



Материалы XIV Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием



ИБ Коми НЦ
УрО РАН

Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем

КНИГА 2

Киров 2016

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

**БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ
ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-
ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

Материалы XIV Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием
5–8 декабря 2016 г.

Книга 2

Киров 2016

ББК 28.081я431
Б63

XIV Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием «Биодиагностика состояния природных и
природно-техногенных систем» проводится в рамках Программы развития
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и посвящается
80-летию Кировской области

Печатается по рекомендации научного совета
Вятского государственного университета

Редакционная коллегия:

С. В. Дёгтева, д.б.н., С. Г. Литвинец, доцент, к.с.-х.н., Т. Я. Ашихмина, профессор, д. т. н., Л. И. Домрачева, профессор, д. б. н., Л. В. Кондакова, профессор, д. б. н., И. Г. Широких, с. н. с., д. б. н., Е. В. Дабах, доцент, к. б. н., Е. А. Домнина, доцент, к. б. н., Г. Я. Кантор, с. н. с., к. т. н., А. С. Олькова, доцент, к. т. н., С. В. Пестов, н. с., к. б. н., С. Г. Скугорева доцент, к.б.н., А. С. Тимонов, н.с.

Б 63 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 5–8 декабря 2016 г.). Киров: ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС», 2016. 413 с.

ISBN 978-5-9908874-7-3

В сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» вошли материалы исследований, которые посвящены изучению экологического состояния окружающей природной среды территории Кировской области и других регионов. Особое внимание уделено использованию традиционных методов и инновационных технологий в оценке природных и природно-техногенных систем.

Значительное место в сборнике занимают материалы по устойчивости и адаптации растений, животных и микроорганизмов к действию неблагоприятных факторов среды. Представлены материалы по химии и экологии почв, а также освещены отдельные аспекты в области социальной экологии.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, специалистов природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

ISBN 978-5-9908874-7-3

ББК 28.081я431

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», 2016
© ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2016

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 5 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И МЕХАНИЗМЫ ИХ АДАПТАЦИИ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

Кутявин И. Н. Строение древостоев сфагновых сосняков бассейна верхнего течения р. Илыч (Республика Коми)	10
Кузнецов М. А., Осипов А. Ф., Бобкова К. С. Определение запасов крупных древесных остатков в сосняках Чернамского стационара	15
Адамович Т. А. Методика выявления изменений в лесном покрове по спутниковым данным Landsat-TM и ETM ⁺	17
Адамович Т. А., Князева Е. В. Применение данных LANDSAT в оценке динамики природных комплексов на территории заповедника «Нургуш»	21
Тарасов С. И. Температура воздушной среды в лесной экосистеме	23
Сенькина С. Н. Эколого-физиологические особенности водообмена хвой ели в ельниках черничных подзоны средней тайги	26
Канев Р. И., Загирова С. В. Характеристика микроклимата в лиственничнике чернично-зеленомошном на территории национального парка «Югыд Ва»	28
Шишкина Н. И., Савиных Н. П. Особенности ценопопуляций <i>Dianthus borbasii</i> Vandas на северо-восточной границе ареала	30
Шлыкова Д. А., Егорова Н. Ю., Егошина Т. Л. Особенности онтогенетической структуры ценопопуляций <i>Vaccinium myrtillus</i> L. в лесных фитоценозах южной тайги	34
Котельникова М. Г. Предварительные итоги мониторинга биоэкологических особенностей популяций некоторых редких растений Самарской области	37
Волкова Г. А. Природные виды ирисов (<i>Iris</i> L.) на европейском северо-востоке	41
Любова С. В., Шаманин А. А. Флористический состав и продуктивность при воздействии агротехнических приемов на травостой пойменных лугов на севере Архангельской области	45
Домнина Е. А. Изучение луговой растительности в районе объекта уничтожения химического оружия в п. Мирный Кировской области	49
Рябова Е. В., Рябов В. М. Охраняемые растения перспективной ООПТ «Атарская Лука»	53
Казакова Т. В., Пересторонина О. Н. Редкие сосудистые растения ООПТ «Медведский бор» и их охрана	55
Зимонина Н. М. Исследования локальных флор и растительности памятника природы «Белаевский бор»	59

Годунова Л. В., Пересторонина О. Н. Изменение видового состава травяно-кустарничкового яруса различных типов сообществ ООПТ «Медведский бор»	62
Канев В. А. Материалы к флоре верхнего течения р. Щугор (национальный парк «Югыд Ва», Северный Урал, Республика Коми)	66
Борисова М. А., Илюшечкина Н. В. Инвазионная флора Моркинского района Республики Марий Эл	72
Пыстина Т. Н., Семенова Н. А. Редкие и охраняемые виды лишайников южной части национального парка «Югыд Ва» и прилегающей территории	76
Мухаметшина Р. Ж., Шарипова М. Ю. Изучение водорослей низинных болот – памятников природы Республики Башкортостан	81
Савиных Н. П., Полубоярцева А. Н. Побеговые системы наземной формы <i>Polygonum amphibium</i> L.	84
Савиных Н. П., Кадочникова А. С. Типы побеговых систем камыша лесного	88
Савиных Н. П., Шамсувалиева К. Р. Побегообразование и жизненная форма незабудки болотной	93
Савиных Н. П., Михайлова Е. А. О побегообразовании и жизненной форме <i>Eleocharis palustris</i> (L.) R.Br.	97
Богданова Я. А. Выявление биоморф мохообразных искусственных сосновых сообществ Красносамарского лесного массива (Самарская область)	102
Жукова А. Д., Даббаг А. Биоморфологические спектры растений песчаных карьеров Подмосковья	105
Шаклеина М. Н., Савиных Н. П. Анатомическое строение оси побега <i>Petasites spurius</i> (Retz.) Reichenb.	108
Шабалкина С. В., Негодина В. С., Рязанова Д. Г., Савиных А. А., Суворова Ф. С. О строении почек возобновления некоторых видов растений в местобитаниях с переменным увлажнением	113
Копосова К. Д., Шабалкина С. В. Строение эпидермы листовых пластинок <i>Lycopus eugoraeus</i> (сем. Lamiaceae)	118
Чупрова Ю. В., Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Изучение эффектов метилфосфоновой кислоты и цианобактерий на всхожесть и рост проростков ячменя	121
Попыванов Д. В., Широких А. А. Влияние тяжелых металлов на рост мицелия <i>Trametes versicolor in vitro</i>	125
Боднарь И. С., Зайнуллин В. Г., Чебан Е. В. Морфометрические изменения и окислительный стресс у ряски малой (<i>Lemna minor</i> L.) после воздействия урана и цинка	129
Гуляева Е. Н., Стародубцева А. А. Фотосинтетические пигменты и биомасса руппии морской <i>Ruppia maritima</i> L.	132
Новаковская Т. В. Флора макрофитов окрестностей г. Сыктывкара	136

Шелякин М. А., Яковлева Е. В., Василевич М. И. Дыхание пойкилогидрических фотоавтотрофов в зоне влияния шахты «Воркутинская»	141
Дрожжина В. Н. Изменение формы листовой пластинки <i>Populus tremula</i> L. в условиях промышленного загрязнения	145
Домнина Е. А., Тимонов А. С. Динамика флористического сходства на участках соснового леса в районе объекта уничтожения химического оружия в пос. Мирный Кировской области	148
Майстренко Т. А., Белых Е. С., Рыбак А. В. Видовое разнообразие сообществ сосудистых растений в условиях хронического радиационного воздействия	151
Чибрик Т. С., Раков Е. А., Филимонова Е. И., Глазырина М. А., Лукина Н. В. Биологический мониторинг восстановления растительности на Нижнетурунском золоотвале	155
Ерохин В. Е., Гордиенко А. П. Оценка функционального состояния водорослей при адаптации к экологическим факторам	159
Белич Т. В., Садогурский С. Е., Садогурская С. А. Мониторинг макрофитобентоса морской псевдолиторали в районе г. Алушта	164
Герлинг Н. В., Пунегов В. В., Груздев И. В. Сезонная динамика состава эфирного масла <i>Juniperus communis</i> (Cupressaceae)	165
Вокуева А. В. Использование коллекций оранжереи ботанического сада института биологии в образовательном процессе для школьников и студентов	167
Хозяинова Е. Д., Новаковская И. В. Особенности культивирования штамма <i>Chloromonas</i> cf. <i>reticulata</i> (Goroschankin) Gobi, вызывающего цветение снега на Приполярном Урале	172
Малыгина О. Н. Использование биопрепаратов при выращивании лядвенца рогатого	175
Бакулина А. В. Повышение стрессоустойчивости растений путем генной инженерии антиоксидантов	181
Кузина А. А., Сергеева И. В., Мохонько Ю. М., Андриянова Ю. М. Адаптация сельскохозяйственных культур к стрессовым условиям	184
Черемисинов М. В., Гайтукаев Р. С. Поражаемость мутантов ярового ячменя корневыми гнилями	187
Петрова А. Б., Кравцева А. П. Изучение экофизиологических показателей листьев груш на территории НИИ «Жигулевские сады»	190
Лукьянова М. В., Верховцева Н. В., Пашкевич Е. Б., Аньшакова В. В. Применение ультрадисперсного порошкообразного препарата ягеля (<i>Cladonia rangiferina</i> L.) для предпосевной обработки семян	194
Кислицына А. П., Фигурин В. А. Продуктивность кормовой массы фестулолиума в одновидовых и смешанных посевах с клевером луговым	197

СЕКЦИЯ 6
ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И МЕХАНИЗМЫ
ИХ АДАПТАЦИИ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

Гараева А. Р., Суходольская Р. А. Влияние урбанизации на размерные признаки жуужелиц	200
Доровских Г. Н., Степанов В. Г. Паразитофауна гольяна <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758) в условиях загрязнения водотока нефтью	205
Кулакова О. И., Татаринцов А. Г. Основные факторы, определяющие современную динамику ареалов дневных чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) на территории Республики Коми	208
Ломаев Г. В., Емельянова М. С., Бондарева Н. В. Развитие пчел вида <i>Apis mellifera carpathica</i> в магнитопаатогенных зонах	211
Мандрюк Е. А., Таскаева А. А., Конакова Т. Н. Микромасштабная пространственная структура сообществ коллембол в подзоне южных тундр Республики Коми	214
Масленникова О. В. Гидатигероз (стробилоценкоз) и его опасность для человека на убранизированных территориях	217
Ненчук С. И., Ильясова А. Р. Артемия (<i>Artemia salina</i> L.) как стартовый корм для гидробионтов	221
Панюкова Е. В. Эколого-морфологические исследования кровососущих комаров группы видов <i>Aedes cinereus</i> (Diptera, Culicidae)	224
Татаринцов А. Г., Кулакова О. И. Население дневных чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) антропогенных местообитаний Сыктывкара и его окрестностей	227
Филиппов Н. И., Пестов С. В. Материалы по фауне шмелей (Hymenoptera, Apidae, <i>Bombus</i> Latr.) участка «Тулашор» заповедника «Нургуш»	229
Целищева Л. Г. Значение надпойменной террасы в сохранении биологического разнообразия речной долины (на примере населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) берёзово-соснового леса в заповеднике «Нургуш»)	233
Черемисинов М. В. Разработка новой системы методов борьбы с вредителями муки и готовой хлебопродукции на хлебопредприятии	237
Чернявская М. В. Структура зообентоса р. Арабель-Суу (Кыргызстан, внутренний Тянь-Шань)	243
Сладкова С. В., Любимцев В. А., Холодкевич С. В. Об использовании речных раков в качестве биоиндикаторов в биоэлектронных системах мониторинга качества воды в местах сброса сточных вод	245
в Финский залив	245
Шарафеева Г. Р., Суходольская Р. А. Изменчивость мерных признаков жуужелиц в агроландшафте	250

Владыкина М. Н. Динамика населения рыб в озёрах заповедника «Нургуш» в 2011–2016 гг.	253
Глушков В. М. Расслоение выборочных данных учета численности диких животных по линейной плотности	257
Глушков В. М. К стратегии мониторинга ресурсов лося (<i>Alces alces</i> L.) при избирательном отстреле: глобальный или локальный подход	261
Давлетбаков А. Т. Численность и половозрастная структура горных баранов (<i>Ovis ammon</i>) в ущельях хребтов Терской Ала-Тоо, Кокшаал-Тоо, Мудурюм и Борколдой (Кыргызстан)	264
Елкина А. В., Столбова Ф. С. Миграции уток в г. Кирове и его окрестностях	268
Коротаев В. М., Сунцова Н. А., Кошкина Н. А. Морфологическая адаптация гипофиза енотовидной собаки клеточного содержания на введение препарата седимин	273
Морозов А. А., Юрченко В. В. Годовая изменчивость активности антиоксидантных ферментов печени окуня <i>Perca fluviatilis</i>	276
Пескова Т. Ю. Половая структура малоазиатской лягушки <i>Rana macropsnemis</i> Boul в Западном Предкавказье	279
Пескова Т. Ю. Полиморфизм окраски спины и брюшка озерной лягушки в Западном Предкавказье	283
Раскоша О. В. Структурно-функциональное состояние щитовидной железы у полевок-экономок, обитающих в условиях антропогенного загрязнения тяжелыми естественными радионуклидами	287
Рябов В. М. Материалы к орнитофауне перспективной ООПТ «Атарская Лука»	291
Стрельников Д. П., Масленникова О. В. Некоторые черты поведения американской норки урбанизированных территорий	296
Часовских О. В., Окулова И. И., Кадников П. Н., Стефанович Л. В., Россохин Д. В., Гареева А. Ф., Ситдикова В. С., Кондакова С. А., Мамедова Н. Т., Бит-Юнан Е. А. Возможности применения различных форм мелатонина и их эффект	301

СЕКЦИЯ 7

ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Кувичкина Т. Н., Решетиллов А. Н. Потребление кислорода иммобилизованными аэробными микроорганизмами как подход для определения ароматических соединений растворимых в воде	306
Пантюхина Ж. Л., Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М. Очистка нефтезагрязненных вод с помощью обезвоженного осадка активного ила	307
Скугорева С. Г., Домрачев И. А., Домрачева Л. И., Фокина А. И. Химический состав и содержание микроорганизмов в воде из родников г. Кирова	310

Ковалева В. А., Панюков А. Н., Денева С. В. Содержание и структура микробной биомассы как показатель постагrogenной трансформации тундровых почв	315
Воронина А. О., Пьянкова А. А., Корсакова Е. С., Плотникова Е. Г. Разнообразие ключевых генов деструкции бифенила в микробном сообществе района солеразработок (г. Березники, Пермский край)	320
Домрачева Л. И., Леонова К. А., Кузнецова А. А., Скугорева С. Г., Фокина А. И. Микробные группировки почв в зоне действия ТЭЦ (на примере г. Кирова)	323
Некрасова А. И., Тарабукин Д. В., Щемелинина Т. Н. Сокультивирование микроорганизмов-нефтедеструкторов для получения биопрепаратов	327
Кандаурова Ю. М., Ястребова О. В., Плотникова Е. Г. Бактерии-деструкторы орто-фталевой кислоты, выделенные из района добычи и переработки калийных солей (г. Березники, Пермский край)	329
Подволоцкий А. Н., Хренов И. В., Фролов Г. А., Погорельский И. П. Экология бактерий <i>Acinetobacter radioresistens</i> и перспектива использования их в стоматологии	332
Товстик Е. В., Широких И. Г. Особенности роста почвенных стрептомицетов в присутствии мышьяка	335
Соляникова И. П., Емельянова Е. В., Егозарьян Н. С., Борзова О. В., Поливцева В. Н., Сузина Н. Е., Головлева Л. А. Выживаемость актинобактерий и сохранение ими биодеградативного потенциала в стрессовых условиях	338
Соловьёва Е. С., Широких И. Г. Действие тяжелых металлов на стрептомицеты при выращивании в растворе	343
Бурцева С. А., Бырса М. Н., Шубина В. Э., Березюк Ю. Н., Васильчук А. В. Положение стрептомицетов в наземных экосистемах	346
Назарова Я. И., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Широких И. Г. Скрининг стрептомицетов-антагонистов фитопатогенных грибов для биологической защиты растений	350
Бексултанова А. М. Анализ микромицетов Джумгалского района	354
Касымбекова Э. Ш., Мосолова С. Н. Паразитные микромицеты лекарственных древесно-кустарниковых растений Кыргызстана	357
Мамбетказиева А. М. Микромицеты на кормовых растениях Ат-башинской долины и северного склона Ат-Башинского хребта	361
Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Кутявина Т. И. Реакция почвенных микрофототрофов на азотное загрязнение почвы	365
Кондакова Л. В., Дабах Е. В., Кислицына А. П. Влияние последствий высоких доз минерального азота на почвенные микрофототрофы	368
Пирогова О. С., Кондакова Л. В. Видовое разнообразие альгофлоры Дендрологического парка лесоводов г. Кирова	372

Кондакова Л. В., Безденежных К. А. Почвенные водоросли и цианобактерии луговых экосистем в районе объекта «Марадыковский»	376
Гогонин А. В., Щемелинина Т. Н., Патова Е. Н., Новаковская И. В. Микроводоросли в очистке сточных вод	379
Леонова К. А., Кузнецова А. А., Домрачева Л. И. Осеннее «цветение» городских почв	381
Горностаева Е. А., Домрачева Л. И., Малыгина О. Н., Скугорева С. Г., Шабалина А. В., Коновалов А. Л., Симакова В. С., Товстик Е. В. Влияние цианобактериальной инокуляции семян гороха на развитие микроскопических грибов в почве, загрязненной ионами меди	385
Калинин А. А. Сравнительная оценка эффективности биопрепаратов при защите растений от фитопатогенных грибов	390
Шабалина А. В., Ковина А. Л. Изучение ростстимулирующей активности цианобактерии <i>Fischerella muscicola</i> при выращивании декоративных растений	395
Трефилова Л. В., Зыкова Ю. Н., Леонова К. А., Кузнецова А. А. Сравнительный анализ ростстимулирующих биопрепаратов на основе различных групп микроорганизмов	399
Быданцева Н. С., Кондакова Л. В. Влияние цианобактерий на развитие проростков ячменя при воздействии тяжелых металлов	403
Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Кулик Н. В., Валидов Ш. З., Бабынин Э. В., Яхваров Д. Г. Биодegradация как метод обезвреживания белого фосфора	405
Черепанова К. А., Горностаева Е. А., Фукс С. Л. Исследование воздействия никельсодержащих сточных вод на цианобактерию <i>Nostoc linckia</i>	410

СЕКЦИЯ 5 ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И МЕХАНИЗМЫ ИХ АДАПТАЦИИ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ СФАГНОВЫХ СОСНЯКОВ БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ИЛЫЧ (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

И. Н. Кутявин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kutjavin-ivan@rambler.ru

Сосновые леса верхнего течения р. Илыч представлены преимущественно сфагновой группой типов. Они приурочены к избыточно увлажненным ландшафтам и речным террасам. Сосняки, развивающиеся на рассматриваемой территории изолированы темнохвойными массивами, которые доминируют на территории Северного Приуралья. Тем самым сосновые насаждения носят островной характер местообитания и в меньшей степени подвержены пирогенному воздействию. Следовательно, изучение структурной организации фитоценозов сосновых сообществ носит большой научный интерес. Цель работы – выявить закономерности строения и возрастной структуры древостоев сосняков, расположенных в верхнем течении бассейна р. Илыч.

Рассматриваемая территория располагается между двух крупных резерватов – Печоро-Илычским государственным биосферным заповедником и национальным парком Югыд-Ва. В двух типах сфагновых сосняков были заложены пробные площади (ПП), по методическим указаниям (Общесоюзные..., 1992). Оценка возрастной структуры проведена путем отбора не менее 50 кернов у сосны и 10–15 кернов сопутствующих в составе древостоя пород. Строение древостоев определяли согласно распределению деревьев по классам возраста, по взаимосвязи диаметра и высоты от возраста. Характеристика возрастной структуры дана согласно методическим указаниям Г. Е. Комина и И. В. Семечкина (1970). Обработка полученного фактического материала проведена методами математической статистики (Гусев, 2000). Лесоводственно-таксационная характеристика исследуемых древостоев приведена в таблице 1.

Сосняк кустарничково-сфагновый располагается на грядово-мочежинном болотном комплексе «большой Илыч-Нюр», на высоте над уровнем моря 278 м. Древостой Vб класса бонитета, полнотой 0,2 состоит преимущественно из сосны, небольшой примеси ели и единичного кедра. Возраст доминирующей породы колеблется от 65 до 178 лет. Запас стволовой древесины растущих деревьев составляет $12,8 \text{ м}^3 \text{ га}^{-1}$. Вахтово-сфагновый сосняк расположен на предпойменной террасе р. Илыч. Высота над уровнем моря 202 м, что на 76 метров ниже вышеописанного объекта. Состав древо-

стоя 8С1К1Б+Е, Vб класса бонитета, с запасом древесины растущих деревьев 71 м³ га⁻¹. Возраст деревьев сосны достигает 387 лет.

Обследование жизненного состояния данных фитоценозов показало, что оба фитоценоза характеризуются как ослабленные. Наиболее распространенным повреждением деревьев сосны кустарничко-сфагнового сосняка является дефолиация (потеря) хвои в кроне деревьев, вызванная объеданием глухаря. В вахтово-сфагновом сосняке отсутствуют свежие сухостойные деревья. Гибель деревьев старших поколений наступает преимущественно в результате действия стволовой гнили и как следствие их последующим вывалом.

Таблица. 1

Лесоводственно-таксационная характеристика исследуемых сосняков

Тип леса (номер ПП)	Состав	Средние		Возраст, лет	Густота, экз. га ⁻¹		Запас дре- весины, м ³ га ⁻¹		Относи- тельная полнота
		диаметр, см	высота, м		жи- вой	сухой	жи- вой	су- хой	
Кустарничково- сфагновый (1)	9С1Е ед.К	14,5	5,8	65–178	163	64	12,8	2,7	0,2
Вахтово- сфагновый (2)	8С1К1Б +Е	16,1	7,7	38–387	974	68	70,9	13,0	0,8

Исследованные нами сосняки отнесены к ступенчато-разновозрастному типу возрастной структуры. Кривые распределения деревьев и запасов имеют выраженную зубчатость с разрывом между пиками (рис. 1). Данный тип возрастной структуры наиболее распространен в сосняках равнинной части Приуралья и формируется под влиянием пирогенного фактора, где при пожарах уничтожается большая часть подроста и молодого поколения древостоя, после чего происходит образование нового поколения сосны (Кутявин, 2013).

Беспожарное развитие в исследованных нами заболоченных сосняках объясняется длительным отсутствием или периодическим возобновлением сосны, то есть развивающимися последовательными поколениями одно за другим через определенные промежутки времени.

Анализируя рисунок 1 и таблицу 2 можно отметить, что в сосняке кустарничково-сфагновом четко выделяются три поколения сосны, где преобладающим является второе поколение (77%), крайние старшее (первое) и третье (последнее) поколения формируют 16 и 7% соответственно. Такое распределение указывает на спонтанное (неоднородное) развитие древесных растений, проходящее в данном фитоценозе и неравномерность амплитуды колебания возраста в поколениях от 2 до 42 лет. Такой процесс формирования, по видимому, связан с особенностями рельефного строения болотного комплекса и суровыми климатическими условиями, что способствует гибели молодого поколения и нарушение репродукционного цикла деревьев.

