территории Кировской области, в качестве ценного сырья для производства травяных чаев // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. (г. Киров, 2–3 декабря 2014 г.). Киров: Изд-во ООО «Веси», 2014. С. 335–338.

Научное издание

**Механизмы устойчивости и адаптации
биологических систем к природным и
техногенным факторам**

Всероссийская научная конференция

Редактор: Т. Я. Ашихмина

Верстка: Е. М. Кардакова

**Вятский государственный гуманитарный университет,
610002, г. Киров, ул. Красноармейская, 26.**

**Издательство ООО «ВЕСИ, 610000, г. Киров, ул. Казанская, 50а
E-mail: ooovesy@yandex.ru
тел. (8332) 69-50-15**

**Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «Лобань».
610000, г. Киров, ул. Московская, 52, тел. 69-50-15.**

**Подписано к печати 15.04.2015. Формат 60 x 84/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Усл. п. л. 28,4. Тираж 500 экз. Заказ 228.**