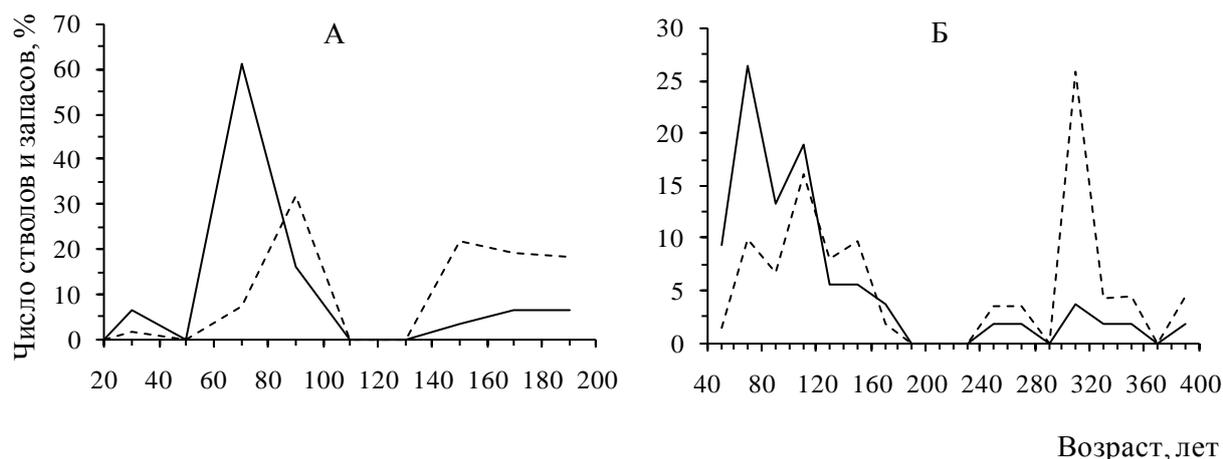


Рис. 1. Распределение деревьев сосны и запасов стволовой древесины по классам возраста в ступенчато-разновозрастных древостоях сосняков: А – кустарничково-сфагновый (ПП 1); Б – вахтово-сфагновый (ППП 2).
Сплошная кривая – число деревьев; пунктирная кривая – запас стволовой древесины

Таблица 2

Возрастная структура сосняков

№ ПП	Порода	Поклоление	Средний возраст, лет	Основное отклонение от среднего возраста	CV, %	A	E	Амплитуда колебаний возраста в поколении, лет
1	С	I-III	82	37	43,8	1,8	3,0	31–187
		I	173	18	10,3	-1,25	2,35	145–187
		II	74	7	8,9	1,26	0,83	65–90
		III	32	–	–	–	–	31–33
2	С	I-VI	124	86	69,4	2,4	1,8	38–387
		I	387	–	–	–	–	–
		II	324	13	4	1,2	–	313–352
		III	–	–	–	–	–	257–273
		IV*	149	15	10	1,85	3,5	143–177
		V*	114	9	8,3	0,8	0,7	101–135
VI*	68	15	21,7	-0,8	-0,3	38–95		

В вахтово-сфагновом сосняке нами выявлено шесть поколений сосны, из них три поколения выделено условно, которые схожи по своему строению с абсолютно-разновозрастным типом возрастной структуры. Данный тип характеризуется непрерывным процессом появления новых и отмиранием старых деревьев без образования разрывов в поколениях (Кутявин, 2013). Согласно рис. 1, преобладающее количество (52%) молодых особей сосны сосредоточено в шестом поколении. Пятое и четвертое поколения формируют соответственно 25 и 9% деревьев. Старшие первое-третье поколения деревьев сосны образуют разрывы, как между собой, так и с младшими условно выделенными поколениями. Со временем, с распадом первых трех поколений, сосняк может приобрести черты абсолютно- или циклично-разновозрастного

древостоя, характерного для сосняков произрастающих на полугидроморфных почвах и в незатронутых пожарами насаждениях темнохвойных лесов. Разрывы между поколениями в рассматриваемом сосняке вызваны, по-видимому, характерным для данного ценоза рельефом с наличием заполненных водой мочажин. Возобновление молодого поколения деревьев отмечено только по микроповышениям.

Согласно математико-статистического распределения деревьев, древостои характеризуются большой изменчивостью возраста, что свидетельствует об их значительной растянутости возраста и наличия от 3 до 6 поколений. Так, в кустарничково-сфагновом фитоценозе коэффициент варьирования достигает 43,8% (табл. 2). С увеличением числа поколений и амплитуды колебания возраста до 350 лет, в вахтово-сфагновом сосняке коэффициент вариации возраста деревьев достигает 69,4%. В пределах поколений этот показатель не превышает 21,7%. Амплитуда колебаний возраста в пределах поколений изменяется от 2 до 67 лет. Асимметрия и эксцесс представлены выраженными положительными значениями, что указывает на смещение кривой распределения по возрасту в сторону преобладания молодых поколений.

Изменчивость коэффициентов варьирования диаметров деревьев в исследуемых сосняках составляет для ПП1 – 52,7, для ПП2 – 50,7%. Большой показатель этой величины указывает на наличие нескольких поколений. Амплитуда колебания диаметра деревьев исследованных сосняков характеризуются значениями 6,1–41,1 и 5,7–41,4 см, где значение среднего диаметра составляет 14,5 и 15,2 см и смещается в сторону тонких по толщине деревьев. На это указывает показатель положительной асимметрии со значениями 1,9 и 1,1 соответственно. В пределах младших и средних поколений присутствуют тонкие и средние по диаметру деревья с амплитудой колебания диаметров от 6,6 до 16,1 см. У деревьев старших поколений амплитуда колебаний диаметра представлена единичными деревьями, состоящими из одного диаметра, а также деревьями средних и крупных размеров с колебаниями диаметра 24,5 см, асимметрия характеризуется в основном малыми значениями.

Таблица 3

Показатели строения деревьев сосны в сфагновых сосняках по диаметру и высоте

№ ПП	Поколение	Количество деревьев, %	Средний возраст, лет	Средние диаметр, см, высота, м	Основное отклонение от среднего диаметра	CV, %	A	E	Амплитуда колебаний диаметра и высоты в поколении, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр									
1	I–III		82	14,5	1,4	52,7	1,9	4,3	6,1–43,6
	I	16	173	32,7	5,9	36,0	–0,3	–3,9	19,1–43,6
	II	77	74	13,5	0,8	28,7	0,71	–0,01	7,6–21,8
	III	7	32	–	–	–	–	–	6,1–12,7
2	I–VI		124	15,2	7,6	50,1	1,1	1,7	5,7–41,4

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	I	2	387	25,3	–	–	–	–	25,3
	II	8	324	31,8	7,9	24,8	0,2	–4,6	24,8–41,4
	III	4	–	22,5	–	–	–	–	22,0–23,0
	IV*	9	149	17,2	6,1	35,5	0,5	–1,4	10,5–25,5
	V*	25	114	17	4,8	28,0	–0,3	–0,7	8,6–24,7
	VI*	52	68	10,9	4,0	36,9	0,3	–1,0	5,5–18,8
Высота									
1	I–III		82	5,8	1,6	27,3	0,6	1,2	3,0–10,5
	I	16	173	7,1	2,3	31,6	2,0	4,0	6,0–10,5
	II	77	74	5,7	1,4	24,3	0,1	–1,1	3,5–8,25
	III	7	32	–	–	–	–	–	3,0–6,5
2	I–VI		124	7,3	2,2	29,9	0,8	0,4	3,8–13,4
	I	2	387	10,1	–	–	–	–	10,1
	II	8	324	10,5	3,1	29,6	–0,7	–1,3	6,5–13,4
	III	4	–	7,0	–	–	–	–	5,9–7,7
	IV*	9	149	8,7	2,3	26,0	0,8	–1,0	6,5–12,0
	V*	25	114	8,0	1,7	21,5	0,2	–1,2	5,7–11,0
	VI*	52	68	6,2	1,5	24,0	0,3	–0,3	3,8–9,2

Закономерности строения деревьев по высоте показали следующие результаты. Коэффициенты варьирования высот у них не превышают 30%. Колебания высоты деревьев на ПП 1 следующее: высота самого низкого дерева составляет 3,0, высокого 10,5 м, на ПП 2 – 3,8 и 13,4 м соответственно. Средние высоты расположены в центральной части распределения кривых. Асимметрия положительная, представлена средними значениями косости и указывает на преобладание в древостое деревьев сосны небольших по высоте.

Таким образом, сфагновые сосновые фитоценозы бассейна верхнего Илыча характеризуются низкими по продуктивности, Vб класса бонитета, древостоями с запасом стволовой древесины от 12 до 70 м³ га⁻¹. В составе древесного яруса преимущественно преобладает сосна с примесью ели, кедра и березы. Древостои сосняков имеют ступенчато-разновозрастный тип возрастной структуры. Сосняк, развитый на грядово-мочажинном болотном комплексе имеет спонтанное развитие с наличием трех обособленных поколений. Древостой вахтово-сфагнового сосняка состоит шести поколений с включением двух разновидностей поколений: с отдельными старшими поколениями и невыраженными условными поколениями. Строение древостоев по диаметру и высоте внешне хорошо согласуется с возрастной структурой, которая обусловлена развитием сосняков. Характеристика строения и низкая продуктивность сосняков определяется в основном почвенно-грунтовыми и климатическими условиями данного района. полученные нами предварительные результаты не охватывают полную характеристику строения и возрастной структуры древостоев сосняков данного района.

Работа выполнена при поддержке проекта 15-12-4-1 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для

включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». Комплексной программы УрО РАН «Живая природа».

Литература

Гусев И. И. Моделирование экосистем. Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2002. 112 с.

Комин Г. Е., Семечкин И. В. Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации // Лесоведение. 1970. № 2. С. 24–33.

Кутявин И. Н. Возрастная структура древостоев старовозрастных сосняков в верховьях Печоры // Лесной вестник (Вестник Московского ГУЛ). 2013б. № 3. С. 45–51.

Общесоюзные нормативы для таксации лесов / Под ред. В. В. Загребва, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусева, А. Г. Мошкалева. М.: Колос, 1992. 495 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ В СОСНЯКАХ ЧЕРНАМСКОГО СТАЦИОНАРА

М. А. Кузнецов, А. Ф. Осипов, К. С. Бобкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kuznetsov_ma@ib.komisc.ru

Крупными древесными остатками (КДО) называют мертвые деревья и их части, находящиеся на поверхности или в толще лесной почвы. Структурно они подразделяется на сухостойные деревья, валеж, пни и остолопы (Russel et. al., 2015).

Исследования роли КДО в функционировании экосистем началось не так давно. Преимущественно, это работы экологической направленности: поддержание биоразнообразия животных, источник поступления в почву питательных веществ, субстрат для возобновления растений (Harmon et. al., 2013). КДО играет важную роль в депонировании органического углерода, т.к. отмершая древесина разлагается довольно медленно, сдерживая возврат CO₂ в атмосферу. Это позволяет считать КДО специфическим компонентом органического вещества в лесной экосистеме.

Определение запасов дебриса было проведено в подзоне средней тайги на территории Чернамского лесного стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В пяти сосняках были заложены постоянные пробные площади (ППП), на которых проведен сплошной пересчет деревьев и КДО. Краткая характеристика сосняков приведена в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика древостоев среднетаежных сосняков

Тип леса (возраст древостоя лет)	Состав древостоя	Количество деревьев, экз. га ⁻¹		Запас древесины, м ³ га ⁻¹	
		живых	сухих	живых	сухих
Бруснично-лишайниковый (80)	10С ед. Б	2533	150	246	4
Черничный влажный (60)	9С1Б едЕ	1730	55	205	4
То же (95)	9С1Б+Е	1195	100	220	11
Чернично-сфагновый (60)	10С+Б ед.Е	2040	100	109	4
То же (84)	10С ед.Е	2266	327	141	8

Для определения базисной плотности было отобрано 123 образца древесины валежа и сухостоя: 58 ели, 35 сосны, 30 березы. Базисная плотность (БП) древесины рассчитывалась согласно методическим рекомендациям, приведенным в М. Е. Тарасовым (2002). Стадии гниения определяли по В. Г. Стороженко (2007).

Для всех исследованных нами видов древесных растений отмечено уменьшение БП с увеличением стадии. Так, БП мертвой древесины сосны снижается от 0,5 до 0,11, ели – от 0,41 до 0,16 г см⁻³, березы – от 0,48 до 0,20 г см⁻³. Следует отметить, что БП древесины первой стадии разложения незначительно отличается от БП здоровой древесины у ели и березы, хотя у сосны он несколько выше. Подобное отличие связано с тем, что на первой стадии разложения деструктивные процессы в древесине практически не наблюдаются, сохранена кора, в некоторых случаях хвоя и отсутствуют древо-разрушающие грибы.

Наименьший объем мертвой древесины характерен для 60-летних сосняков (табл. 2). В период перехода сосняков из средневозрастных к спелым объем КДО увеличивается от 1,5 до 7 раз. Запасы органического вещества в КДО в сосняках варьируют от 2,04 до 4,22 т га⁻¹.

Сухостойные деревья отмечены во всех насаждениях, а их доля составляет от 42% до 100% от общей массы КДО. Валеж встречается во всех приспевающих сосняках. В нем аккумулируется от 14% в 84-летнем сосняке чернично-сфагновом до 49% в 95-летнем сосняке черничном влажном. Пни и остолопы были отмечены только в 95-летнем сосняке черничном влажном и 84-летнем сосняке чернично-сфагновом и характеризуются невысоким запасом: 8,5 и 10,5% соответственно.

Таблица 2

Объем древесины (в числителе, м³ га⁻¹) и запасы органического вещества (в знаменателе, т га⁻¹) в крупных древесных остатках среднетаежных сосняков

Тип леса (возраст древостоя, лет)	Сухостой	Валеж	Пни и остолопы	Итого
Бруснично-лишайниковый (80)	<u>3,84</u>	<u>2,65</u>	—*	<u>6,49</u>
	1,90	0,83	—	2,73
Черничный влажный (60)	<u>4,00</u>	—	—	<u>4,00</u>
	2,04	—	—	2,04
То же (95)	<u>11,24</u>	<u>14,87</u>	<u>3,06</u>	<u>29,17</u>
	4,06	4,81	0,83	9,70
Чернично-сфагновый (60)	<u>4,00</u>	—	—	<u>4,00</u>
	2,04	—	—	2,04
То же (84)	<u>7,97</u>	<u>2,24</u>	<u>1,20</u>	<u>11,41</u>
	3,16	0,62	0,44	4,22

* – не выявлено.

Таким образом, оцененная нами БП гниющей древесины в лесных экосистемах европейского Северо-Востока позволит определять запасы органи-

ческой массы в КДО на основе анализа морфологических характеристик деревьев сухостоя и валежа (высоты, диаметра, стадии разложения). Полученные взаимосвязи между количеством мертвой древесины в лесной экосистеме и запасами древесины (фитомассы), заключенными в ней, следует применять для выведения конверсионных коэффициентов, для расчета массы и роли КДО в цикле углерода лесов России используя данные учета лесного фонда.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых кандидатов наук МК-6670.2016.5

Литература

Стороженко В. Г. Устойчивые лесные сообщества. Тула: Гриф и К, 2007. 192 с.

Тарасов М. Е. Методические подходы к определению скорости разложения древесного детрита // Лесоведение. 2002. № 5. С. 32–38.

Harmon M. E., Fasth B., Woodall C.W., Sexton J. Carbon concentration of standing and downed woody detritus: Effects of tree taxa, decay class, position, and tissue type // Forest Ecology and Management. 2013 V. 291. P. 259–267.

Russell M. B., Fraver S., Aakala T., Gove J.H., Woodall C. W., D'Amato A.W., Ducey M. J. Quantifying carbon stores and decomposition in dead wood: A review // Forest Ecology and Management. 2015. V. 350. P. 107–128.

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСНОМ ПОКРОВЕ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ LANDSAT-TM И ETM⁺

Т. А. Адамович

Вятский государственный университет, ttjnadamvich@rambler.ru

Леса относятся к числу важнейших компонентов наземных экосистем. Как динамическая экосистема, леса претерпевают крупномасштабные изменения под воздействием комплекса факторов природного и антропогенного характера. Вырубки, являясь одним из наиболее мощных антропогенных факторов воздействия на леса, влекут за собой множественные последствия экологического характера, проявляющиеся в изменении породно-возрастной структуры лесов, характеристиках цикла углерода, альбедо поверхности, гидрологического режима территории, условий обитания представителей лесной фауны, а также степени биологического разнообразия наземных экосистем (Сухих, 1999).

На сегодняшний день не существует объективных и достоверных количественных оценок изменений в лесах, вызываемых рубками, пожарами и рядом других факторов. Использование наблюдений с современных спутниковых систем, в частности, таких как Landsat-TM и ETM⁺, позволяет осуществлять мониторинг лесов на больших территориях. Несмотря на большое количество выполненных исследований по разработке автоматических методов выявления изменений в лесах, эта задача является актуальной.

К настоящему времени разработан набор методов использования спутниковых изображений для выявления изменений в лесах, в том числе, в ре-

зультате вырубок, в основе которых лежит знание особенностей спектрально-го отражения различными компонентами лесных экосистем, а также связей между типами трансформаций лесного покрова и изменениями их спектрально-отражательных свойств (Bartalev, Deshayes, 1996). При этом необходимо учитывать, что к различиям в спектрально-отражательных свойствах могут приводить и другие, не связанные с изменениями лесов факторы, такие как фенологическое состояние растительности, атмосферные условия, геометрические условия освещения и наблюдения, рельеф местности и некоторые иные особенности (Corpin, Bauer, 1996).

Все многообразие известных подходов к выявлению изменений в лесах с использованием данных дистанционного зондирования Земли основано на сопоставлении разновременной информации. Изображения могут выступать в качестве источника информации о состоянии лесного покрова в определённый момент времени и сочетаться с другими пространственно-координированными данными о лесах, например, такими как цифровые карты или базы лесотаксационных данных в составе геоинформационной системы (Жарко, Барталев, 2014).

Тесная связь спутниковых изображений и банка данных геоинформационной системы прослеживается в схеме, представленной на рисунке. Предложенная схема отражает основные идеи, лежащие в основе методики выявления изменений в лесном покрове (рис.).



Рис. Схема выявления изменений в лесном покрове с использованием спутниковых изображений

Космические снимки могут быть представлены как одиночными, так и разновременными данными спутниковой съёмки территории исследования, а банк данных представляет собой совокупность цифровых карт и материалов наземных наблюдений, формируемых, в частности, по материалам лесоустройства.

Методика выявления изменений в лесном покрове по данным космических снимков включает последовательное выполнение следующих этапов: предварительная обработка изображений; выявление и интерпретация изменений в лесах на основе информативных признаков; постобработка результатов выявления изменений; актуализация банка данных ГИС о лесах.

Предварительная обработка включает в себя геометрическую и радиометрическую коррекцию космических снимков. Геометрическая коррекция предполагает взаимное пространственное совмещение разновременных спутниковых изображений, а также их преобразование в одну из стандартных картографических проекций. Пространственная привязка изображений выполняется с использованием данных о навигационных элементах спутников, вычисляемых по известному времени съёмки с использованием соответствующих моделей орбиты. Возможно применение радиометрической коррекции, включающее в себя коррекцию влияния положения Солнца и геометрических условий наблюдения, коррекцию влияния атмосферных условий, коррекцию влияния рельефа местности, фенологическое развитие растительности и другие факторы. Таким образом, предварительная обработка изображений предполагает использование банка данных ГИС для выполнения различного рода коррекции.

Интерпретация изменений в лесах по данным дистанционного зондирования Земли включает формирование информативного признакового описания (по изображению), выделение областей интереса на изображении, детектирование изменений в лесах с помощью информативных признаков, классификация (интерпретация) изменений в лесах. Под информативными признаками понимаются признаки, полученные по предварительно преобразованным в спектральном или пространственном отношении, или тематически обработанным спутниковым изображениям. Информативные признаки должны в наилучшей мере отвечать задаче детектирования изменений в соответствии с априорно известными их видами, типами данных наблюдений и алгоритмами их анализа. Систематизация существующих представлений о наиболее распространенных типах информативных признаков и, согласованных с ними, приоритетных методов детектирования изменений в лесах при различных вариантах доступных разновременных данных отражена в таблице.

Этап выделения областей интереса на изображении выполняется с использованием банка данных ГИС и предназначен для ограничения на изображении однородных участков с заданными свойствами, например принадлежащих некоторым категориям земель или насаждениям с соответствующими таксационными характеристиками. Значимость этого этапа зависит от используемой техники детектирования изменений.

Набор начальных данных определяет не только формирование набора информативных признаков, но и технику последующего анализа данных. Наиболее широкий арсенал методов может быть использован при выявлении изменений по разновременным спутниковым изображениям, полученным одним типом сенсора в сходных условиях съёмки. Кроме того, использование

такой комбинации данных наиболее эффективно с точки зрения разнообразия выявляемых изменений, возможности детектирования участков незначительных изменений и интерпретации качественных и количественных преобразований характеристик лесов.

Таблица

Информативные признаки и приоритетные методы выявления изменений в лесах в зависимости от доступных данных

Типы признаков	Приоритетные методы выявления изменений		
	Разновременные изображения, полураспределенные		Одиночные изображения в сочетании с базой данных ГИС о лесах
	сенсором одного типа в близких условиях	Различными сенсорами или при различных условиях	
1. Исходные изображения – спектральные яркости 2. Признаки, основанные на спектральных преобразованиях изображений – спектральные индексы; – главные компоненты 3. Признаки, основанные на пространственно-яркостных преобразованиях изображений – морфологические признаки; – текстурные признаки 4. Признаки, основанные на тематическом анализе изображений – результаты классификации; – результаты декомпозиции спектральных смесей	– анализ векторов изменений по разностям информативных признаков; – совместная классификация разновременных изображений; – сопоставление результатов независимого тематического анализа разновременных изображений; – визуальное обнаружение контрастных участков с использованием цветового синтеза разновременных изображений	– сопоставление результатов независимого тематического анализа разновременных изображений; – совместная классификация разновременных изображений	– выявление аномальных значений информативных признаков на участках гипотетически однородных лесных насаждений; – сопоставление результатов тематической обработки изображений с цифровыми картами лесов

Этап классификации (интерпретации) изменений в лесах по информативным признакам направлен на определение типов выявляемых изменений, а также фильтрацию аномалий, не связанных с реальными изменениями в лесах. К этому могут способствовать такие факторы, как различия в атмосферных условиях, влияние которых не устраняется при предварительной обработке данных (наличие облачности); изменения характеристик состояния лесов, не связанных с трансформацией насаждений (различия фенологического состояния или влажности покрова); остаточные ошибки пространственного совмещения разновременных спутниковых изображений и цифровых карт лесов. На этом этапе происходит интерпретация полученных изменений. Она осуществляется на основе экспертного анализа с использованием банка данных ГИС и опорных спектральных сигнатур.

Заключительным является этап постобработки результатов анализа изображений, предназначенный для подготовки заключительного информационного продукта и его включения в банк данных ГИС. Данный этап может включать в себя фильтрацию небольших по площади и не подлежащих картографическому отображению участков изменений в лесах.

Литература

Барталев С. А., Курятникова Т. С., Стибиг Х. Ю. Методы использования временных серий спутниковых изображений высокого пространственного разрешения для оценки масштабов и динамики вырубок таежных лесов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Вып. 2. Т. 2. С. 217–227.

Жарко В. О., Барталев С. А. Оценка распознаваемости древесных пород леса на основе спутниковых данных о сезонных изменениях их спектрально-отражательных характеристик // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 3. С. 159–170.

Сухих В. И. Лесопользование в России в начале XXI в. // Лесное хозяйство. 1999. № 6 С. 8–13.

Bartalev S., Deshayes M., Durrieu S., Fabre G., Stach N., Sukhikh V. Monitoring by change detection in three different forest environment // Proceedings International Workshop Applications of Remote Sensing in European forest Monitoring, Vienna, 14–16 October 1996, Report EUR 17685 EN, 1997. P. 293–308.

Coppin P. R., Bauer M. E. Digital change detection in forest ecosystems with remote sensing imagery // Remote sensing reviews. 1996. V. 13. P. 207–234.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ LANDSAT В ОЦЕНКЕ ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Т. А. Адамович¹, Е. В. Князева^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Государственный природный заповедник «Нургуш»,
tjnadamvich@rambler.ru*

Мониторинг состояния природных комплексов – это одна из главных задач особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Для её реализации чаще всего используются наземные методы исследования. Но с развитием информационных технологий в последние десятилетия становится актуальным использование аэрокосмических и геоинформационных методов.

Для проведения исследований была выбрана территория заповедника «Нургуш». Заповедник расположен в центральной части Кировской области на юго-востоке Котельничского района. Площадь участка – 5634 га, охранной зоны – 7998 га, что составляет 0,02% территории Кировской области. Он создан для охраны пойменных комплексов реки Вятки: многочисленных озер и хвойно-широколиственных лесов. (О создании..., 1994).

Хвойные леса представлены ельниками, сосняками, пихтарниками; лиственные – липняками, березняками, осинниками, черноольшаниками, дубня-

ками, тополевыми, вязовыми, ивными. Практически повсеместно леса имеют густой подрост и обильный подрост из липы. Лесопокрытая территория составляет 87,4% площади заповедника. Болота и заболоченные участки занимают 21% территории заповедника и 10% охранной зоны. Большую часть охранной зоны (90%) составляют сосновые леса.

Охранная зона заповедника расположена на боровой террасе и ограничена от него притеррасной речкой Простью. В охранной зоне преобладают сосновые леса, преимущественно травяные и зеленомошные (52,7%), ельники (черничники, кисличники, травяно-болотные) распространены на площади 13,9%. Заболоченные березняки и ольшаники рассредоточены небольшими фрагментами по всей территории боровой террасы, и занимают крупный избыточно увлажненный участок внутри лесного массива площадью 1099 га (около 23% территории).

В заповеднике «Нургуш» 5 рек и более 85 озер, которые образуют единую систему пойменных водоёмов, соединённых между собой многочисленными протоками. (Летопись природы заповедника «Нургуш», 2000, 2006).

Для оценки природного комплекса заповедника Нургуш использовались многозональные космические снимки за 1994, 1998, 2004, 2011 гг. съёмки в 8-ми спектральных диапазонах с разрешением 30 м; за 2015 г. съёмки в 11-ти спектральных диапазонах с разрешением 30 м, полученные с аппаратов Landsat. Снимки были сделаны в летне-осенний период (июль – сентябрь). При обработке снимков использовали компьютерную программу ENVI 4.5.

Методами автоматизированного дешифрирования проведена оценка природного комплекса на исследуемой территории. Для обработки космических снимков в программном комплексе ENVI 4.5 применяли способ максимального правдоподобия. По результатам обработки космических снимков способом максимального правдоподобия были получены тематические карты территории заповедника за период с 1994 по 2015 гг. Проведён сравнительный анализ и обработка полученных материалов, выявлены тенденции изменения ландшафта за период более 20 лет (табл.).

Таблица

Классификация объектов заповедника «Нургуш» и прилегающей территории по занимаемой площади, %

Класс объектов	Занимаемая классом территория, %				
	4 сентября 1994 г.	29 июля 1998 г.	6 августа 2004 г.	25 августа 2011 г.	20 августа 2015 г.
Водные объекты	6,67	7,86	7,67	6,32	6,62
Пески (пляжи)	0,31	0,37	1,54	2,21	1,82
Прибрежная и водная растительность	3,16	6,32	6,31	8,11	9,1
Болота и заболоченные участки	28,54	24,95	22,51	19,5	20,42
Пойменные луга	12,04	13,31	13,05	11,72	8,04
Лиственные породы	30,90	27,35	26,87	27,44	28,5
Хвойные породы	19,37	20,29	22,05	24,7	25,5

На территории заповедника полностью исключена любая хозяйственная деятельность. Природный комплекс развивается естественным образом: одни экосистемы закономерно сменяют другие. Так процент заболоченных участков постепенно снижается за счёт сукцессии и сменяется луговой растительностью. Незначительное увеличение площади (0,92%) 2015 г. связано с обильными осадками и низкими средними температурами летнего периода.

После организации заповедника и охранной зоны в течении 10 лет площадь пойменных лугов увеличивается за счёт снижения площадей для сенокосения, но затем уменьшается из-за обильного самовосстановления лиственных и хвойных пород.

Площадь водных объектов остаётся сравнительно постоянной. Незначительные колебания в 1998, 2004 гг. связаны с более ранним (конец июля – начала августа) периодом съёмки (до наступления межени).

Лиственные породы преобладают за счёт сохранившихся коренных ненарушенных широколиственных лесов, проникших 7–10 тысяч лет назад по р. Вятке. Дубы, липы хорошо самовосстанавливаются. Небольшое снижение площади связано с низкой конкурентоспособностью. Подрост ели с течением времени все больше будет вытеснять широколиственные породы, за счёт чего будет увеличиваться площадь хвойных лесов.

Такая картина характерна для ненарушенных, развивающихся естественным образом территорий.

Литература

О создании в Кировской области государственного природного заповедника «Нургуш» Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации: Постановление правительства Рос. Федерации // Собрание законодательства Рос. Федерации. 1994. Май (№ 5). 805 с.

Летопись природы заповедника «Нургуш» за 1995–1996 гг. Рукопись. Кн. 1. Боровка, 2000. 307 с.

Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2004 г. Рукопись. Кн. 9. Боровка, 2006. 297 с.

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЕ

С. И. Тарасов

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, tarasov@ib.komisc.ru

Общепринятой считается концепция, согласно которой температурный режим в лесных экосистемах зависит от типа насаждения (Радченко, 1966; Протопопов, 1975). Данная концепция основывается на том, что растительность способна формировать особый фитоклимат в местах обитания, в частности устанавливать температурный режим. Однако возможность образования локальных температурных аномалий приземного слоя воздуха ограничена собственно растительностью.

Известно, что температура приземного слоя воздуха определяется его теплообменом с подстилающей поверхностью, температура которой обусловлена широтно-сезонным изменением поступления солнечной радиации, а также характером поглощения и отдачи тепла подстилающей поверхностью (Атмосфера. Справочник ..., 1991).

Теплообмен приземного атмосферного воздуха с подстилающей поверхностью осуществляется путем конвективного перемешивания, как свободного, так и вынужденного (Гебхарт и др., 1991). Интенсивность свободной конвекции в общем случае определяется характеристиками поверхности почвы. Интенсивность вынужденной конвекции в лесных экосистемах, кроме скорости передвижения воздушных масс, зависит от аэродинамического сопротивления воздушному потоку, оказываемого растительностью. Однако для наиболее распространенных типов леса в умеренных широтах не обнаруживается больших различий в коэффициентах аэродинамического сопротивления (Дубов, 1978). Также не обнаруживаются больших различий отражающая и поглощающая способности напочвенного и растительного покровов различных типов леса (Тимофеев, Васильев, 2003).

Поэтому можно полагать, что независимо от типа лесной растительности температура приземного слоя воздуха для участков поверхности земли с приблизительно равными интенсивностями падающего солнечного излучения, будет определяться суперпозицией температур вынужденного и свободного конвективных потоков воздуха.

С целью проверки данного предположения был проведен эксперимент, в ходе которого исследовалась зависимость температуры воздуха в лесной экосистеме от ее расположения по широте, типа растительного и напочвенного покрова.

Эксперимент проводился на территории Кылтовского участкового лесничества Республики Коми, в подзоне средней тайги. Для выполнения поставленной задачи вдоль прямой линии, ориентированной с севера на юг и совпадающей с квартальной просекой, являющейся границей 46,47 и 64,65 кварталов, на расстоянии 1 км друг от друга были установлены 8 регистраторов температуры (РТ) на высоте $1,5 \pm 0,1$ м над поверхностью почвы. Для оценки типа леса в местах установки РТ закладывались круговые пробные площадки (КПП). Лесотаксационное описание выявило значимые различия, как в составе, так и структуре типов насаждений на КПП.

В результате эксперимента получены временные ряды, характеризующие зависимость температуры воздуха на высоте 1,5 м над поверхностью почвы от типа леса и широтной координаты.

Визуальный анализ данных, представленных в графическом виде, не выявил существенных различий между полученными временными рядами. Принимая во внимание отсутствие различий, была выдвинута нулевая гипотеза о независимости температуры среды лесной экосистемы от широты и типа леса в любой момент времени.

Сравнение временных рядов проводилось по методу, изложенному Тарасовым и Урнышевым (2010). Каждому временному ряду в вейвлет-пространстве сопоставлялся аппроксимирующий полином, рассчитывались коэффициенты разложения (Torrence, Compo, 1998; Малла, 2005). С учетом преобразований, в пространстве вейвлетов нулевая гипотеза формулировалась как гипотеза о равенстве выборочных средних коэффициентов разложения аппроксимирующих полиномов.

Результаты дисперсионного анализа в пространстве вейвлетов подтвердили ожидаемое равенство выборочных средних коэффициентов разложения и показали состоятельность выдвинутой нулевой гипотезы. Для температурных рядов во временной области это означает, что, по крайней мере, в данном эксперименте, различие между оценками математических ожиданий ординат временных рядов в любой момент времени мало и сопоставимо с влиянием случайных возмущений. Это справедливо как для периодов наблюдения с положительными температурами, так и отрицательными. Следовательно, полученные в ходе эксперимента случайные последовательности могут рассматриваться как реализации одного случайного процесса, и за оценку мгновенной температуры среды в любой точке измерения и в любой момент времени можно принять неслучайную функцию, реконструированную по коэффициентам разложения, определяемым как среднее соответствующих коэффициентов аппроксимирующих полиномов.

Таким образом, эксперимент показал, что, по крайней мере, в условиях средней подзоны тайги значения температуры среды во всех точках измерения в любой момент времени совпадают. Измерения проводились в различных типах леса, отстоящих друг от друга на значительные расстояния по широте (максимальное расстояние – 8 км, минимальное – 1 км). Это позволяет говорить о том, что, если не принимать во внимание климатические аномалии, образованные особенностями рельефа, то основными факторами, определяющим температурный режим в таежных экосистемах, являются интенсивность падающего солнечного излучения и конвективное перемешивание воздушных масс.

Литература

Атмосфера. Справочник (справочные данные, модели) / Под ред. Ю. С. Седунов и др. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 509 с.

Дубов А. С., Быкова Л. П., Марунич С. В. Турбулентность в растительном покрове. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 183 с.

Геххарт Б., Джалурия Й., Махаджан Р. Л., Саммакия Б. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен. Кн. 1: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 678 с.

Короновский А. А., Храмов А. Е. Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 176 с.

Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов. М.: Мир, 2005. 671 с.

Протопопов В. В. Средообразующая роль темнохвойного леса. Новосибирск: Наука, 1975. 327 с.

Радченко С. И. Температурные градиенты среды и растения. М.-Л., 1966. 389 с.

Тарасов С. И., Урнышев А. П. Метод сравнения случайных последовательностей // Новые научные методики и информационные технологии. Вып. 64. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН. 2010. 24 с.

Тимофеев Ю. М., Васильев А. В. Теоретические основы атмосферной оптики. СПб.: Наука, 2003. 474 с.

Torrence C., Compo G. P. A practical guide to wavelet analysis // Bulletin of the American Meteorological Society. 1998. V. 79. P. 61.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДООБМЕНА ХВОИ ЕЛИ В ЕЛЬНИКАХ ЧЕРНИЧНЫХ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

С. Н. Сенькина

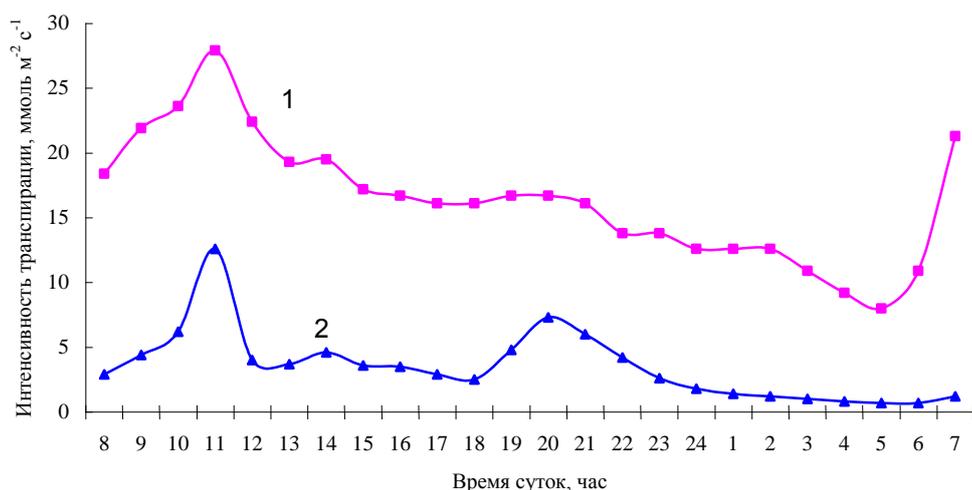
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, senkina@ib.komisc.ru

Известно, что одним из процессов, участвующих в накоплении продукции органического вещества в фитоценозах является водный обмен растений. Он является одним из процессов, в который вовлечены все органы и ткани дерева от корней до хвои и древостоя в целом и который играет решающую роль в распределении ареалов древесных растений и формировании растительного покрова (Абражко, 1998; Веретенников, 2002, Кайбияйнен, 2003).

Исследования водообмена хвои ели проводились в двух типах ельников: ельнике черничном влажном и ельнике чернично-сфагновом. Интенсивность транспирации измеряли с помощью электронного газоанализатора Li-Cor 6400. Продуктивность транспирации, транспирационный коэффициент и экономность транспирации определяли расчетным путем с учетом фитомассы и текущего прироста. Оводненность хвои определяли термовесовым методом, водный дефицит находили как разность между полной влагоемкостью и реальным содержанием влаги в ней. Водный потенциал измеряли с помощью рефрактометра.

Анализ полученных результатов показал, что интенсивность транспирации хвои ели второго года жизни в разные годы колеблется от 2 до 14 $\text{mmol m}^{-2} \text{c}^{-1}$ (рис.). Она выше в теплые с небольшим количеством осадков годы и ниже в теплые, но влажные годы. Изменения интенсивности транспирации в течение вегетационного периода не ярко выражены, разница составляет от 1 до 2 $\text{mmol m}^{-2} \text{c}^{-1}$. Для хвои ели характерна более тесная зависимость от температуры воздуха, (коэффициент корреляции составляет 0,7–0,8). Хвоя ели использует в час до 16% содержащейся в ней воды. Время полной смены водного запаса в хвое ели составляет около 6 часов. В течение светового дня происходит примерно 3 смены воды. В течение дня кривая транспирации может быть одновершинной, но может иметь и несколько пиков, так как данный процесс носит ритмический характер, причем за одинаковый промежуток времени может наблюдаться разное количество пиков (рис.) Изучение транспирации за малые промежутки времени показало, что каждые 20 минут интенсивность транспирации то увеличивается, то уменьшается. Происходит

это за счет изменения ширины устьичной щели, создавая при этом устьичное сопротивление. Максимальных значений транспирация достигает у ели при температурах воздуха от 20 до 30 °С, влажности воздуха 40–60% и освещенности более 50 микромолей. В большинстве случаев максимальные значения интенсивности транспирации хвой ели приходится на период с 10 до 15 часов, но в отдельные дни более высокие показатели интенсивности процесса могут смещаться на утренние и вечерние часы. Выявлено, что на перемещение максимумов интенсивности транспирации оказывает влияние резкое снижение освещенности и влажности воздуха, а также повышенное устьичное сопротивление. Продуктивность транспирации выше в ельнике черничном влажном за счет того, что текущий прирост здесь значительно выше, хотя интенсивность транспирации хвой ели в 1,3 ниже. Хвойные фитоценозы, произрастающие в подзоне средней тайги, расходуют на транспирацию большие объемы воды за счет значительных запасов фитомассы. По нашим расчетам количество транспирируемой влаги составляет в ельнике черничном влажном порядка 200 мм влаги с 1 га за сезон, из них 64% приходится на ель. В ельнике черничном сфагновом – 184 мм из них 97% приходится на ель.



1- ельник черничный влажный; 2- ельник чернично-сфагновый

Рис. Интенсивность транспирации хвой ели в течение суток

Оводненность двухлетней хвой ели в обоих ельниках достаточно стабильна в течение вегетационного сезона и составляет порядка 56%. В целом, оводненность хвой близка к ее полной влагоемкости. Водный дефицит в исследуемых ельниках варьирует от 5 до 18%. Средняя величина в обоих ельниках составляет порядка 12%. Показатели водного дефицита в хвое ели в 2–3 раза ниже известных сублетальных величин. Как в течение суток, так и в течение периода вегетации водный дефицит изменяется незначительно. Наибольший дефицит влаги в хвое наблюдается в начале вегетационного периода. Как показали проведенные исследования, средние значения водного потенциала хвой ели колеблются от -2,0 до -2,2 МПа.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта УрО РАН 15-12-4-39 «Трансформация биологического круговорота веществ в хвойных экосистемах европейского Северо-Востока после промышленных рубок».

Литература

Абражко В. И. Водный режим сообществ еловых лесов: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. СПб., 1998. 46 с.

Веретенников А. В. Физиология растений. Воронеж. гос. лесотех. Акад., 2002. 272 с.

Кайбияйнен Л. К. Эколого-физиологические исследования сосны в сосновых древостоях // Тр. Карельского НЦ РАН. Вып. 5. Петрозаводск, 2003. С. 65–73.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОКЛИМАТА В ЛИСТВЕННИЧНИКЕ ЧЕРНИЧНО-ЗЕЛЕНОМОШНОМ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА»

Р. И. Канев¹, С. В. Загирова^{1,2}

*¹ Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
kanev-roman00@mail.ru*

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Микроклимат – это местные особенности климата, обусловленные неоднородностью строения деятельной поверхности (Дроздов и др., 1989). Национальный парк «Югыд ва» включён в список всемирного наследия ЮНЕСКО. Исследования микроклимата в горных лесах на территории Национального парка «Югыд ва» ранее не проводили. Имеются единичные работы, посвященные фитоклимату хвойных лесов в равнинных ландшафтах Республики Коми (Бобкова и др., 2001). Система метеонаблюдений на территории нацпарка в настоящее время отсутствует, что не позволяет отслеживать климатогенные изменения в природных экосистемах. Внедрение современных систем мониторинга позволяет в непрерывном режиме в течение года проводить микроклиматические наблюдения в труднодоступных районах Республики.

Исследования проводились в 2011–2013 гг. в лиственничнике чернично-зеленомошном, произрастающем на западном макро склоне Приполярного Урала, на территории Национального парка «Югыд ва», в верховьях р. Косью. Лиственничник располагается на пологом склоне юго-западной экспозиции (65°15'31.5" с. ш., 59°38'35.9" в. д., высота 537 м над у. м.). Для описания структуры фитоценоза была заложена одна постоянная пробная площадь 50×50 м, на которой выполнен сплошной перебор деревьев по общепринятой методике, отбор кернов для определения их возраста. Для описания видового разнообразия растений напочвенного покрова на пробной площади закладывали десять учётных площадок 1×1 м.

Древостой возрастом 90–120 лет имеет состав 10Лц+Пх, запас древесины невелик (51 м³га⁻¹). Подрост представлен лиственницей и пихтой с преобладанием здоровых экземпляров средней категории крупности, имеющий состав 93Лц7Пх и густоту 0,4 тыс. экз. га⁻¹. Подлесочная порода представлена

незначительным количеством *Sorbus sp.* и *Betula nana*. Травяно-кустарничковый ярус хорошо выражен. В нем сосуществуют 2 вида вересковых кустарничков – *Vaccinium myrtillus*, *Empetrum hermaphroditum* и *Avenella flexuosa*. Суммарное покрытие видов-доминантов составляет более 50%. Высоким постоянством отличается *Trientalis europaea*, но участие этого вида в формировании ценоза не значительное. Остальные растения (*Vaccinium uliginosum*, *Bistorta major*, *Carex brunnescens*, *Hieracium malpinum*, *Solidago virgaurea* и *Veratrum lobelianum*) периодически встречаются в пределах всего участка ППП. Мохово-лишайниковый покров обильно представлен зелеными (*Pleurozium schreberi*, *Dicranum sp.*, *Polytrichum commune*) с примесью печеночных мхов. Почва: подзол иллювиально-железистый глееватый.

В лиственничнике чернично-зеленомошном нами были установлены датчики фирмы Нобо (США), которые позволяли регистрировать температуру, влажность воздуха и падающей суммарной радиации на трех уровнях (верхняя, средняя часть кроны и под кроной). Кроме того были установлены датчики температуры в подстилке (0–5 см) и на границе подстилка-минеральный слой почвы (10–15 см).

Исследования микроклиматических условий в лиственничнике чернично-зеленомошном показали, что интенсивность суммарной радиации под пологом древостоя в мае составляла 20% от солнечной радиации, поступающей к верхней границе древостоя. В 2011–2013 гг. максимальные значения суммарной солнечной радиации составили 813 Вт м², отражённой солнечной радиации – 216 Вт м². Увеличение альбедо в зимний период обусловлено повышенной отражающей способностью снежного покрова. За два года наблюдений максимальная температура воздуха в летний период достигала +28 °С, минимальная зимой –33 °С. В сезонной динамике переход положительных температур к отрицательным осенью происходил в середине октября, а от отрицательных температур к положительным весной – в третьей декаде мая. В районе исследования среднесуточная температура воздуха была в мае ниже на 4–5 °С, июне – 3–5 °С, июле и августе – 1–2 °С, по сравнению с данными метеорологической службы РК для Интинского района. Высокая относительная влажность воздуха (60–100%) в лиственничнике является следствием повышенной облачности и выпадения большого количества осадков на Приполярном Урале. В течение двух лет наблюдений не выявлено промерзания подстилки в зимний период. Близкие к нулю температуры в верхних горизонтах почвы сохранялись с 22 ноября 2011 г. по 22 мая 2012 г., а также с 8 ноября 2012 г. по 6 июня 2013 г. Межгодовые различия в сезонной динамике микроклиматических показателей в лиственничнике чернично-зеленомошном на Приполярном Урале связаны с погодными условиями в районе проведения исследования.

В результате статистического анализа выявленная зависимость наблюдается между суммарной солнечной радиацией и ФАР, суммарной солнечной радиацией и влажностью воздуха, ФАР и влажностью воздуха, температурой воздуха и температурой почвы (табл.).

**Корреляция параметров микроклимата в лиственничнике
чернично-зеленомошном**

Параметры микроклимата	Суммарная солнечная радиация	ФАР	Альбедо	Температура воздуха	Влажность воздуха	Температура почвы 5–10 см (подстилка)	Температура почвы 10–15 см (минеральный горизонт)
Суммарная солнечная радиация	1	0,934	0,076	0,235	-0,666	0,135	-0,019
ФАР	0,934	1	0,247	0,001	-0,613	-0,149	-0,286
Альбедо	0,076	0,247	1	-0,343	-0,252	-0,386	-0,449
Температура воздуха	0,235	0,005	-0,343	1	-0,473	0,836	0,700
Влажность воздуха	-0,666	-0,613	-0,252	-0,473	1	-0,165	0,042
Температура почвы на 5–10 см (подстилка)	-0,135	-0,149	-0,386	0,836	-0,165	1	0,951
Температура почвы на 10–15 см (минеральный горизонт)	-0,019	-0,286	-0,449	0,700	0,042	0,951	1

Литература

Дроздов О. А., Васильев В. А., Кобышева Н. В., Раевский А.Н. Н., Смекалова Л. К., Школьный Е. П. Климатология. Л.: Гидрометеоздат, 1989. 568 с.

Бобкова К. С., Галенко Э. П. Биопродукционный процесс в лесных экосистемах севера СПб.: «Наука», 2001. 278 с.

**ОСОБЕННОСТИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *DIANTHUS BORBASII VANDAS*
НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА**

Н. И. Шишкина, Н. П. Савиных

Вятский государственный университет, nataliashishkina@rambler.ru

Для оценки состояния растений в природе и осознания перспектив их существования на определенной территории служат характеристики ценопопуляций. В большей степени отражают стратегию возобновления и выживания особей демографические показатели ценопопуляции: численность, плотность, возрастная структура. Изучение их на основе дискретного описания онтогенеза все чаще используется в биоэкологических исследованиях (Жукова, 2010). Цель данной работы – изучение с этих позиций ценопопуляции

D. borbasii для оценки устойчивости и разработки мероприятий по сохранению этого вида в северо-восточной границе ареала.

Dianthus borbasii Vandas. – гвоздика Борбаша из сем. Гвоздичные (*Caryophyllaceae* Juss), как «редкий вид» с III категорией охраны, внесена в Красную книгу Кировской области и других регионов России. Этот преимущественно европейский вид встречается в Предкавказье, на юге Дальнего Востока. В средней России он обычен в черноземной полосе, растет в сосновых лесах, на песках, по берегам рек, в степях (Губанов и др., 2003). В Кировской области *D. borbasii* отмечена в памятниках природы «Бор на Лобани», «Медведский бор», заповеднике «Нургуш» и близ границ его охранной зоны (Красная..., 2014). Этот степной псаммоксеромезофит встречается здесь на антропогенно нарушенных территориях в сухих сосновых лесах с песчаной слабоадаптированной почвой.

С позиций современной биоморфологии *D. borbasii* – поликарпическое моноцентрическое многолетнее стержнекорневое зимне-летнезеленое травянистое растение из олиго- и дициклических или озимых монокарпических полурозеточных побегов с разнообразными вариантами цветорасположения (Савиных, Шишкина, 2016). Пространственную структуру ценопопуляций *D. borbasii* изучали в пределах особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Медведский бор» Нолинского района Кировской области на антропогенно измененной территории. Основные сообщества здесь – разные типы сосновых лесов, расположенные на дюнах материкового происхождения боровой террасы р. Вятки.

Онтогенетическая структура ценопопуляции *D. borbasii* изучена в соответствии с программой, методикой и рекомендациями по изучению редких видов Л. Б. Заугольной Л. В. Денисовой (1986). Экологическая плотность определена как число особей на единицу обитаемого пространства (число особей на 1 м²). Для оценки состояния ценопопуляции использовали подходы Л. А. Животовского (2001), основанные на соотношении индексов возрастной (Δ – дельта) и эффективности (ω – омега) популяции. Индекс возрастной вычисляли по формуле: $\Delta = \sum n_i m_i / \sum n_i$, где n_i – абсолютное число растений i -ого онтогенетического состояния, m_i – возрастность особи, $\sum n_i$ – общее число растений. Индекс эффективности определяли по формуле: $\omega = \sum n_i e_i / \sum n_i$, где n_i – абсолютное число растений i -ого онтогенетического состояния, e_i – эффективность особи, $\sum n_i$ – общее число растений.

Для характеристики эффективности самоподдержания ценопопуляций использовали показатели, предложенные Л. А. Жуковой (1995). Индекс восстановления (I_6), который показывает число потомков на одну генеративную особь в данный момент времени: $I_6 = (j+im+v)/(g_1+g_2+g_3)$. Индекс замещения: $I_3 = (j+im+v)/(g_1+g_2+g_3+ss+s+sc)$ демонстрирует, долю взрослой части популяции, которую может заместить подрост или число дочерних особей на одно взрослое растение. При анализе полученного материала учитывали то, что каждая ценопопуляция проходит несколько этапов сукцессионного развития: становление, процветание и угасание, которым соответствуют три типа попу-

лящий: инвазионный (внедряющийся), нормальный и регрессивный (старейший) по Т. А. Работнову (1950).

Для детального изучения ценопопуляция *D. borbasii* в начале вегетационного периода были заложены модельные участки. Поскольку растение редкое и охраняемое, биоморфологию особей изучали без изъятия их из состава сообщества. Особое внимание обращали на критерии выделения онтогенетических состояний особей (Шишкина, Рябова, 2015) и провели подсчет их на каждом модельном участке.

В ходе работы были заложены и изучены 4 модельных участка под линей электропередач в разных экологических условиях.

Ценопопуляция 1 «Контроль» (рис. 1) – в вейниково-лишайниковой ассоциации со 100% покрытием поверхности. В надпочвенном покрове преобладали *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F. H. Wigg., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Festuca pratensis* Huds., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Veronica spicata* L. Экологическая плотность – 12,6; численность в баллах – 4. Из 152 выявленных особей ювенильных (j) – 26%; имматурных (im) – 18%; виргинильных (v) – 10%; раннегенеративных (g_1) – 22%; зрелых генеративных (g_2) – 17%; позднегенеративных (g_3) – 7%. Преобладают растения прегенеративного периода (j, im, v), спектр левосторонний с диффузным расположением особей. Согласно Δ (0,22) и ω (0,48) ценопопуляция молодая. Индексы I_B и I_3 – 1,06 из-за высокой эффективности семенного воспроизведения.

Ценопопуляция 2 «Пески» (рис. 1) расположена в пределах астрагалово-полынной ассоциации с проективным покрытием поверхности до 30%. В составе растительности преобладали *Artemisia campestris* L., *Astragalus arenarius* L., *Festuca pratensis* Huds. Экологическая плотность составила 9, численность в баллах – 2. Из 45 особей – ювенильных (j) – 31%; имматурных (im) – 29%; виргинильных (v) – 4%; раннегенеративных (g_1) – 14%; зрелых генеративных (g_2) – 20%; позднегенеративных (g_3) – 2%. По Δ (0,18) и ω (0,4) эта ценопопуляция тоже является молодой. С учётом этого, данный возрастной спектр оцениваем как левосторонний, а ценопопуляцию, в целом, как молодую неполночленную с диффузным расположением особей. Индексы I_B и I_3 – 1,81, что свидетельствует о высокой эффективности семенного воспроизведения особей.

Ценопопуляция 3 «Опушка» (рис. 1) расположена в купеново-овяницево-ассоциации с преобладанием *Festuca pratensis* Huds., *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce, *Antennaria dioica* (L.) Gaertn., *Veronica spicata* L. на границе ЛЭП и придорожной полосы из *Pinus sylvestris* L. Экологическая плотность – 5,6, численность в баллах – 3. Из 90 выявленных особей ювенильных (j) – 34%; имматурных (im) – 14%; виргинильных (v) – 7%; раннегенеративных (g_1) – 16%; зрелых генеративных (g_2) – 13%; позднегенеративных (g_3) – 16%. Ценопопуляция нормальная неполночленная с левосторонним возрастным спектром и диффузным расположением особей. Согласно индексам Δ (0,25) она молодая и ω (0,78) зреющая. I_B и I_3 – 1,25.

Ценопопуляция 4 «Дюна» (рис. 1) расположена западном склоне дюны в овсяницево-вейниковой ассоциации, где преобладали *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woł.) Klásk., *Festuca pratensis* Huds., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Astragalus arenarius* L. Экологическая плотность составила 9,4; численность в баллах – 3. Из 94 выявленных особей ювенильных (j) – 23%; имматурных (im) – 26%; виргинильных (v) – 5%; раннегенеративных (g1) – 17%; зрелых генеративных (g₂) – 13%; позднегенеративных (g₃) – 16%. Согласно индексам Δ (0,25) и ω (0,46) эта ценопопуляция молодая, неполночленная с левосторонним спектром, диффузным расположением особей. Индексы I_B и I_3 – 1,19 также высокие.

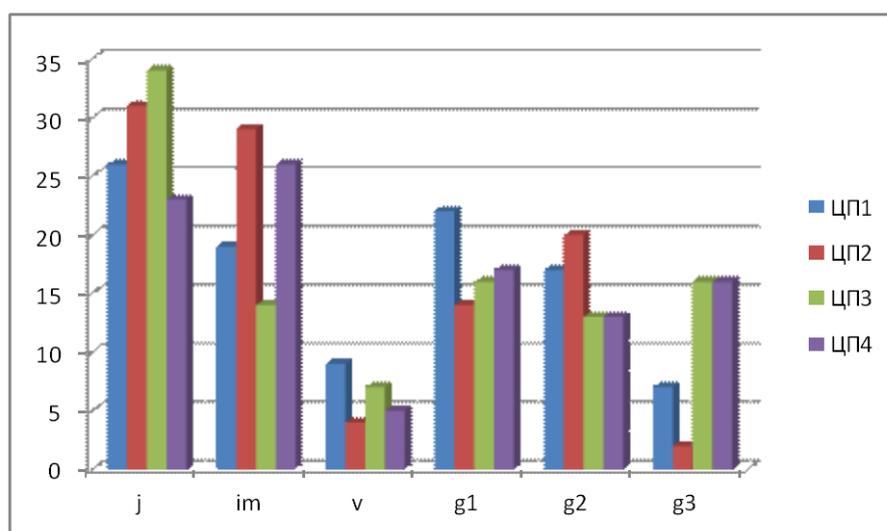


Рис. 1. Онтогенетическая структура ценопопуляций *D. borbasii*: (ЦП 1 «Контроль», ЦП 2 «Пески», ЦП 3 «Опушка», ЦП 4 «Дюна»)

Таким образом, онтогенез у большинства особей *D. borbasii* во всех условиях обрывается с пропуском у многих из них виргинильного онтогенетического состояния. По-видимому, многие растения зацветают раньше, минуя этот период онтогенеза. Обрыв его в позднегенеративном онтогенетическом состоянии компенсируется высокой энергией семенного воспроизведения. Это позволяет отнести *D. borbasii* по жизненной стратегии к эксплерентам, как и других «степняков» в борах. Сохранение их в сосняках возможно только при высокой степени освещения лесных фитоценозов.

Литература

Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России: Покрывосеменные (двудольные: раздельнолепестные). Т. 2. 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.

Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.

Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола: РИИК «Ланар», 1995. 224 с.

Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: Кировская областная типография, 2014. 336 с.

Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. 1950 б. Вып. 6. С. 77–204.

Савиных Н. П., Шишкина Н. И. Биоморфология гвоздики Борбаша *Dianthus borbasii* Vandas // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2016. № 2. С. 53–61.

Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функции времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.

Шишкина Н. И., Рябова Е. В. Онтогенез гвоздики Борбаша (*Dianthus borbasii* Vandas.) // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы VI Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Йошкар-Ола: Изд-во МарГУ. 2015. С. 133–135.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова и др.. Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.

ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *VACCINIUM MYRTILLUS* L. В ЛЕСНЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

Д. А. Шлыкова¹, Н. Ю. Егорова², Т. Л. Егошина^{1,2}

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия, etl@inbox.ru*

² *ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова, n_chirkova@mail.ru*

Vaccinium myrtillus L. (черника обыкновенная) – рыхлый геоксильный кустарничек, состоящий из пространственно разобщенных парциальных кустов, соединенных между собой длинными подземными побегами. Вид относится к явно полицентрическому типу биоморф. Такая форма роста обеспечивает его вегетативную подвижность, освоение им новых территорий и самоподдержание ценопопуляций вида в различных типах фитоценозов (Серебряков, 1964; Ценопопуляции..., 1976, 1988).

Одним из наиболее существенных признаков популяций, обеспечивающих ее самоподдержание и устойчивость, является онтогенетический состав (Ценопопуляции..., 1988).

Изучение особенностей онтогенеза *V. myrtillus* проводилось в двух типах фитоценозов южной тайги (Слободской район, Кировская область) с доминированием вида в травяно-кустарничковом ярусе: ценопопуляция (ЦП) № 1 – сосняк черничный, проективное покрытие *V. myrtillus* составляет 50%; ЦП № 2 – сосняк сфагново-черничный, проективное покрытие исследуемого вида – 45%.

Онтогенетические состояния растений определяли согласно общепринятым методическим разработкам (Работнов, 1950; Серебряков, 1952; Уранов, 1960, 1975), а также сведениям, приведенным в работах ряда авторов (Онтогенетический атлас ..., 2000; Шутов, 2000).

В онтогенезе *V. myrtillus* было выделено 3 периода (прегенеративный, генеративный и постгенеративный) и 10 онтогенетических состояний (юве-

нильное, имматурное, виргинильное; скрытогенеративное, молодое, средневозрастное и старое генеративное; субсенильное, сенильное, отмирающее).

Онтогенетические спектры исследованных ценопопуляций *V. myrtillus* нормальные, неполночленные, что связано с отсутствием проростков; двухвершинные (бимодальные), левостороннего типа. В ЦП № 1 пиковые точки приходятся на парциальные образования (ПО) скрытогенеративного (35,0%) и субсенильного (8,9%) онтогенетического состояния, в ЦП 2 на виргинильные (23,9%) и старые генеративные ПО (10,6%) (рис. 1).

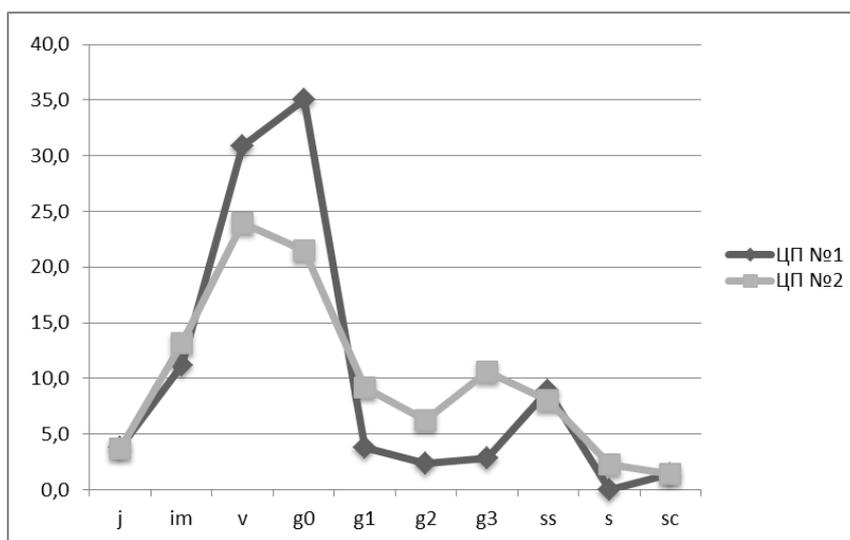


Рис. 1. Онтогенетические спектры изученных ценопопуляций *Vaccinium myrtillus* L. По оси абсцисс – онтогенетические группы:

j – ювенильные, im – имматурные, v – виргинильные, g₀ – скрытогенеративные, g₁ – молодые генеративные, g₂ – средневозрастные генеративные, g₃ – старые генеративные, ss – субсенильные, s – сенильные, sc – отмершие.

По оси ординат – средние доли парциальных образований различных онтогенетических состояний, % от общего числа.

Примечание: ЦП № 1 – сосняк черничный; ЦП № 2 – сосняк сфагново-черничный.

В ЦП 1 максимальные значения онтогенетического спектра зафиксированы для скрытогенеративных ПО (35,0%), субдоминируют виргинильные ПО (30,8%), доля всех генеративных ПО достигает 8,8%. Постгенеративные ПО составляют чуть более 10%.

В ЦП 2 преобладающей группой являются виргинильные ПО (23,9%), далее следуют скрытогенеративные ПО – около 21,5%. Доля генеративных ПО достигает 26% (молодые – 9,1%; средневозрастные – 6,3; старовозрастные – 10,6%). Постгенеративные ПО составляют 11,6%.

Доли участия ПО прегенеративной группы в обеих изученных ценопопуляциях имеют близкие значения. Так, ПО ювенильного онтогенетического состояния составляют и в ЦП 1, и в ЦП 2 по 3,7%, имматурные ПО – 11,2% и 13,2% соответственно.

Изучение морфоструктуры парциальных кустов *V. myrtillus* в исследованных ЦП позволило выявить следующее: ветвление ПО происходит до IX порядка в ЦП 2; для ЦП 1 установлено VII степеней ветвления (рис. 2). О ветвлении парциальных кустов до VIII, реже более высоких порядков сообщали и другие исследователи (Ефимова, 2007).

Анализ частоты встречаемости побеговых систем различных порядков ветвления, позволил выявить преобладание четырехосных ПО в исследованных ЦП. Доля их участия составила 27,1% в ЦП № 1 и 25,8% в ЦП № 2. На втором месте находятся пятиосные побеговые системы (23,4% в ЦП 1 и 20,4% в ЦП 2). Трехосные ПО составляют чуть менее 20% от общего числа изученных экземпляров. Наименее представлены в изученных ЦП одноосные образования (менее 4%) и ПО высоких порядков ветвления (более VI).

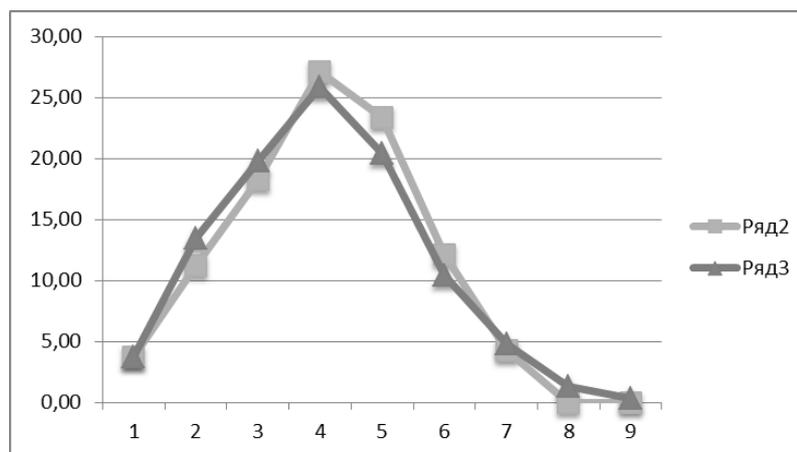


Рис. 2. Соотношение парциальных образований *V. myrtillus* разной интенсивности ветвления в исследованных ценопопуляциях, %
По оси абсцисс – степень ветвления парциальных образований *V. myrtillus*;
по оси ординат – средние доли парциальных образований *V. Myrtillus*
разной интенсивности ветвления, %.

Примечание: ЦП № 1 – сосняк черничный (ряд 2); ЦП № 2 – сосняк сфагново-черничный (ряд 3).

Таким образом, проведенное исследование позволило установить особенности онтоморфогенетической структуры природных популяций *V. myrtillus*. Для ЦП исследуемого вида характерны нормальные, неполночленные, бимодальные левостороннего типа онтогенетические спектры. В морфоструктуре ПО наблюдается преобладание четырехосных парциальных образований.

Литература

Ефимова М. А. Биоморфологические особенности *Vaccinium myrtillus* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L. в естественных и антропогенно нарушенных лесных сообществах Кольского полуострова. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2007. 22 с.

Онтогенетический атлас лекарственных растений. Учебное пособие Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т. Т. II. 2000. 268 с.

Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. М., 1950. Вып. 6. С. 204.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Государственное издательство «Советская наука», 1952. 391 с.

Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. М., 1962. 378 с.

Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. 1975. № 2. С. 7–34.

Уранов А. А. Жизненное состояние вида в растительном сообществе // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1960. Т. 65. Вып. 3. С. 77–92.

Ценопопуляции растений (основные понятия и структура). М.: Наука, 1976. 216 с.

Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии). М.: Наука, 1988. 184 с.

Шутов В. В. Структура, динамика и плодоношение популяций кустарничковых растений. Кострома: КГТУ, 2000. 102 с.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИТОГИ МОНИТОРИНГА БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОПУЛЯЦИЙ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

М. Г. Котельникова

*Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С. П. Королева, rizik230991@yandex.ru*

В настоящее время всё большую актуальность приобретают работы по изучению и сохранению редких и исчезающих видов растений, их реинтродукции. В современных условиях ускоренной деградации природных экосистем задача сохранения биологического разнообразия становится первоочередной. В районах Самарской области на долю агроэкосистем приходится от 50 до 90%. Сохранившиеся фрагменты природных экосистем подвергаются сильному антропогенному воздействию. На данный момент во флоре области насчитывается 258 редких и исчезающих видов растений (Красная книга..., 2003). Наша статья посвящена оценке морфометрических показателей рябчика шахматовидного (*Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fil.) и тюльпана Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil.) – исчезающих видов, включенных в Красную книгу Самарской области и значительное число Красных книг других регионов России и Украины. Биоэкологические особенности данных видов широко описаны в литературе (Губанов, 2003; Маевский, 2006; Терехов, 1969; Травянистые растения СССР, 1971) и уже рассматривались нами ранее (Котельникова, 2016а; 2016б).

Сбор образцов проводился в Красносамарском лесном массиве Самарской области (далее – КСЛ) в летний период 2012–2016 гг. на двух соседних площадях в квартале 80 (притеррасье) и в луговом сообществе поймы реки Самара, квартал 69. Ниже указана краткая характеристика учётных площадей сбора семян рябчика шахматовидного и тюльпана Биберштейна в КСЛ.

КСЛ, притеррасье, квартал 80, учётная площадь № 1

1) Рельеф местности: выровненный участок, 54 м над уровнем моря.

- 2) Тип растительности на площади: галофитная тростниково-лисохвосто-раннеосоковая (тростникововидная) ассоциация.
- 3) Площадь, занимаемая популяцией: 30 x 30 м.
- 4) Характер размещения экземпляров: рассеянный.
- 5) Подстилка – степной войлок, суглинистая почва, отмечено содержание С1 (>10мг/100 мл, десятые доли), рН 6,2.

КСЛ, притеррасье, квартал 80, учётная площадь № 2

- 1) Рельеф местности: выровненный участок, 54 м над уровнем моря.
- 2) Тип растительности на площади: узколистномятликовое сообщество.
- 3) Площадь, занимаемая популяцией: 30 x 30 м.
- 5) Характер размещения экземпляров: рассеянный.
- 6) Подстилка – степной войлок, суглинистая почва, рН 5,9.

Рябчик шахматовидный на учетных площадях был представлен исключительно генеративными особями. Показатель длины побега в пределах выборки варьировал в диапазоне от 18 см до 67 см, на учетной площади 1 – от 18 до 67 см (средн. 37 см), учетной площади 2 – от 26 до 55 см (средн. 40 см). Данное распределение вполне согласуется с приведенными в многочисленных источниках литературы значениями (20 – 60 см) (Артюшенко, 1979; Красная книга..., 2007; Красная книга..., 2012; Рябина, Князев, 2009). Ранжирование рядов данных и графиков их распределения (рис. 1) показало, что преобладающие значения длины побегов у особей рябчика в популяционной группе на пробной площади 1 слабо изменялись в зависимости от года вегетации.

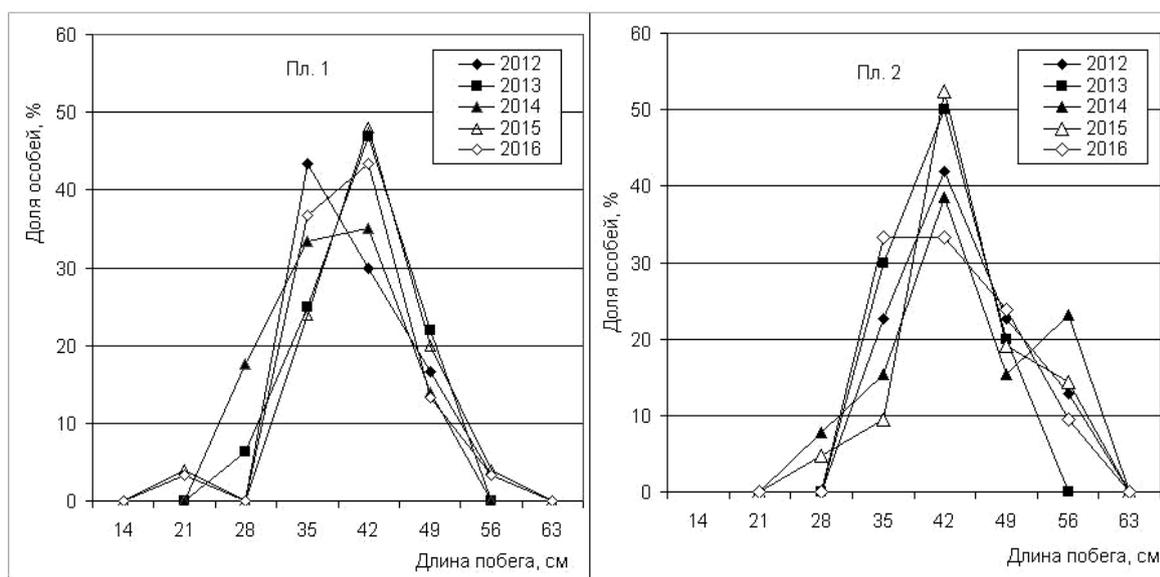


Рис. 1. Средняя длина побега у растений рябчика шахматовидного в модельных популяциях КСЛ

Для 2012, 2013 и 2015 гг. обнаруживалось одновершинное распределение, говорящее о выраженности группы растений со сходными морфометрическими показателями. В 2014 и 2016 гг. распределение носило плосковершинный характер, что можно расценить как нестабильность показателя.

Для популяционной группы на пробной площадке 2 доля растений с высотой побега около 42 см была максимальной во все годы, но в 2012, 2013 и 2015 гг. распределение характеризовалось одновершинностью, а в 2014 г. появился дополнительный (малый) максимум – группа более высоких растений (высота побега ок. 56 см). Это может означать, что в 2014 г. для части растений возникли условия, обеспечившие более активный рост цветonoсных побегов. Данное распределение вполне согласуется с приведенными в многочисленных источниках литературы значениями и свидетельствует о благоприятности условий в изучаемых модельных биотопах КСЛ. Коэффициент вариации находится в пределах 12–25%, что свидетельствует о достаточно высокой пластичности данного признака.

Тюльпан Биберштейна также представлен исключительно генеративными формами на учетных площадях. Показатель длины побега в пределах всей выборки варьирует в промежутке значений от 23 см до 50 см, на учетной площади 1 – от 23 до 47 см (среднее значение – 36 см), на учетной площади 2 – от 27 до 50 см (40 см). Сравнивая полученные результаты с литературными источниками, обозначающими максимальную высоту побега тюльпана в пределах 15-40 см (Рябинина, Князев, 2009; Кудрявцева, 1987, Терехов, 1969), можно отметить, что в квартале 80 значения показателя значительно превышают указанные в литературе (средняя высота достигает 36–40 см), наблюдается значительная доля высоких растений в изучаемых биотопах.

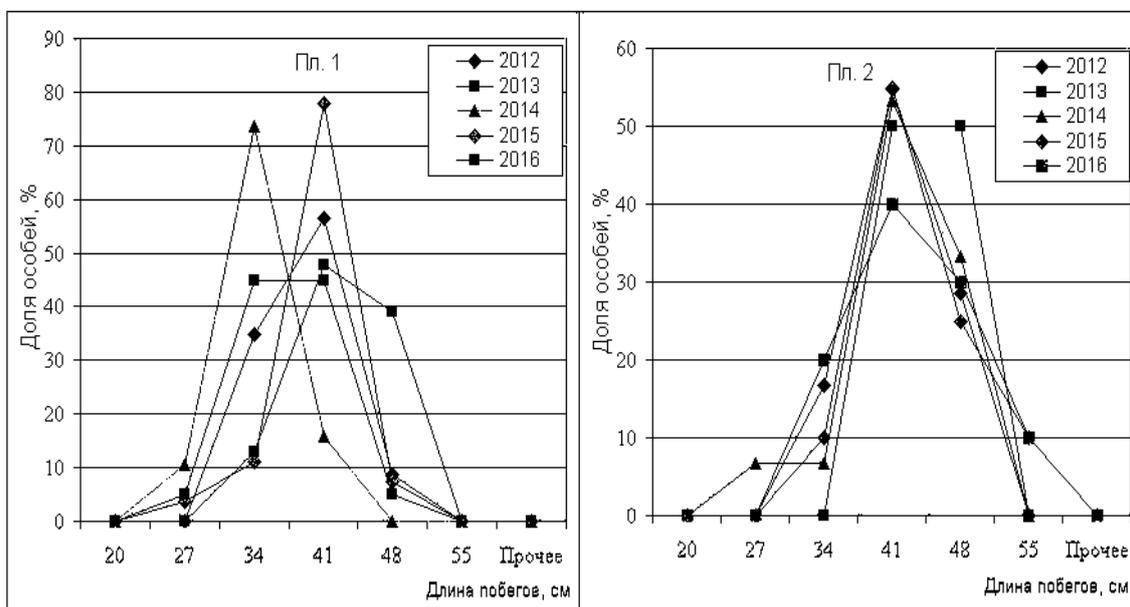


Рис. 2. Средняя длина побега растений тюльпана Биберштейна в модельных популяциях КСЛ

В 2012, 2013, 2015 и 2016 гг. отмечается преобладание числа особей с высотой побега около 41 см, в 2014 г. наибольшую долю составили особи с высотой в 34 см. В 2012 и 2013 гг. доля высоких растений составила 50–60% от общего числа особей, в 2015 г. данное количество достигло 80%. Для по-

пуляционной группы на пробной площади 2 доля растений с высотой побега около 41 см была максимальной во все годы, но в 2012–2016 гг. распределение характеризовалось одновершинностью, а в 2013 г. распределение носило плосковершинный характер, что можно расценить как нестабильность показателя. В 2013 г. появился дополнительный максимум – группа более высоких растений (высота побега ок. 48–50 см). Это может означать, что в 2014 г. повышенный тепловой режим и некоторая ограниченность увлажнения способствовали активному росту цветоносных побегов.

Таким образом, проанализировав динамику длины побега у растений двух видов, собранных в модельных насаждениях КСЛ, мы можем отметить пластичность показателя. Выборки вписываются в диапазон значений, указанный в литературе для различных частей ареала, при значительной доле «высоких» растений в обследованной популяции. Данный факт может свидетельствовать о благоприятности условий произрастания и возможности сохранения в составе растительных сообществ при отсутствии лимитирующих антропогенных факторов. Обе площади сбора рябчика и тюльпана являлись открытыми, поэтому различия в длине побега растений разных ценопопуляций, скорее всего, зависят от благоприятности почвенно-грунтовых условий биотопов (засоленности почв, содержания влаги и др.).

Литература

Артюшенко Э. Т. Род 16. Рябчик – *Fritillaria* L. // Флора европейской части СССР. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1979. Т. 4. С. 238–243.

Иллюстрированный определитель растений Средней России. Том 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные) / И. А. Губанов, К. В. Киселёва, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований. 2003. 457 с.

Котельникова М. Г. К оценке биоэкологических особенностей растений тюльпана Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Shult. et Shult. fil.) в модельных биотопах Красносамарского лесничества // Самарский научный вестник. 2016. № 3 (16). С. 30–35.

Котельникова М. Г. К оценке некоторых морфометрических показателей растений рябчика шахматовидного (*Fritillaria meleagroides* Partin ex Schult. et Schult. fill) с модельных биотопов Красносамарского леса // Приоритетные научные направления: от теории к практике: Матер. Междунар. конф. Новосибирск, 2016. С. 36–39.

Красная книга Курганской области. Издание 2-е. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. 215 с.

Красная книга Республики Башкортостан (объединенный том) / Под ред. А. А. Фаухудинова. Уфа: Полипак, 2007. 72 с.

Красная книга Самарской области. Т. 1. Редкие виды растений, лишайников и грибов / Под ред. чл.-корр. РАН Г.С. Розенберга и С. В. Саксонова. Тольятти: ИЭВБ РАН. 2003. 155 с.

Кудрявцева В. М. Тюльпаны. Минск: Полымя, 1987. 14 с.

Маевский П. Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 156 с.

Рябинина З. Н., Князев М. С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. М.: Товарищество научных изданий КМК., 2009. С. 152–153.

Терехов А. Ф. Определитель весенних и осенних растений Среднего Поволжья и Заволжья. Куйбышев: Куйбышевское книжное издательство, 1969. С. 395–396.

ПРИРОДНЫЕ ВИДЫ ИРИСОВ (*IRIS* L.) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ

Г. А. Волкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, mryabinina@ib.komisc.ru

В Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН собраны и изучаются интродуценты со всего мира: США, Канада, Франция, Германия, Италия, Белоруссия, Латвия и т.д. Они являются представителями, в основном, 10 родовых комплексов: *Allium* L. – Лук, *Astilbe* Buch.-Ham. – Астильба, *Heimerocallis* L. – Лилейник, *Hyacinthus* L. – Гиацинт, *Iris* L. – Ирис, *Lilium* L. – Лилия, *Narcissus* L. – Нарцисс, *Paeonia* L. – Пион, *Phlox* L. – Флокс, *Tulipa* L. – Тюльпан.

Род *Iris* насчитывает 250–300 видов травянистых корневищных многолетников, распространенных в северном полушарии. Один вид – *I. sibirica* L. – встречается в природной флоре Республики Коми (Волкова, 2016). Коллекция рода *Iris* Ботанического сада Института биологии насчитывает в настоящее время около 60 видов: сибирских, кавказских, дальневосточных, среднеазиатских и американских.

Интродукция дикорастущих природных видов является приоритетным направлением, так как многие из них обладают декоративными свойствами в не меньшей степени, чем их садовые формы и сорта, а потому могут быть рекомендованы для использования в озеленении.

Многие изучаемые виды ирисов еще не цвели, так как их сеянцы недавно выращены из семян, полученных по заявкам через делектусы. Например, *I. carthalinae* Fomin, родом с Кавказа, получен семенами из Уфы в 2011 г., *I. glaucescens* Bunge, родом из Сибири и Дальнего Востока, также получен в 2011 г. из Кемерово, а *I. pallasii* Fisch. ex Trev. получен из Саратова в 2015 г. и т. д.

Природные виды ирисов в интродукции на Севере цветут не регулярно. Наиболее массовое цветение почти всех видов наблюдалось в 2013 г., что можно объяснить благоприятными погодными условиями в предыдущем 2012 г., когда закладывались цветочные почки многолетников для цветения в следующем году. Так, сумма осадков за период вегетации в 2012 г. была максимальной за последние 15 лет – 577 мм (при средней 307 мм), а температура воздуха в сумме составила 2208 °С (при средней 1834 °С). Все показатели морфолого-биологических особенностей роста и развития ирисов в репродуктивной фазе развития показаны в таблице.

**Морфолого-биологические особенности интродуцированных
природных видов ирисов (род *Iris* L.) в коллекции Ботанического сада
Института биологии Коми НЦ УрО РАН**

№ п/п	Название вида	Географическое распространение	Откуда и когда получен образец	Дата начала цветения	Длина цветоноса, см	Число цветоносов на 1 растение, шт.	Кол-во цветков на цветоносе, шт.	Диаметр цветка, см	Окраска цветка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<i>I. alberti</i> Regel	Ср. Азия	Чебоксары, 2007	20.06	76,6	7,4	3,6	7,5	белокремовая
2	<i>I. aphylla</i> L.	Кавказ, В. Европа	Минск, Чебоксары, 2004	28.06	45,0	0,1	1,0	8,5	фиолетовая
3	<i>I. aurea</i> Lindl.	Гималаи	Чита, 2007	18.06	67,3	0,3	4,3	8,9	кремовая
4	<i>I. clarkei</i> Baker	Гималаи	Лейпциг, 2005	22.06	55,3	0,3	2,0	7,6	сиреневая
5	<i>I. chrysographes</i> Dykes	Западный Китай	Н. Новгород, 2009; Кемерово, 2011	18.06	60,1	1,4	2,7	7,0	белая с желтым основанием
6	<i>I. delavayi</i> Micheli	Китай	Самара, 2009	15.06	95,9	7,0	3,2	7,6	синяя
7	<i>I. demetrii</i> Achverd et Mirsoeva	Кавказ, В. Европа	Новосибирск, 2004	22.06	71,1	0,5	3,8	7,3	синеголубая
8	<i>I. dichotoma</i> Pall.	ДВ, Китай, Монголия	Чита, 2007; Лейпциг, 2010	20.06	70,6	0,7	3,4	7,0	синяя
9	<i>I. ensata</i> Thunb.	Сибирь, ДВ, Ср. Азия	Владивосток, 2008; ГБС, 2009	26.06	62,6	1,0	2,0	7,9	темнофиолетовая
10	<i>I. flavissima</i> Pall.	В. Европа	Н. Новгород, 2009	20.06	63,0	0,3	3,0	6,5	синевая

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	<i>I. graminea</i> L.	В. Европа	Минск, 2004	20.06	32,9	3,6	2,0	6,6	синефиолетовая
12	<i>I. halophilla</i> Pall.	В. Европа, Кавказ, Сибирь, ДВ	Новосибирск, 2003	22.06	84,3	1,0	4,0	8,5	желтая
13	<i>I. humilis</i> Georgi	В. Европа, Кавказ, Сибирь, ДВ	Чита, 2007	12.06	52,0	1,0	2,0	5,0	фиолетовая
14	<i>I. hungarica</i> Waldst. et Kit.	В. Европа, Кавказ	Саратов, 2005	03.06	36,0	1,0	3,5	8,5	фиолетовая
15	<i>I. ivanovae</i> V. Doronkin	В. Сибирь	Чита, 2007	15.06	74,8	3,0	3,0	7,3	синефиолетовая
16	<i>I. juncea</i> Poir.	–	Лейпциг, 2007, 2008, 2010	20.06	65,5	0,2	3,5	8,0	белая, синяя
17	<i>I. kaempferi</i> Sieb. et Lem.	ДВ, Япония, Китай	Саратов, 2005	18.06	101,5	7,0	4,2	7,8	голубая
18	<i>I. korejana</i> Nakai	В. Азия	Рабнау, 2009	20.06	64,0	0,2	5,0	7,2	синяя с белой штриховкой
19	<i>I. lactea</i> Pall.	В. Сибирь	Новосибирск, 2003; Якутск, 2010	20.06	62,0	0,4	2,0	5,5	светлосиреневая
20	<i>I. laevigata</i> Fisch. et Mey.	ДВ, В. Сибирь	Иркутск, 2006; Якутск, 2009	15.06	57,6	1,4	4,0	7,5	сине-голубая
21	<i>I. mandshurica</i> Maxim.	ДВ, Сибирь	Лейпциг, 2008, 2009	20.06	59,5	0,3	4,3	6,8	сине-голубая

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	<i>I. musulmanica</i> Fomin	Кавказ	Иркутск, 2006; Рига, 2007	23.06	89,7	0,3	3,0	9,0	кремовая
23	<i>I. notha</i> Bieb.	Кавказ	Лейпциг, 2007	15.06	95,5	0,9	6,0	9,0	желтая
24	<i>I. orientalis</i> Mill.	ДВ, Китай, Япония	Чита, 2007; Якутск, 2008	02.06	66,9	1,7	2,2	6,5	синефиолетовая
25	<i>I. prismatica</i> Pursh.	восток США	Лейпциг, 2005	01.06	86,9	4,1	3,6	6,2	светло-голубая
26	<i>I. pseudocorus</i> L.	В. Европа, Кавказ, Сибирь, ДВ	БИН, 1960-е гг.	18.06	76,6	4,3	7,4	7,1	желтая
27	<i>I. pumila</i> L.	В. Европа, Кавказ	Минск, 2004	20.05	25,4	0,7	3,0	8,3	темнофиолетовая
28	<i>I. reticulata</i> Bieb.	Кавказ	Пермь, 2002	30.04	11,5	0,7	1,0	4,1	фиолетовая
29	<i>I. sanguinea</i> Donn	В. Сибирь, ДВ	Владивосток, 2004	20.06	56,0	0,2	3,0	7,2	синяя с белой штриховкой
30	<i>I. scariosa</i> Vildl ex Link.	В. Европа	Якутск, 2003, 2007	20.06	37,0	1,5	4,0	9,0	вишнево-желтая
31	<i>I. setosa</i> Pall. ex Link.	В. Сибирь, ДВ	Чита, 2007; Благовещенск, 2010	20.06	44,0	0,9	4,6	7,3	светлосиняя
32	<i>I. sibirica</i> L.	В. Европа, Кавказ, Сибирь	Омск, 2001; Дрезден, 2007	15.06	78,0	5,1	3,2	9,0	сине-голубая
33	<i>I. sintenisii</i> Janka	В. Европа	БИН, 2003; Челябинск, 2011	04.06	87,9	3,0	2,6	7,5	синяя

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
34	<i>I. spuria</i> L.	Юж. и Ср. Европа	Лейпциг, 2005; Чита, 2007	30.06	84,0	0,4	3,0	8,7	белая с желтым пятном
35	<i>I. urumowii</i> Vell.	–	Чита, 2007	24.06	59,0	0,9	2,0	8,0	фиолетовая
36	<i>I. versicolor</i> L.	Северная Америка	Екатеринбург, 2012	20.06	66,4	1,1	3,3	9,5	синяя
37	<i>I. virginiana</i> L.	Юго-восток США	Лейпциг, 2009	20.06	63,7	1,8	2,1	7,0	синяя

Проблема продвижения культуры ирисов на Север, по существу, является проблемой, возникшей только в нашей стране с ее обширными регионами севера (Родионенко, 1988). Зимостойкость всех видов 100%.

Литература

Волкова Г. А. Интродукция представителей рода *Iris* L. на европейском Северо-Востоке // Материалы III Московского междунар. симпозиума по роду ирис «*Iris* 2016». М., 2016. С. 156–161.

Родионенко Г. И. Ирисы. Л.: ВО Агропромиздат. Ленинградское отделение. 1988. 160 с.

**ФЛОРИСТИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
НА ТРАВСТОЙ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ
НА СЕВЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

С. В. Любова, А. А. Шаманин

*Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова,
s.lyubova@narfu.ru*

Северные естественные пойменные луга сельскохозяйственного использования характеризуются видовым богатством травостоя. Они адаптированы к местным условиям обитания, к режиму использования, что обеспечивает высокую продуктивность, самовозобновление травостоя, сохраняет и улучшает его флористический состав. Выбор агротехнических приемов по уходу: внесение минеральных удобрений, режимы использования, определяются агроклиматическими и почвенными условиями и видовым составом травостоя.

По данным Д. Шпаара (2002) очень интенсивное использование (до 5 укосов или выпасов) естественных угодий возможно, если в травостое

не более 10–20 видов растений, при этом урожайность сухого вещества составляет 10–13 т/га. При увеличении количества до 50–75 видов в фитоценозе урожайность снижается до 1,5–3,0 т/га сухого вещества, а количество укосов за вегетационный период снижается до одного. Напряженность антропогенного воздействия на агрофитоценозы значительна, однако ее снижение или полное отсутствие приводит к деградационным процессам, окультуренный фитоценоз возвращается в состояние близкое к природному (Любова, Шаманин, 2015).

С. Е. Бабенко (2006) выявлена различная способность растений лугов поглощать элементы минерального питания и использовать их на построение своих органов, что связано с неодинаковой степенью развитости поглощающей части корневой системы в поверхностном слое почвы и способностью поглощения корнями элементов из почвы. Лучше отзываются на внесение удобрения растения с пластичной и горизонтально распространившейся корневой системой, способной увеличить площадь тонких корней, в первую очередь, это травы с корневищной корневой системой. По этому признаку злаковые травы имеют явное преимущество перед бобовыми, а длиннокорневищные виды перед короткокорневищными и рыхлокустовыми злаками.

Цель исследований – установить влияние воздействия агротехнических приемов на флористический состав и продуктивность пойменных лугов сельскохозяйственного использования на севере Архангельской области. Задачи исследований установить влияние азотных удобрений и режима скашивания на соотношение хозяйственно-ботанических групп трав и продуктивность.

Объект исследований – естественный разнотравно-злаковый луг в пойме реки Северная Двина. Рельеф территории холмистый. Почвы исследуемого участка центральной поймы среднего уровня – дерново-луговые средне-суглинистые на аллювиальных отложениях. Дернина плотная, верхний слой почвы густо пронизан корневой системой. Мощность гумусового горизонта 20 см, содержание гумуса 2,5%, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия повышенная, обменная кислотность – среднекислая.

Методика исследований. Схема полевого опыта включала следующие варианты: 1) контроль (без применения удобрения), 1 укос в фазу цветения злаковых трав; 2) внесение азотных удобрений в дозе 30 кг д.в./га (N_{30}) весной по отрастанию злаковых трав, 1 укос в фазу цветения; 3) внесение азотных удобрений в дозе 60 кг д.в./га (N_{60}) весной по отрастанию, 1 укос в фазу цветения; 4) без применения удобрения, 2 укоса в фазу цветения (конец июня, начало августа); 5) внесение азотных удобрений в дозе по 30 кг д.в./га (N_{30}) весной по отрастанию и летом после первого укоса, 2 укоса в фазу цветения (конец июня, начало августа); 6) внесение азотных удобрений в дозе по 60 кг д.в./га (N_{60}) весной по отрастанию и летом после первого укоса, 2 укоса в фазу цветения (конец июня, начало августа).

Опытная делянка квадратной формы площадью 16 м². Ширина защитных полос между делянками – 1 м, для того чтобы корневые системы растений не использовали питательные вещества минеральных удобрений с сосед-

них делянок. Опытный участок располагался на склоне холма крутизной 3 градуса, такой рельеф типичен для лугов сельскохозяйственного использования данной территории. Расположение повторений опыта вдоль склона, повторность четырехкратная.

В процессе исследований проводили наблюдения за фенологическими фазами роста и развития растений – доминантов травостоя, измеряли высоту травостоя, с периодичностью 10 дней. Определяли перед укосами проективное покрытие визуально. Скашивание трав для определения продуктивности травостоя проводили в фазу цветения злаковых доминантов. Проводили скашивание с учетных площадок площадью 0,25 м², в трехкратной повторности на делянке, затем скашивали травы со всей опытной делянки, и проводили взвешивание биомассы. Травы с учетных площадок разбирали по хозяйственно-биологическим группам и по видам, взвешивали и рассчитывали участие группы и каждого вида (%).

Внесение удобрений проводили весной по отрастанию травостоя в начале мая и летом после первого укоса – конец июня. Вносили аммиачную селитру с содержанием действующего вещества азота 35,5%. Удобрение вносили поверхностно, рассчитав норму в соответствии с площадью делянки. После внесения травостой бороновали легкой бороной с целью заделки удобрений и снижению потерь питательного вещества.

Результаты исследований. Флористический состав исследуемого луга распределяется на три основные хозяйственно-ценные группы. Злаковые травы: ежа сборная *Dactylis glomerata*, овсяница луговая *Festuca pratensis*, луговик дернистый *Deschampsia cespitosa*; бобовые травы: чина луговая *Lathyrus pratensis* L., горошек мышиный *Vicia cracca*, клевер луговой *Trifolium pratense*, астрагал луговой *Astragalus danicus* L.; разнотравье: купырь лесной *Anthriscus sylvestris* L., сныть обыкновенная *Aegopodium podagraria* L., лютик едкий *Ranunculus acris* L., манжетка обыкновенная *Alchemilla vulgaris*, одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale*, незабудка мелкоцветковая *Myosotis arvensis*, герань лесная *Geranium pratense*, таволга вязолистная *Aegopodium podagraria* L., пикульник красивый *Galeopsis speciosa*.

Проективное покрытие отдельных видов и хозяйственно–ботанических групп трав определяли в фазу цветения доминантов травостоя перед скашиванием (1 укос – 20 июня, 2 укос – 5 августа). Доля участия в среднем по опыту злаковые травы – 65–70%, бобовые – 10–25%, разнотравье – 15–28%.

Срок скашивания травостоя определяли по доминантному преобладающему виду злаковых трав в злаковом и злаково-разнотравном травостоях. Ранее скашивание в системе сенокосооборота положительно влияло на изменение флористического состава травостоя. Снижалась засоренность *Ranunculus acris* и малолетниками, у которых исключалась возможность образования генеративных органов и обсеменения. При ранних сроках скашивания создавались благоприятные условия для развития растений с высокой отавностью: *Festuca pratensis*, *Dactylis glomerata*.

Внесение азотных удобрений положительно повлиял на повышение продуктивности травостоя (табл.), особенно значительная прибавка урожая отмечена при двухукосном использовании. Максимальное повышение продуктивности отмечено при внесении удобрений в дозе 60 кг д.в./га.

Значительные прибавки биомассы во втором укосе, в большей степени связаны с влиянием метеорологических условий. Май – июнь характеризовались неблагоприятными условиями: из-за незначительного количества осадков в мае и холодной погоды в первой декаде июня, что снижало эффективность применения азотных удобрений. Вторая половина вегетационного периода была значительно благоприятнее, повышенные температуры и достаточное количество влаги оказали положительное воздействие на рост и развитие травостоя.

Таблица

**Влияние внесения азотных удобрений и режима скашивания
на продуктивность трав пойменного луга**

Вариант опыта		Продуктивность, т/га			
		за 1 укос	за 2 укос	за вегетационный период	прибавка в сравнение с контролем
Одноукосное использование	без N*	12,96	–	12,96	–
	N ₃₀	14,08	–	14,08	1,12
	N ₆₀	14,28	–	14,28	1,32
Двухукосное использование	без N	12,89	9,25	22,14	9,18
	N ₃₀	13,09	10,08	23,17	10,21
	N ₆₀	16,25	11,28	27,73	14,77
		S _x		0,97	

Примечание: * – контроль.

Влияние антропогенного фактора на продуктивность и флористический состав пойменного луга значительно, однако для того чтобы изменения были экономически целесообразными необходимо чтобы воздействие человека носило системный характер, и не нарушало связи в агроэкосистемах.

Литература

Бабенко С. Е. Адаптивная технология использования пойменных фитоценозов (рекомендации). Матигоры: ХОСЖиР, 2006. 11 с.

Любова С. В., Шаманин А. А. Изменения в фитоценозах пойменных лугов под воздействием антропогенного фактора // Экологические проблемы Арктики и северных территорий. Архангельск, 2015. Выпуск 18. С. 71–73.

Шпаар Д. Производство грубых кормов. Торжок: ООО «Вариант», 2002. Книга 2. С. 114–115.

ИЗУЧЕНИЕ ЛУГОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В п. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Домнина

*Вятский государственный университет,
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

К лугам относят растительные сообщества, основу которых составляют многолетние травянистые растения-мезофиты, требующие для своего развития умеренно влажные и умеренно богатые сравнительно теплые почвы с достаточной аэрацией. Луга свойственны преимущественно лесной зоне. Почти все они возникли в результате деятельности человека – уничтожения лесной растительности с последующей расчисткой лесосек и превращением их в сенокосы или пастбища. При прекращении хозяйственных мероприятий луга снова зарастают лесом.

На территории Оричевского района Кировской области расположен объект уничтожения химического оружия (ОУХО). На 35 постоянных пробных площадях с 2004 г. ведется мониторинг растительности, в том числе на одиннадцати из них – мониторинг луговой растительности (рис.). На всех участках мониторинга хозяйственная деятельность отсутствует.

Целью нашей работы было изучение изменения луговых сообществ под влиянием внешних факторов среды.

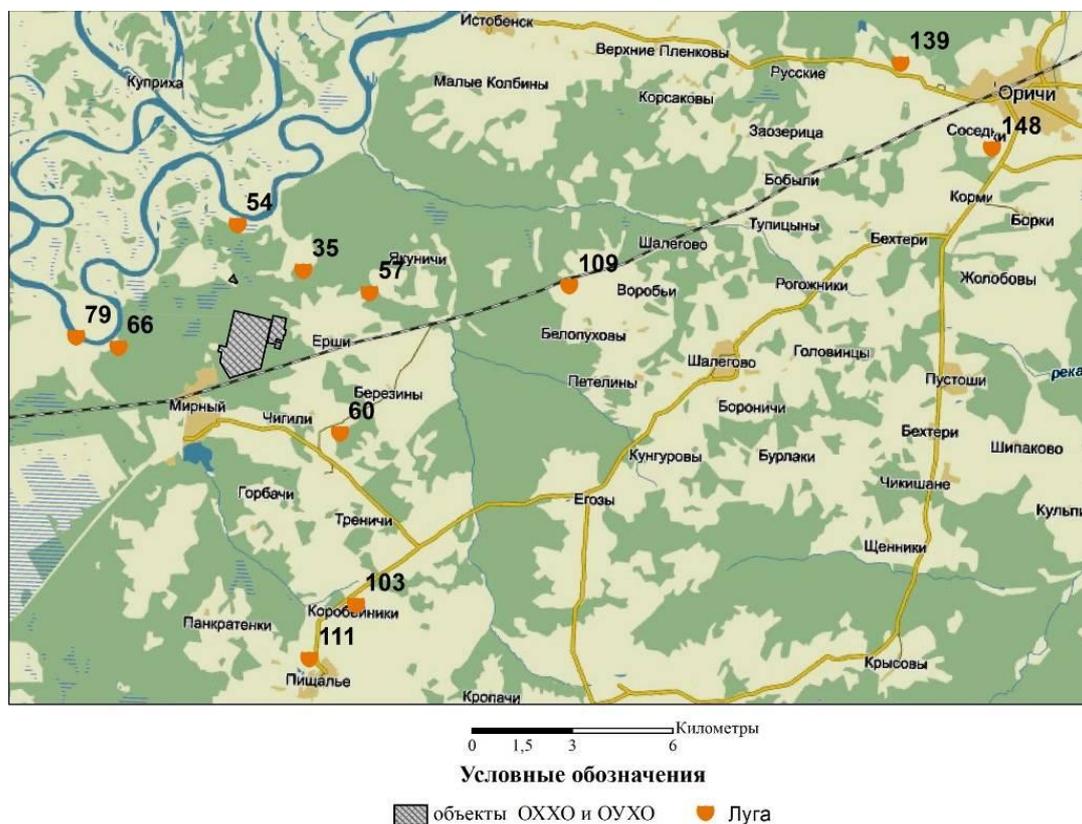


Рис. Карта-схема расположения участков мониторинга

Геоботаническое описание растительности на участках мониторинга проводили с использованием стандартных методик (Ипатов, 1998, Шенников, 1968) в период наиболее активного роста и развития растений (середина июля). Практически на всех участках растительность описывали в течение 11–12 лет. Были определены виды, которые ежегодно встречаются на каждом участке, а так же виды, которые встречаются на участке периодически.

Изучение растительности на участке № 35 проводили с 2005 г. В период с 2005 по 2015 год ассоциация овсяница гигантская + валериана аптечная сменилась на ассоциацию бодяк щетинистый + василистник желтый + осока черная.

Проективное покрытие травостоя в период мониторинга имело значения 60–98%. Из 61 вида, выявленного на участке, ежегодно отмечались овсяница гигантская (*Festuca gigantea* (L.) Vill.), валериана аптечная (*Valeriana officinalis* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), осока черная (*Carex nigra* (L.) Reichard), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Besser) – всего 6 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались периодически.

В промежуток с 2005 по 2015 гг. на участке № 54 ассоциация бодяк щетинистый + двукосточник тростниковый изменилась незначительно.

Проективное покрытие травостоя составляло 60–90%. Из 42 видов ежегодно отмечены бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), двукосточник тростниковый (*Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), подмаренник северный (*Galium boreale* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub), будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.) – всего 6 видов. Остальные виды на площадке мониторинга регулярно отмечены не были.

На участке № 57 исследование проводили в период с 2005 по 2015 гг. Ассоциация тысячелистник обыкновенный + нивяник обыкновенный + звербой пятнистый сменилась на ассоциацию овсяница луговая + душистый колосок обыкновенный + земляника обыкновенная.

Проективное покрытие травостоя составляло 45–80%. Из 80 видов ежегодно отмечены нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), колокольчик слабый (*Campanula patula* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), полевица тонкая (*Agrostis tenuis* Sibth.), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), земляника обыкновенная (*Fragaria vesca* L.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.) – всего 12 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались в отдельные годы.

Изучение растительности на участке № 60 проводили с 2004 г. За весь исследованный промежуток времени ассоциация значительно не изменилась. В период с 2004 по 2015 гг. ассоциация луговик дернистый + тимopheевка лу-

говая + чина луговая сменилась на ассоциацию ежа сборная + луговик дернистый + зверобой пятнистый.

Проективное покрытие травостоя составляло 70–99%. Из 80 видов ежегодно отмечены луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), лютик едкий (*Ranunculus acris* L.), зверобой пятнистый (*Hypericum maculatum* Crantz), манжетка (*Alchemilla* sp.), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), осока заячья (*Carex leporina* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.) – всего 11 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались не регулярно.

На участке № 66 изучение растительности проводили с 2004 г. За весь исследованный промежуток времени ассоциация значительно не изменилась. В период с 2004 по 2015 гг. ассоциация лисохвост луговой + овсяница луговая сменилась на ассоциацию лисохвост луговой + пырей ползучий + птармика хрящеватая + таволга обыкновенная.

Проективное покрытие травостоя составляло 70–99%. Из 62 видов ежегодно отмечены овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds), вербейник монетный (*Lysimachia nummularia* L.), подмаренник северный (*Galium boreale* L.), щавель кислый (*Rumex acetosa* L.), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), таволга обыкновенная (*Filipendula vulgaris* Moench), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), очиток пурпурный (*Hylotelephium trifillum* (Haw.) Holub), будра плющевидная (*Glechoma hederacea* L.) – всего 11 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались периодически.

В период с 2004 по 2015 гг. на участке № 79 ассоциация тростник обыкновенный + лисохвост луговой + тимopheевка луговая сменилась на ассоциацию кострец безостый + тимopheевка луговая.

Проективное покрытие травостоя составляло 65–99%. Из 37 видов ежегодно отмечены кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), подмаренник северный (*Galium boreale* L.), борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum* L.) – всего 6 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались в отдельные годы.

Изучение растительности на участке № 103 проводили с 2004 г. Ассоциация в период с 2004 по 2015 гг. сменилась с клевер луговой + клевер гибридный + полевица тонкая на ассоциацию хвоц полевой + ежа сборная.

Проективное покрытие травостоя составляло 70–95%. Из 69 видов ежегодно отмечены чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.),

одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), герань луговая (*Geranium pratense* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), пастернак посевной (*Pastinaca sativa* L.), лютик едкий (*Ranunculus acris* L.), полевица тонкая (*Agrostis tenuis* Sibth.) – всего 13 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались не регулярно.

На участке № 109 за период с 2004 по 2015 гг. изменилась значительно. Ассоциация пырей ползучий + мать-и-мачеха обыкновенная + тимофеевка обыкновенная сменилась на ассоциацию клевер средний + земляника обыкновенная.

Проективное покрытие травостоя составляло 60–100%. Из 79 видов ежегодно отмечены мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), клевер средний (*Trifolium medium* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), звездчатка злаковая (*Stellaria graminea* L.) – всего 6 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались периодически.

Изучение растительности на участке № 111 проводили с 2004 г. За весь исследованный промежуток времени ассоциация изменилась незначительно. В период с 2004 по 2015 гг. ассоциация тимофеевка луговая + бедренец камнеломка сменилась на ассоциацию клевер средний + мятлик узколистный + бедренец камнеломка.

Проективное покрытие травостоя составляло 70–95%. Из 97 видов ежегодно отмечены тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), бедренец камнеломка (*Pimpinella saxifraga* L.), подорожник средний (*Plantago media* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), лютик едкий (*Ranunculus acris* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), звездчатка злаковая (*Stellaria graminea* L.), колокольчик слабый (*Campanula patula* L.), манжетка (*Alchemilla* sp.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.) – всего 12 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались периодически.

За весь исследованный промежуток времени с 2004 по 2015 гг. на участке № 139 ассоциация изменилась значительно. Ассоциация луговик дернистый + тимофеевка луговая + овсяница луговая сменилась на ассоциацию клевер луговой + хвощ полевой + осока коротковолосистая (мохнатая).

Проективное покрытие травостоя составляло 80–98%. Из 59 видов ежегодно отмечены луговик дернистый (*Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), подорожник средний (*Plantago media* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys* L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Bess.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), манжетка (*Alchemilla* sp.) – всего 13 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались в отдельные годы.

Изучение растительности на участке № 148 проводили с 2005 г. За весь исследованный промежуток времени изменилась ассоциация с пырей ползучий + одуванчик лекарственный на ассоциацию клевер средний + ежа сборная.

Проективное покрытие травостоя составляло 40–80%. Из 78 видов ежегодно отмечены одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), подмаренник мягкий (*Galium mollugo* L.), зверобой пятнистый (*Hypericum maculatum* Crantz), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) – всего 8 видов. Остальные виды на площадке мониторинга встречались не регулярно.

В соответствии с классификацией А. П. Шенникова (1941) основанной на различиях видового состава описанные луга были отнесены к следующим типам: настоящие крупнозлаковые луга – участки 54, 79; настоящие крупнозлаково-разнотравные – участки 60, 66, 103, 148; настоящие мелкозлаковые – участок 54; настоящие мелкозлаково-разнотравные – участок 109, настоящие мелкозлаково-разнотравные – 111. Болотистые мелкоосоковые луга – участки 35 и 139.

Преобладание настоящих лугов в районе исследований обусловлено их происхождением. Они сформировались, в основном, на залежах или бывших сеяных лугах.

Отсутствие хозяйственного использования (сенокос или пастьба) привело в данный период к формированию настоящих лугов, находящихся в рыхлокустовой стадии развития, и лишь в некоторых случаях – болотистых лугов.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Ипатов В. С. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 93 с.

Шенников А. П. Луговедение. Л.: Изд-во ЛГУ, 1941. 509 с.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

ОХРАНЯЕМЫЕ РАСТЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ООПТ «АТАРСКАЯ ЛУКА»

Е. В. Рябова, В. М. Рябов

Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru

Изучение флоры на перспективной особо охраняемой природной территории «Атарская Лука» проводили в период с 28 по 31 июля 2016 г. Были обследованы лесные и луговые биотопы участка поймы и

надпойменных террас р. Вятки от карьера «Приверх» до с Петропавловское в пределах Советского района. Исследования в большей степени носили рекогносцировочный характер. В результате на данном участке было выявлено произрастание трех видов высших сосудистых растений включенных в Красную книгу Кировской области (Красная..., 2014).

Живокость клиновидная – *Delphinium cuneatum* Stev. ex DC.

I категория – вид, находящийся под угрозой исчезновения (Красная..., 2014). В Кировской области отмечен в Малмыжском и Советском районах (Красная..., 2014, Тарасова, 2007). Нами была обнаружена ценопопуляция живокости клиновидной в нижней части склона южной экспозиции оврага у б.д. Валигино. Площадь ценопопуляции, включающей в себя около 40 растений, находящихся в фазе плодоношения, составляла 110 квадратных метров. Вид на данной территории ранее не отмечали.

Колокольчик болонский – *Campanula bononiensis* L.

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014). В Кировской области произрастает в Вятскополянском, Малмыжском и Уржумском районах (Красная..., 2014). На исследуемой территории вид ранее не был отмечен. Колокольчик болонский нами был встречен 30 июля 2016 г. в овраге у б.д. Валигино. Растения (6 особей) произрастали на небольшой поляне естественного происхождения в средней части южного склона.

Венерин башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* L.

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014). Занесен в Красную книгу Российской Федерации (Красная..., 2008). Вид на данной территории ранее отмечали (Ворончихин, 1996). Башмачок настоящий нами был обнаружен на склоне облесенной (ельник сложный) третьей надпойменной террасы. На площади в 600 квадратных метров было обнаружено 5 вегетирующих и 8 плодоносящих особей.

Кроме того, нами так же был обнаружен один вид грибов, включенный в Красную книгу Кировской области.

Гиропорус синеющий, синяк – *Gyroporus cyanescens* (Bull.: Fr) Quel.

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014). Отмечен на территории Советского района (Красная..., 2014), а так же в окрестностях бывшего с. Атары (Ворончихин, 1996). Нами синяк был обнаружен 29 июля в верхней части облесенного (сосново-березовый приспевающий лес) берегового обрыва р. Вятки у ур. Вершигоровский утес.

Литература

Ворончихин Е. И. По Вятскому краю. Путеводитель по примечательным объектам природы. Ч. I. Киров. 1996. 255 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е. / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.

Тарасова Е. М. Флора Государственного природного заказника «Пижемский». Ч. 1. Немдинский комплекс. Киров. 2007. 192 с.

РЕДКИЕ СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР» И ИХ ОХРАНА

Т. В. Казакова, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный университет,
tanechka.kazakov@mail.ru, botany@vshu.kirov.ru

Одним из наиболее ценных и интересных памятников природы Кировской области является «Медведский бор», расположенный на древних песчаных материковых дюнах, с ярко выраженным карстовым рельефом: здесь много воронок, провалов, озёр. Бор находится на территории Медведского участкового лесничества Нолинского лесничества. Охраняемая площадь 6921,05 га, в составе которой 55 кварталов, раскинувшихся по второй и третьей надпойменной террасам левого берега реки Вятки, расположенной у пос. Медведок Нолинского района Кировской области (Соловьев, 1986). Памятник природы представляет собой реликтовый сосновый бор с наличием в середине XX века более 30 видов степных растений: *Centaurea sumensis* Kalen., *Gypsophila paniculata* L., *Dianthus arenarius* L. и др. (Фокин, 1929).

В настоящее время на особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Медведский бор» выявлено 574 вида сосудистых растений (Тарасова, 2001), среди которых 23 редких и исчезающих вида (Красная книга Кировской области, 2014). Флора охраняемых растений включает, главным образом, степные виды (*Dianthus borbasii* Vandas., *Dianthus arenarius* L., *Gypsophila paniculata* L., *Silene borysthenica* (Grun.) Walters., *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht., *Centaurea sumensis* Kalen., *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb.) и представителей сем. *Orchidaceae* (*Cypripedium guttatum* Sw., *Cypripedium calceolus* L. *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Cephalanthera rubra* (L.) Rich., *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br.).

В связи с длительным охранным режимом (с 1962 г.) хозяйственная деятельность на ООПТ «Медведский бор» была запрещена и в настоящее время сосновые леса претерпели изменения. Они преобразуются в елово-сосновые, сосново-еловые и еловые сообщества (Савиных и др., 2014). Это привело к смене условий существования многих редких видов растений. Одним из основных факторов является изменение освещенности под пологом леса с 0,4–0,5 до 0,7–0,8. Это является причиной выхода степняков на опушки, лесные дороги, линии ЛЭП, то есть места наиболее благоприятные для произрастания видов. Часть степных видов уже сейчас не удастся обнаружить на территории Медведского бора – исчезли *Stipa pennata* L. и *Helichrysum arenarium* (L.) Moench.

Целью данной работы является анализ встречаемости редких и исчезающих видов растений на территории памятника природы «Медведский

бор». Был приведен анализ Красных книг Кировской области 2001 и 2014 гг. (табл.).

Таблица

**Сравнительная характеристика охраняемых видов растений
Красных книг 2001 и 2014 гг.**

2001	Статус	2014	Статус
1	2	3	4
Семейство Мятликовые (Злаковые) <i>Poaceae</i>			
Ковыль перистый <i>Stipa pennata</i> L.	II	Ковыль перистый <i>Stipa pennata</i> L.	II
Тонконог сизый, Калерия сизая <i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC. s.L.	III	Тонконог сизый, Калерия сизая <i>Koeleria glauca</i> (Spreng.) DC. s.L.	III
Овсяница Полеская <i>Festuca polesica</i> Zapal.	III	В приложении	
Семейство Осоковые <i>Cyperaceae</i>			
Осока Богемская <i>Carex bohemica</i> Schreb.	III	Осока Богемская <i>Carex bohemica</i> Schreb.	II
Семейство Орхидные (Ятрышниковые) <i>Orchidaceae</i>			
Венерин башмачок пятнистый <i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	III	Венерин башмачок пятнистый <i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	III
Венерин башмачок настоящий <i>Cypripedium calceolus</i> L.	III	Венерин башмачок настоящий <i>Cypripedium calceolus</i> L.	III
Гнездовка настоящая <i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich.	III	Гнездовка настоящая <i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich.	III
Дремлик болотный <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz.	III	Дремлик болотный <i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz.	III
В приложении		Кокушник длиннорогий <i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R. Br.	III
Пыльцеголовник красный <i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich.	III	Пыльцеголовник красный <i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich.	III
Семейство Гвоздичные <i>Caryophyllaceae</i>			
Отсутствует		Смолевка днепровская <i>Silene borysthena</i> (Grun.) Walters.	III
Качим метельчатый <i>Gypsophila paniculata</i> L.	IV	Качим метельчатый <i>Gypsophila paniculata</i> L.	III
Гвоздика Борбаша <i>Dianthus borbashii</i> Vandas.	III	Гвоздика Борбаша <i>Dianthus borbashii</i> Vandas.	III
Гвоздика песчаная <i>Dianthus arenarius</i> L.	IV	Гвоздика песчаная <i>Dianthus arenarius</i> L.	II
Семейство Кувшинковые <i>Nymphaeaceae</i>			
Отсутствует		Кувшинка четырехгранная <i>Nymphaea tetragona</i> Georgi.	III
Семейство Лютиковые <i>Ranunculaceae</i>			
В приложении		Прострел желтеющий <i>Pulsatilla flavescens</i> (Zucc.) Juz.	III
Семейство Розоцветные <i>Rosaceae</i>			
Лапчатка распростертая <i>Potentilla humifusa</i> Willd. ex Schlecht.	IV	Лапчатка распростертая <i>Potentilla humifusa</i> Willd. ex Schlecht.	III

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Семейство Водяниковые <i>Empetraceae</i>			
Водяника черная <i>Empetrum nigrum</i> L. (incl. E. hermaphroditum Hagerup)	III	Водяника черная <i>Empetrum nigrum</i> L. (incl. E. hermaphroditum Hagerup)	III
Семейство Зонтичные (Сельдереевые) <i>Umbelliferae (Apiaceae)</i>			
Синеголовник плоский <i>Eryngium planum</i> L.	III	Синеголовник плоский <i>Eryngium planum</i> L.	III
Семейство Сложноцветные (Астровые) <i>Compositae (Asteraceae)</i>			
Цмин песчаный <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench.	III	Цмин песчаный <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench.	I
Наголоватка васильковая <i>Jurinea cyanooides</i> (L.) Reichenb.	III	Наголоватка васильковая <i>Jurinea cyanooides</i> (L.) Reichenb.	III
Василек сумской <i>Centaurea sumensis</i> Kalen.	III	Василек сумской <i>Centaurea sumensis</i> Kalen.	III
Отсутствует		Посконник коноплевый <i>Eupatorium cannabinum</i> L.	III
Отсутствует		Серпуха венценосная <i>Serratula coronata</i> L.	III

Примечание: выделения темного цвета указывают на виды, не обнаруженные в настоящее время во флоре памятника природы.

Из таблицы видно, что число охраняемых видов, произрастающих на территории памятника природы по второму изданию региональной Красной книги увеличилось на шесть. Дополнительно включены в состав редких видов: *Silene borysthena* (Grun.) Walters., *Nymphaea tetragona* Georgi., *Pulsatilla flavescens* (Zucc.) Juz., *Eupatorium cannabinum* L., *Serratula coronata* L. Все эти виды имеют III категорию охраны, как виды с естественной невысокой численностью, встречающиеся на ограниченной территории (или акватории) или спорадически распространенные на значительных территориях (или акваториях), для выживания которых необходимо принятие специальных мер охраны.

Часть краснокнижных видов известны только по гербарным сборам середины прошлого века, сейчас их не удастся обнаружить: *Eryngium planum* L. и *Empetrum nigrum* L. и др. Напротив *Dianthus fischeri* Spreng и *Epipogium aphyllum* Sw. встречаются во флоре Медведского бора, но даже во 2-м издании Красной книги они не указаны.

Pulsatilla flavescens (Zucc.) Juz., *Gymnadenia conopsea* (L.) R. Вр. включены в состав редких видов 2-ого издания, тогда как в первом выпуске Красной книги они были в составе Приложения к ней. Напротив, была исключена из состава редких видов *Festuca polesica* Zapal. (III категорию охраны) и сейчас переведена в Приложение Красной книги Кировской области (2014).

Всего во флоре Медведского бора представлены редкие виды из 10 семейств, наиболее богаты видами семейства *Orchidaceae* (6), *Asteraceae* (5) и *Caryophyllaceae* (4), остальные семейства включают по 1 виду. Всего красно-

книжные виды составляют 4,0% от общего числа видов флоры Медведского бора (2014).

У некоторых редких видов изменилась охранная категория, например, повысился статус у *Carex bohemica* Schreb., *Potentilla humifusa* Willd. ex Schlecht., *Gypsophila paniculata* L., *Dianthus arenarius* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench (табл., рис.).

14 видов флоры Медведского бора внесены в Приложение № 2 второго издания Красной книге Кировской области (2014), как виды, нуждающиеся в контроле за состоянием популяций: *Atragene sibirica* L., *Anemone patens* (L.) Mill., *Lathyrus palustris* L., *Delphinium elatum* L., *Nymphaea candida* J.Preslet C.Presl, *Galatella rossica* Novopokr., *Galatella rossica* Novopokr., *Iris sibirica* L., *Dactylorhiza fuchsia* (Druce) Soo., *Dactylorhiza incarnate* (L.) Soo., *Platanthera bifolia* (L.) Rich., *Phleum phleoides* (L.) H. Karst., *Festuca polesica* Zapal., *Campanula trachelium* L. (Соловьев, 1986).

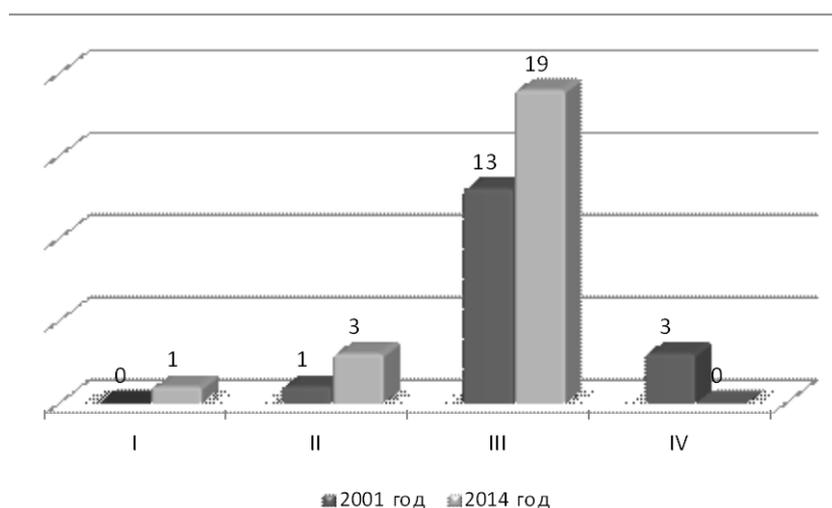


Рис. Распределение редких видов флоры Медведского бора по категориям охраны 2001 и 2014 гг.

Всего уязвимых видов (редких и нуждающихся в контроле за состоянием популяций) произрастающих на территории Медведского бора 6,4% от общего числа флоры данной территории (Красная книга Кировской области, 2014).

Современная трансформация сосновых лесов в другие типы приводит к хорошему возобновлению подроста ели, березы, которые под пологом леса создали достаточно сильное затенение. Тем не менее, видовой состав охраняемых видов еще сохраняется в «окнах», по обочинам лесных дорог и по краю леса. Для сохранения биоразнообразия региона необходимо исключение подроста ели и березы из состава древостоя для сохранения степных элементов. В результате создать фитоценоз с достаточной освещенностью для произрастания редких травянистых видов.

Литература

Красная книга РСФСР (растения). М.: Росагропромиздат, 1988. 590 с.

Красная книга Кировской области: Животные, растения, грибы / Под ред. Л. Н. Добринского, Н. С. Корытина. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. 288 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы / Под ред. Барановой и др. Киров: Изд. 2-е ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Савиных Н. П., Пересторонина О. Н. Степной элемент во флоре Кировской области // Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана: Сб. статей Междунар. науч. конф., посвященная 140-летию со дня рождения И. И. Спрыгина. Пенза, 2013. С. 113–114.

Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Видякин А. И., Гальвас А. Г. Основы устойчивого сохранения остепненных боров в пределах особо охраняемых природных территорий // Вестник Костромского государственного ун-та им. Н. А. Некрасова. Т. 20. № 7. 2014. С. 62–65.

Соловьев А. Н. Сокровища Вятской природы. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отделение, 1986. 159 с.

Тарасова Е. М. Государственный памятник природы Медведский бор // О состоянии окружающей природной среды в Кировской области в 2001 г.: Региональный доклад. Киров, 2001. С. 131–143.

Фокин А. Д. Краткий очерк растительности Вятского края // Вятский край: В помощь учителю. Вятка, 1929. С. 1–20.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ФЛОР И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «БЕЛАЕВСКИЙ БОР»

Н. М. Зимонина

Вятский государственный университет, zimonina.nata@mail.ru

Белаевский бор имеет площадь около 2 тыс. га и расположен на территории Нолинского района в юго-восточной части Кировской области. Белаевский бор имеет статус комплексного (ландшафтного) регионального памятника природы с 1997 г. В 2008 г. Белаевский бор был передан в аренду ООО «Нолинская лесопромышленная компания», с сохранением статуса памятника природы, с ведением лесного хозяйства. Первые подробные сведения о растительности Белаевского бора собраны и оформлены О. Н. Пересторониной (Чепурнов и др., 2015).

Цель работы: дополнить имеющуюся информацию о флоре и растительности исследуемой территории во временной естественной и антропогенной динамике. В число задач исследования входили: определение видового состава наиболее массовых видов растений территории; характеристика наиболее распространённых ассоциаций растительности; выявление редких и охраняемых видов растений; выявление доминирующих видов почвенных водорослей, активно осваивающих фоновые и антропогенно-нарушенные местообитания.

Исследования растительности и флоры проводили по общепринятой геоботанической методике на маршруте, 29–31 июля 2016 г. Пробные площадки размером (20x20) м² закладывали на разных элементах рельефа.

В соответствии с ботанико-географическим делением, Кировская область входит в состав Уральско-Западносибирской провинции Европейской

таежной хвойно-лесной области, территория исследования относится к подзоне южной тайги.

На территории Белаевского бора исследована **ассоциация сосняка зеленомошного подмаренникового (антропогенно-нарушенного)**. Ассоциация находится в юго-западной части бора и занимает древнеэоловый подтип местности, мезорельеф включает эоловые бугры и дюны и междюнные котловины (Чепурнов и др., 2015). В сосняке-зеленомошнике сомкнутость крон древостоя составляет 0,2. Среднее расстояние между деревьями 6 и более метров. Одноярусный древостой образован только *Pinus sylvestris* L., в подросте встречаются (в порядке убывания): *Pinus sylvestris*, *Quercus robur* L. (дуб черешчатый), *Picea abies* (L.) Karst. (ель обыкновенная), подлесок представлен одиночными экземплярами (редко растущими) *Juniperus communis* L. (можжевельника обыкновенного), *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. Ex Woloszcz.) Klaskova (раakitника русского), *Sorbus aucuparia* L. (рябины обыкновенной). Травяно-кустарничковый ярус представлен отдельными пятнами и занимает не более 30% пробной площадки. Доминирует *Melampyrum pratense* L. (марьянник луговой), повсюду пробиваются куртинки *Luzula pilosa* (L.) Willd. (ожики волосистой), *Lycopodium* sp. (плаунов), встречается *Chamyrion angustifolium* (L.) Holub, (к) и куртинки *Convallaria majalis* L. (ландыш майский), и растения *Rubus saxatilis* L. (костяники обыкновенной). Напочвенный покров образован зелеными мхами и занимает 30–35% площади. 70% площади покрыто измельчёнными древесными отходами (свежими и прошлогодними). Степных видов на данном участке не выявлено.

Сосново-еловая зеленомошно-разнотравная ассоциация расположена юго-западнее нарушенного сосняка зеленомошного, приурочена к ненарушенному участку междюнной котловины. Сомкнутость крон двухярусного древостоя 0,6. В подросте одновременно встречаются бореальные (*Abies sibirica* Ledeb. (пихта сибирская), *Pinus sylvestris*, *Picea abies* (ель обыкновенная европейская) и неморальные виды *Quercus robur* (дуб черешчатый), *Acer platanoides* L. (клён остролистный), *Populus tremula* (тополь дрожащий или осина обыкновенная). Подлесок развит хорошо, он образован в основном: *Juniperus communis* (можежевельником обыкновенным), *Rosa majalis* Негтм. (шиповником майским), *Sorbus aucuparia* (рябиной обыкновенной), встречается *Lonicera xylosteum* L. (жимолость обыкновенная), *Frangula alnus* Mill. (крушина ломкая). Травяной покров хорошо развит, вне крон деревьев представлен, в основном *Calamagrostis* sp. (вейником), *Rubus saxatilis* L. (костяником обыкновенной), *Pyrola* sp. (грушанкой), в микропонижениях отмечен *Trientalis europaea* L. (седмичник европейский), *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt (майник двулистный).

В условиях ненарушенного сосняка зеленомошника разнотравного, на пониженных элементах рельефа, вне крон деревьев в травянистом ярусе встречаются **неморальные виды растений**: *Aegopodium podagraria* L. (сныть обыкновенная), *Asarum europaeum* L. (копытень европейский), *Polygonatum*

odoratum (Mill.) Druce (купена аптечная), *Lathyrus vernus* (L.) Bernh. (чина весенняя), *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn. (орляк обыкновенный).

Важным компонентом лесных растительных ассоциаций являются почвенные водоросли. Органическое вещество почвенных водорослей и их прижизненные выделения могут оказывать влияние на химико-физические свойства почв, почвенные микрофлору и фауну, и косвенно влиять на высшие растения. Актуальные сведения об особенностях видового состава водорослей хвойных лесов Кировской области можно найти в работах Л. В. Кондаковой, И. В. Новаковской (Кондакова, Домрачева, 2007; Новаковская, Патова, 2011).

В наших исследованиях состав почвенных водорослей изучен на нарушенном, в процессе санитарных рубок участке ***сосняка зеленомошного подмаренникового***. В результате работы порубочной техники и «машин – измельчителей», почва на участке устлана сплошным слоем древесной трухи (достаточно плотного и толстого). Смешанные пробы поверхностного слоя почвы для альгологического анализа отбирали на участках голого песка, под мхами и под лишайниками. Методом чашечных культур со стёклами обрастания на участке выявлено 16 видов водорослей из отделов: Cyanophyta – 2, Xanthophyta – 2, Bacillariophyta – 1, Chlorophyta – 11. В числе доминантов альгосинузий можно назвать: *Chlamydomonas gloeogama* Korsch. in Pasch., *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrova, *Stichococcus minor* Ндг. s. str., *Chlorococcum* sp. Для жёлтозелёных наибольшая встречаемость отмечена для *Pleurochloris* sp. Появление в составе альгогруппировок синезелёных водорослей (*Anabaena* sp., *Phormidium* sp.) свидетельствует о существенном изменении экотопических почвенных условий обитания на нарушенном участке, которые могут повлиять на условия лесовозобновления.

Таким образом, видовое разнообразие растений, варианты их объединения в ассоциации, рациональные возможности использования лесных ресурсов делают данный район чрезвычайно интересным для образовательных и рекреационных целей.

Литература

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.

Новаковская И. В., Патова Е. Н. Почвенные водоросли еловых лесов и их изменения в условиях аэротехногенного загрязнения. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; 2011. 128 с.

Чепурнов Р. Р., Варган И. А., Пересторонина О. Н., Прокашев А. М. Фациальная структура локальных геосистем памятника природы «Белаевский бор» // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2015. № 52. С. 167–179.

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧКОВОГО ЯРУСА РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СООБЩЕСТВ ООПТ «МЕДВЕДСКИЙ БОР»

Л. В. Годунова, О. Н. Пересторонина
Вятский государственный университет,
karanec1994@yandex.ru, botany@vshu.kirov.ru

Особую значимость в настоящее время приобрели проблемы сохранения биоразнообразия и экологического равновесия. В связи с нарастающими темпами научно-технического прогресса всё острее встают вопросы охраны природы, рационального использования её богатства, бережного отношения к ней. Особое опасение на территории Кировской области, вызывает состояние сосновых лесов, как интразональных сообществ, которые подвержены трансформации.

У поселка Медведок Нолинского района на материковых песчаных дюнах располагается реликтовое сообщество ксеротермической эпохи – особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Медведский бор». Ранее Медведский бор – это сосновый лес с присутствием во флоре и фауне степных и неморальных элементов и цепью озер карстового происхождения (Соловьев, 1986). На сравнительно небольшой площади ООПТ – 6 921,05 га (55 кварталов) – выявлено 574 вида сосудистых растений (Тарасова, 2001), из которых 16 внесены в Красную книгу Кировской области (2014) и 21 вид внесен в Приложение к ней, как виды, нуждающиеся в контроле за состоянием популяций. Среди редких видов в составе памятника природы встречаются следующие степные виды: *Centaurea sumensis* Kalen., *Jurinea cyanoides* (L.) Reichenb., *Festuca polessica* Schleich. ex Gaudin, *Dianthus arenarius* L., *Gypsophila paniculata* L. и другие. Сосновые леса на территории Медведского бора приурочены в основном к сухим участкам и образуют ксеросериальную группу в сукцессионной системе экологических рядов местообитания. Располагаясь на разных элементах рельефа ООПТ, они образуют боровые комплексы, отдельные звенья – ассоциации, которые в своём распределении зависят не только от трофности местообитания, но и от влажности (Разумовский, 1999). В связи с длительным охранным режимом (с 1962 г.) на территории ООПТ происходит естественная сукцессия, отражающаяся в смене видового состава, в частности вытеснение елью сосны, в связи с этим уменьшение количества стенобионтных видов в составе растительных сообществ (Савиных и др., 2005).

Эколого-фитоценотическая характеристика лесных растительных сообществ ООПТ «Медведский бор» с позиции стенобионтных видов позволит произвести оценку их современного состояния.

Для выполнения поставленных задач было обработано по шкалам Д. Н. Цыганова с помощью программы EcoScaleWin 88 геоботанических описаний (2001–2015 гг.), выявлены стенобионтные виды для 50 типов лесных

сообществ. В данной работе приняты границы стенобионтных видов, определенных Е. В. Зубковой (2012) по отношению к таким факторам как: освещенность-затенение (Lc), богатство почв азотом (Nt) и их увлажнение (Hd).

Для определения распространения лесных сообществ на ООПТ «Медведский бор» были изучены планы лесонасаждений арендного участка ООО «Нолинская лесопромышленная компания» Медведского участкового лесничества Нолинского лесничества за 2010 и 2012 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение пород, преобладающих в древостое на различных кварталах ООПТ «Медведский бор»

Номер квартала	Породы, преобладающие в древостое	
	2010	2012
33	Сосна, пихта, ель, осина, тополь	Сосна, ель, осина, тополь, ива
57	Сосна, ель, береза, ива	Сосна, ель, пихта, ива
74	Сосна, береза, ива, осина, тополь	Сосна, ива, береза, осина, тополь, ель
112	Сосна, береза	Сосна, ель, береза
117	Сосна, осина, тополь	Сосна, осина, тополь
121	Сосна	Сосна
124	Сосна, береза	Сосна, береза, осина, тополь

При сравнении планов лесонасаждений за 2010 и 2012 гг. наблюдается тенденция распространения еловых лесов от северной границы памятника природы на юг с замещением сосновых лесов и мелколиственных.

На территории ООПТ происходит смена сосняков беломошников, сосняков брусничников на сосняки с неморальными элементами и сосняки вейниковые, а также появление елово-сосновых лесов и ельников, что свидетельствует о происходящей сукцессии.

Рассматривая динамику стенобионтных видов в сосняках брусничниках (рис. 1) можно отметить, что наименьшее количество уязвимых видов находится в сосняках зеленомошно-беломошно-брусничных, например *Vaccinium vitis-idaea* L. и *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. Также происходит увеличение стенобионтных видов от сосняков брусничников к соснякам наземновейниково-брусничным. В составе начинают присутствовать: *Molinia caerulea* (L.) Moench., *Hieracium umbellatum* L. При изучении рисунка 1 можно отметить, что наибольший процент стенобионтов наблюдается по фактору богатства почв азотом, из чего следует его выделение в один из главных факторов по определению наличия уязвимых видов.

В сосняках зеленомошниках (рис. 2) наблюдается увеличение стенобионтных видов от сосняков бруснично-плауново-зеленомошных к соснякам чернично-орляково зеленомошным. Происходит внедрение таких видов как: *Convallaria majalis* L., *Rubus saxatilis* L., *Viola uniflora* L. На графике видно, что наименьшее количество стенобионтов отмечается в сосняках бруснично-лишайниково-зеленомошных и сосняках-вейниково-зеленомошных, например таких как *Festuca valesiaca* (Hask.) Gaudin., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.

Наименьшее количество уязвимых видов наблюдается по фактору кислотности, наибольшее по фактору богатства почв азотом.

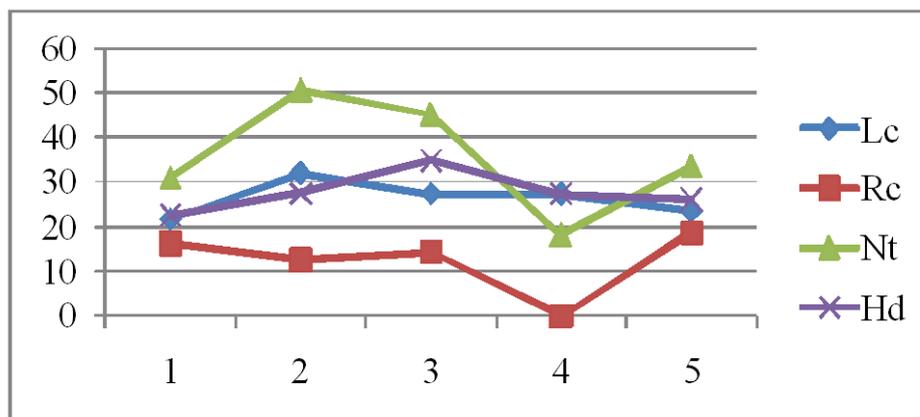


Рис. 1. Динамика стенобионтных видов в сосняках брусничниках на пробных площадках ООПТ Медведский бор по факторам: Lc – освещенность-затенение, Rc – кислотность, Nt – богатство почв азотом, Hd – увлажнение; по горизонтальной оси сообщества: 1. – сосняк брусничник, 2. – с. брусничник с ракитником, 3. – с. вейниково-брусничный, 4. – с. зеленомошно-беломошно-брусничный, 5. – с. наземновейниково-брусничный; по вертикальной оси – процент стенобионтных видов

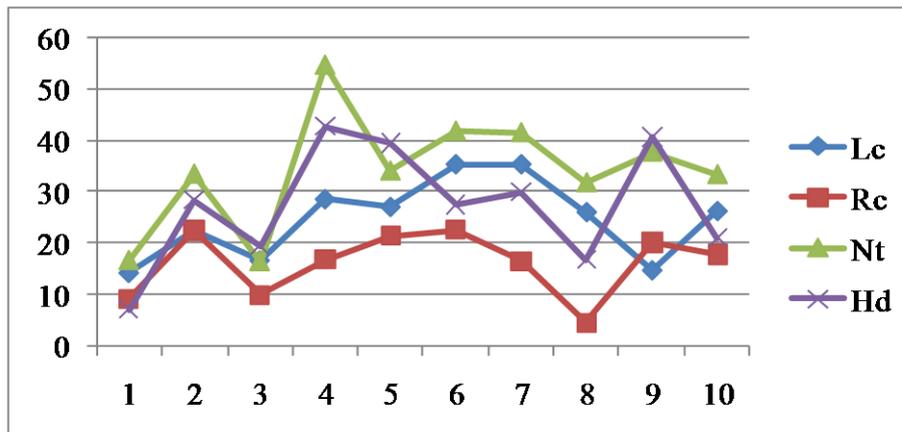


Рис. 2. Динамика стенобионтных видов в сосняках зеленомошниках на пробных площадках ООПТ Медведский бор по факторам: Lc – освещенность-затенение, Rc – кислотность, Nt – богатство почв азотом, Hd – увлажнение; по горизонтальной оси сообщества: 1. – сосняк бруснично-плауново-зеленомошный; 2. – с. брусничник-зеленомошный, 3. – с. бруснично-лишайниково-зеленомошный, 4. – с. бруснично-вейниково-зеленомошный, 5. – с. вейниково-бруснично-зеленомошный, 6. – с. зеленомошник, 7. – с. лишайниково-зеленомошный, 8. – редколесье сосново-вейниково-зеленомошное, 9. – с. бруснично-ландышево-зеленомошный, 10. – с. чернично-орляково-зеленомошный; по вертикальной оси – процент стенобионтных видов

Происходящая на ООПТ «Медведский бор» смена сосновых сообществ на еловые повлекла за собой исчезновение стенобионтных видов. Сравнительный анализ показал, что наиболее чувствительны к меняющимся условиям травянистые растения и кустарники. Наиболее сильно на стенобионтные виды по данным исследования влияют факторы богатства почв азотом и освещенность-затенение. Так, увеличение богатства почв в сукцессионном ряду служит причиной выпадение таких видов как: *Hieracium pilosella* L., *Melampyrum sylvaticum* L., *Veronica spicata* L. Также, следствием трансформации сосновых лесов является изменение условий освещенности с 0,4 до 0,7-0,8, повлекшее за собой исчезновение стенобиотнов: *Antennaria dioica* (L.) Gaertn, *Centaurea sumensis* Kalen, *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. По факторам увлажнения и кислотности, напротив, наблюдается внедрение стенобионтных видов, таких как *Linnaea borealis* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Viola hirta* L.

В настоящее время остепненные сосновые леса на территории памятника природы «Медведский бор» сменились на сосняки-зеленомошники и елово-сосновые, сосново-еловые леса. Для сохранения биоразнообразия региона, сохранения степных видов растений в таежной зоне на территории Медведского бора рекомендуется проведение рубок ухода, исключение подроста ели и березы из состава древостоя. Создания фитоценоза с достаточной освещенностью (0,4–0,5) позволит степным и лугово-степным видам с опушек, лесных дорог вновь заходить под полог леса.

Литература

Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: Учебное пособие. Йошкар-Ола: МарГУ, 2008. 96 с.

Разумовский С. М. Избранные труды: Сб. науч. статей, М.: 1999. 560 с.

Савиных Н. П., Пересторонина О. Н., Видякин А. И., Гальвас А. Г. Основы устойчивого сохранения остепненных боров в пределах особо охраняемых природных территорий // Вестник Костромского государственного ун-та им. Н. А. Некрасова. Т. 20. № 7. 2014. С. 62–65.

Тарасова Е. М. Государственный памятник природы Медведский бор // О состоянии окружающей природной среды в Кировской области в 2000 г.: Региональный доклад. Киров, 2001. С. 131–143.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров, 2014. 336 с.

Соловьев А. Н. Сокровища вятской природы. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отделение, 1986. С. 55–64

Фокин А. Д. Краткий очерк растительности Вятского края // Вятский край. Вятка, 1929. С. 86–105.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ЩУГОР (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА», СЕВЕРНЫЙ УРАЛ, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

В. А. Канев

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kanev@ib.komisc.ru

Республика Коми, расположенная на европейском северо-востоке России, выгодно отличается от соседних субъектов Российской Федерации хорошо развитой сетью особо охраняемых территорий (Особо охраняемые природные территории Республики Коми..., 2011). Она включает 240 объектов, занимающих площадь 5 431 873.3 млн. га или порядка 13,0% от общей площади республики. Два из них (Печоро-Илычский государственный природный биосферный заповедник и национальный парк «Югид ва») имеют федеральный статус, остальные – региональное подчинение.

Самой большой особо охраняемой природной территорией в Республике Коми, является национальный парк «Югид ва». Национальный парк «Югид ва» (в переводе с коми «светлая вода») создан 23 апреля 1994 г. по Постановлению Правительства РФ № 377. Расположен на Приполярном Урале, на востоке Республики Коми, на территориях муниципальных образований «Вуктыльский», «Печорский», «Интинский». Общая площадь парка 1 891 701 га (4,5% от всей территории Республики Коми), в том числе площадь акватории 21 421 га. По данным на 2006 г. является самым большим национальным парком России. Территория парка входит в пределы объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». На юге национальный парк Югид ва граничит с Печоро-Илычским заповедником.

По сравнению с Печоро-Илычском заповедником, сведения о разнообразии экосистем национального парка намного более скудные. Плановые исследования, направленные на инвентаризацию биологического разнообразия, на этой территории стали проводиться только последние 10 лет. Наиболее изучены во флористическом отношении являются бассейн р. Косью (рр. Косью и Кожим), нижнее течение Щугор и Подчерье; слабо изученными являются верхнее течение реки Щугор и Подчерье, горные хребты на границе Республике Коми и ХМАО (Национальный парк, 2001; Мартыненко, Дегтева, 2003; Биоразнообразии ..., 2010; Флоры лихено-..., 2016).

В июне–июле 2016 г., в результате экспедиционного выезда в бассейн верхнего течения р. Щугор (хр. Тэльпосиз), получены первые сведения флоре высших сосудистых растений южной части национального парка.

Флора хребта Тэльпосиз (бассейн р. Хальмерья, верхнее течение р. Щугор) насчитывает 272 вида сосудистых растений, относящихся к 163 родам и 59 семействам. Пропорция флоры составляет 1:2,8:4,6.

К споровым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 21 вид (7,7%). Девять видов принадлежат к папоротниковидным – щитовник широколистный (*Dryopteris dilatata*), многоножка

обыкновенная (*Polypodium vulgare*), телиптерис лесной (*Phegopteris connectilis*), кочедыжник расставленнолистный (*Athyrium distentifolium*), пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*), диплазиум сибирский (*Diplazium sibiricum*), голокучник трехраздельный (*Gymnocarpium dryopteris*), пузырник горный (*Rhizomatopteris montana*), криптограмма курчавая (*Cryptogramma crispa*). Из них три вида отмечены на выходах коренных пород, на горных останцах и встречаются в горном поясе – *Cystopteris fragilis*, *Polypodium vulgare*, *Cryptogramma crispa*. Остальные шесть встречаются в лесных растительных сообществах, где могут достигать значительного обилия под пологом лесов и редколесий, например, такие как *Dryopteris dilatata*, *Athyrium distentifolium*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Phegopteris connectilis*.

Разнообразие хвощей и плауновидных немного меньше (по шесть видов соответственно). Хвощи с высоким постоянством и обилием встречаются в различных фитоценозах: в лесах - хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), на луговинах – х. полевой и х. луговой (*E. arvense*, *E. pratense*), образуют заросли по берегам водоемов и водотоков – х. топяной и х. болотный (*E. fluviatile*, *E. palustre*), иногда отмечаются в горных тундрах и на выходах горных пород – х. камышковый (*Equisetum scirpoides*).

Плауновидные, встречающиеся в сообществах лесов и редколесий – плаун альпийский (*Diphasiastrum alpinum*), п. сплюснутый (*D. complanatum*), п. годичный (*Lycopodium annotinum*), п. булавовидный (*L. clavatum*), п. одноколосковый (*L. lagopus*) и плаун-баранец обыкновенный (*Huperzia selago*), значительного обилия не достигают. Шесть видов принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными: пихта сибирская (*Abies sibirica*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), ель обыкновенная (*Picea obovata*), сосна сибирская (*Pinus sibirica*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*) и м. сибирский (*J. sibirica*). Первые три из перечисленных видов принадлежат к числу эдификаторов лесных сообществ.

Остальные виды (245) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 67 – однодольные, а 178 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1:2,7. Однодольные растения представлены семействами *Sparganiaceae*, *Potamogetonaceae*, *Juncaginaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Lemnaceae*, *Juncaceae*, *Melanthiaceae*, *Alliaceae*, *Trilliaceae*, *Liliaceae*, *Convallariaceae*, *Orchidaceae*. Двудольные принадлежат к семействам *Salicaceae*, *Betulaceae*, *Polygonaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Brassicaceae*, *Crassulaceae*, *Saxifragaceae*, *Parnassiaceae*, *Grossulariaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Geraniaceae*, *Oxalidaceae*, *Callitrichaceae*, *Empetraceae*, *Violaceae*, *Onagraceae*, *Hippuridaceae*, *Apiaceae*, *Pyrolaceae*, *Cornaceae*, *Ericaceae*, *Diapensiaceae*, *Primulaceae*, *Menyanthaceae*, *Polemoniaceae*, *Boraginaceae*, *Lamiaceae*, *Scrophulariaceae*, *Lentibulariaceae*, *Rubiaceae*, *Caprifoliaceae*, *Adoxaceae*, *Valerianaceae*, *Campanulaceae*, *Asteraceae*.

Наибольшим числом видов отличаются семейства *Asteraceae* (29), *Poaceae* (25), *Cyperaceae* (21), *Rosaceae* (18), *Salicaceae* (13), *Caryophyllaceae*

(13), *Ericaceae* (12), *Ranunculaceae* (12), *Scrophulariaceae* (11), *Fabaceae* (8), *Juncaceae* (7). Доля видов в 10 ведущих семействах составляет 59,6%

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (16). Второе место по численности занимает род *Salix* (12). Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Equisetum* (6), *Saxifraga* (6), *Hieracium* (6), *Eriophorum* (5), *Rubus* (5), *Poa* (4), *Pedicularis* (4), *Cerastium* (4), *Calamagrostis* (3), *Lycopodium* (3), *Betula* (3), *Vaccinium* (3). Родовая насыщенность составляет 1.7. Родовой коэффициент составляет 59,9%. Значительное число семейств (34) и родов (109) содержат только по одному виду. Это свидетельствует о миграционном характере флоры.

Растения, произрастающие в районе хребта Тэльпосиз, относятся к разным географическим элементам. Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, которых чуть больше половины выявленных сосудистых растений – 143 вида или 52,6 %. В числе бореальных видов есть такие эдификаторы и доминанты растительных сообществ, как пихта сибирская (*Abies sibirica*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), борец высокий (*Aconitum septentrionale*), горец змеиный (*Bistorta major*), вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), осока бутылчатая (*Carex rostrata*). 109 видов или 40% от общего числа зарегистрированных таксонов, принадлежит к северным широтным группам: арктической, аркто-альпийской и гипоарктической. Арктических видов, характерных для тундровой зоны, двенадцать или 4,4% - осока кругловатая (*Carex rotundata*), лютик серножелтый (*Ranunculus sulphureus*), гариманелла мохнатая (*Harrimanella hypnoides*), полынь Тилеза (*Artemisia tilesii*) и др. Аркто-альпийских видов 58 или 21,3% - криптограмма курчавая (*Cryptogramma crispa*), ллойдия горная (*Loydia serotina*), кисличник двустолбчатый (*Oxyria dygyna*), мятлик альпийский (*Poa alpina*), пушица Шейхцера (*Eriophorum scheuchzeri*), толстореберник альпийский (*Pachypleurum alpinum*) и др.. Гипоарктических видов отмечены 39 вид или 14,3% - пузырник горный (*Rhizomatopteris montana*), леукорхис белый (*Leucorchis albida*), вейник лапландский (*Calamagrostis lapponica*), ольховник кустарниковый (*Duschekia fruticosa*), синюха остролепестная (*Polemonium acutiflorum*) и др.

Суммарное участие южных широтных групп составило 2,6%. Неморальных видов не отмечено. Неморально-бореальных видов 6 или 3,1% – щитовник австрийский (*Dryopteris dilatata*), телиптерис лесной (*Phegopteris connectilis*), мятлик неморальный (*Poa nemoralis*), вороний глаз обыкновенный (*Paris quadrifolia*), бор развесистый (*Milium effusum*), скерда болотная (*Crepis paludosa*), которые произрастают в смешанных разнотравных лесах. Лесостепной вид один – копеечник альпийский (*Hedysarum alpinum*), который произрастает на бечевниках р. Щугор. Девять видов имеют полизональное распространение, ареалы которых располагаются в нескольких природных зонах (3,3%) – хвощ полевой (*Equisetum arvense*), хвощ топяной (*Equisetum fluviatile*), хвощ болотный (*Equisetum palustre*), рдест альпийский (*Potamogeton alpinus*), триостренник болотный (*Triglochin palustre*), ряска малая (*Lemna*

minor), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens*), болотник короткоплодный (*Callitriche cophocarpa*), которые произрастают во влажных, водных и болотных сообществах. Один вид принадлежит к бореально-горной группе – многоножка обыкновенная (*Polypodium vulgare*).

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими – хвощ луговой (*Equisetum pratense*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), мятлик луговой (*Poa pratensis*), ожика волосистая (*Luzula pilosa*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*) и евразийскими ареалами – полевица гигантская (*Agrostis gigantea*), осока дернистая (*Carex cespitosa*), звездчатка болотная (*Stellaria palustris*), таволга вязолистная (*Filipendula ulmaria*), дудник лесной (*Angelica sylvestris*), их доли составляют соответственно 45,6 и 28,3% от общего числа видов. Это типичная черта флоры таежной зоны Голарктики.

К азиатским видам относятся 34 вида или 12,5% – можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica*), трищетинник сибирский (*Trisetum sibiricum*), звездчатка Бунге (*Stellaria bungeana*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*) и другие. Европейских видов 30 или 11% от общего числа таксонов – душистый колосок обыкновенный (*Anthoxanthum odoratum*), купальница европейская (*Trollius europaeus*), лапчатка Кранца (*Potentilla crantzii*), дудник лекарственный (*Angelica archangelica*), полынь норвежская (*Artemisia norvegica*). Соотношение европейских и азиатских (сибирских) видов закономерно отражает положение изученной территории на границе двух частей света – Европы и Азии. Космополитных видов четыре (1,5%) – пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*), ряска малая (*Lemna minor*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens*), болотник короткоплодный (*Callitriche cophocarpa*).

Три вида являются эндемиками Северного и Приполярного Урала – качим уральский (*Gypsophyla uralensis*), ветреница пермская (*Anemonastrum biarmense*) и чабрец Талиева (*Thymus talijevii*).

Основной жизненной формой являются травы, к которым относится свыше трех четвертей биоморфологического состава флоры (83,5%). Большая часть трав – 81,3% – многолетние: хвощ камышковый (*Equisetum scirpoides*), ежеголовник маленький (*Sparganium minimum*), элимус изменчивый (*Elymus mutabilis*), осока заливная (*Carex paupercula*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), герань белоцветковая (*Geranium albiflorum*). Однодвулетних растений мало 6 видов или 2,2%: ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides*), мшанка лежачая (*Sagina procumbens*), очанка холодная (*Euphrasia frigida*), марьянник луговой (*Melampyrum pratense*), марьянник лесной (*Melampyrum sylvaticum*), мелколепестник едкий (*Erigeron acris*). Все древесные жизненные формы насчитывают 16,5 % видов. Из них деревьев всего 9 видов или 3,3% – ель сибирская (*Picea obovata*), пихта сибирская (*Abies sibirica*), лиственница сибирская (*Larix sibirica*), сосна сибирская (*Pinus sibirica*), береза пушистая (*Betula pubescens*), ива шерстистопобеговая (*Salix*

dasyclados), ива грушанколистная (*Salix pyrolifolia*), ива енисейская (*Salix jenisseensis*), рябина сибирская (*Sorbus sibirica*), большинство деревьев являются эдификаторами и доминантами лесных растительных сообществ. Кустарников немного больше – 17 видов или 6,2%: ива сизая (*Salix glauca*), ива филиколистная (*Salix phylicifolia*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), таволга средняя (*Spiraea media*), береза приземистая (*Betula humilis*), жимолость Палласа (*Lonicera pallasii*). Кустарничков и полукустарничков примерно столько же, как и кустарников – 19 или 7%: дриада восьмилепестная (*Dryas octopetala*), гариманелла мохнатая (*Harrimanella hypnoides*), чабрец Талиева (*Thymus talijevii*), подбел узколистный (*Andromeda polifolia*), дерен шведский (*Chamaepericlymenum suecicum*), линнея северная (*Linnaea borealis*), черника (*Vaccinium myrtillus*), некоторые из них играют существенную роль в растительном покрове тундр лесов, болот при образовании травяно-кустарничкового яруса.

Экологические группы видов растений выделяли на основе их отношения к фактору увлажнения. Больше половины видов растений флоры хребта (62,1%) относятся к мезофитам – растениям, которые произрастают в местах с достаточным, но не избыточным увлажнением: голокучник трехраздельный (*Gymnocarpium dryopteris*), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*), осока влагалищная (*Carex vaginata*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), василистник простой (*Thalictrum simplex*), сушеница лесная (*Omalotheca sylvatica*). Около одной трети видов (34,6%) принадлежит к группам растений, характерных для сырых местообитаний – гигромезофитам (11%): мятлик болотный (*Poa palustris*), кипрей болотный (*Epilobium palustre*), княженика (*Rubus arcticus*), валериана волжская (*Valeriana wolgensis*); гигрофитам (20,6%): – осока водяная (*Carex aquatilis*), осока кругловатая (*Carex rotundata*), пушица Шейхцера (*Eriophorum scheuchzeri*), кипрей Хорнемана (*Epilobium hornemannii*), мытник судетский (*Pedicularis sudetica*); гидрофитам (1,5%) – сабельник болотный (*Comarum palustre*), хвостник обыкновенный (*Hippuris vulgaris*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), белокопытник гладкий (*Petasites radiatus*); и гидатофитам (1,5%) – рдест альпийский (*Potamogeton alpinus*), ряска малая (*Lemna minor*), болотник короткоплодный (*Callitriche cophocarpa*), шелковник волосолистный (*Batrachium trichophyllum*). Растений сухих местообитаний, т.е. ксеромезофитов – душистый колосок обыкновенный (*Anthoxanthum odoratum*), овсяница овечья (*Festuca ovina*), качим уральский (*Gypsophyla uralensis*), ясколка дернистая (*Cerastium holosteoides*), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium*), кошачья лапка двудомная (*Antennaria dioica*), зарегистрировано 9 вида или 3,3%.

Во флоре хребта Тэльпосиз, произрастает 20 видов или 7,4% от всей флоры высших растений, включенные в Красную книгу Республики Коми (2009) и семь видов включены в приложение к региональной Красной книге, как нуждающиеся в постоянном контроле численности популяций. Семь видов – криптограмма курчавая (*Cryptogramma crispa*), сосна сибирская (*Pinus sibirica*), качим уральский (*Gypsophyla uralensis*), ветреница пермская

(*Anemonastrum biarmiense*), родиола розовая (*Rhodiola rosea*), родиола четырехчленная (*Rhodiola quadrifida*), чабрец Талиева (*Thymus talijevii*), отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2. Десять видов классифицированы как редкие (категория статуса 3) – многоножка обыкновенная (*Polypodium vulgare*), леукорхис белый (*Leucorchis albida*), кисличник двустолбчатый (*Oxyria dygyna*), смолевка малолистная (*Silene paucifolia*), лютик серно-желтый (*Ranunculus sulphureus*), сердечник маргаритколистный (*Cardamine bellidifolia*), лапчатка Кузнецова (*Potentilla kuznetzowii*), копеечник альпийский (*Hedysarum alpinum*), диапенсия лапландская (*Diapensia lapponica*), крестовник темнопурпуровый (*Tephrosieris atropurpurea*). Три вида относятся к группе 4, к видам с неопределенным статусом – крупка серая (*Draba cinerea*), синюха голоногая (*Polemonium boreale subsp. nudipedum*), лаготис уральский (*Lagotis uralensis*). Семь видов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге – арктосмолка безстебельная (смолевка безстебельная) (*Xamilenis acaulis*=*Silene acaulis*), астрагал норвежский (*Astragalus norvegicus*), копеечник арктический (*Hedysarum arcticum*), гариманелла мохнатая (*Harrimanella hypnoides*), луазелерия лежачая (*Loiseleuria procumbens*), филлодоце голубая (*Phyllodoce caerulea*), вероника альпийская (*Veronica alpina*).

Была исследована флора хребта Тэльпосиз (бассейн р. Хальмерья, верхнее течение р. Щугор), которая является не изученной в ботаническом отношении. На исследуемой территории выявлено 272 вида сосудистых растений, относящихся к 163 родам и 59 семействам. Флора Тэльпосиз имеет типичные горные черты, что выражается большим участием видов северных широтных групп – арктической и аркто-альпийской и малым участием видов южных широтных групп, это связано с тем, что данная территория находится в горах абсолютными высотами от 500 до 1100 м над ур.м. Сорных и заносных видов не обнаружено, что говорит об отсутствии антропогенного воздействия. Здесь отмечено большое количество охраняемых растений из Красной книги РК, это 20 видов или 7,4% от всей флоры. Исследования данной территории показывают целесообразность включения ее в национальный парк «Югыд Ва», с целью охраны ее.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта П-15-12-4-1 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми»» (рег. № 115082510014), реализуемого в рамках программы Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» и также включены в НИР «Структурно-функциональная организация растительных сообществ, разнообразие флоры, лишено-и микобиоты южной части национального парка «Югыд ва».

Литература

- Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна р. Кожым. Сыктывкар, 2010. 192 с.
- Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 721 с.
- Мартыненко В. А., Дегтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югид Ва» (Республика Коми). Екатеринбург, 2003. 108 с.
- Национальный парк «Югид Ва» / Под ред. В. И. Пономарева. М., 2001. 208 с.
- Особо охраняемые природные территории Республики Коми итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
- Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югид ва») / Под ред. С. В. Дегтевой. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.

ИНВАЗИОННАЯ ФЛОРА МОРКИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ

М. А. Борисова¹, Н. В. Илюшечкина²

¹ *Поволжский государственный технологический университет,
mas1739@yandex.ru*

² *Марийский государственный университет, nellybiol@list.ru*

Для выявления закономерностей распространения биологических инвазий необходим анализ закономерностей формирования региональных инвазионных флор. Это позволит определить не только эколого-биологические особенности инвазионных видов, но и факторы, детерминирующие успешность инвазии на региональном уровне.

Исследование инвазионной флоры необходимо для познания процессов внедрения и натурализации заносных видов в местную флору, а также для осуществления контроля инвазионных видов растений, которые являются потенциально опасными для региона. Инвазионные виды растений приносят ущерб в мировом масштабе ежегодно. Кроме того, инвазионные виды вызывают серьезные экологические последствия, нанося существенный вред.

Внедрение (инвазия) агрессивных чужеродных видов является в настоящее время значительной частью глобальных природных изменений и часто ведет к существенным потерям биологического разнообразия и экономической значимости экосистем, подверженных биологическим инвазиям.

Во многих случаях чужеродные виды, вступая в контакт с популяциями видов-аборигенов, существенно преобразуют структуру биоценозов, и их появление имеет глобальные экологические, экономические, а иногда, и социальные последствия.

В России эффективному контролю над инвазией чужеродных видов препятствуют:

- 1) отсутствие мониторинга заносимых видов с достаточно частыми интервалами;
- 2) отсутствие средств информирования и правильность идентификации новых находок;

3) отсутствие осознания риска и оценки вероятности превращения того или иного заносного вида в инвазионный (Виноградова и др., 2009).

Из 52 инвазионных видов, описанных в «Черной книге флоры Средней России» (Виноградова, и др. 2009), на территории Республики Марий Эл произрастает 41 вид (Жукова, 2013а).

В настоящее время в Республике Марий Эл ведутся исследования биологии и экологии отдельных инвазионных видов (Жукова, 2013б; Жукова, 2013в; Жукова, Илюшечкина, 2014; Илюшечкина и др., 2015; Илюшечкина, Жукова, 2015).

Цель нашей работы: исследовать территорию пос. Морки Моркинского района Республики Марий Эл на наличие инвазионных видов растений. В задачи исследования данной проблемы входило:

- поиск мест произрастания растений, входящих в Черную книгу Средней России, их картографирование;
- определение площади и размера популяций инвазионных видов,
- определение численности (если местообитание малочисленное) и обилия или покрытия инвазионных видов;
- определение площади инвазионных видов.

Морки – посёлок городского типа, административный центр Моркинского района Республики Марий Эл (РМЭ) России. Население – 9448 человек. Расположен в 73 км к юго-востоку от г. Йошкар-Олы. В Моркинском районе выражено преобладание смешанных почв. Из растительности преобладают, в основном, смешанные и хвойные леса.

На территории поселка Морки РМЭ обнаружены ценопопуляции 10 видов растений, занесённых в Черную книгу флоры средней России: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), гулявник волжский (*Sisymbrium wolgensis* Vieb. ex Fourn.), клен ясенелистный (*Acer negundo* L.), клоповник густоцветковый (*Lepidium ruderale* L.), лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.), люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) ромашка душистая (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.), элодея канадская (*Elodea canadensis* Michx.), эшшольция реснитчатая (*Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Nyl.) эхиноцистис шиповатый (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray). Изученные виды составляют 24% от всей инвазионных видов РМЭ.

На территории поселка Морки нами не отмечен такой инвазионный вид, как борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.), являющийся наиболее агрессивным инвазионным видом в Республике Марий Эл наряду с амброзией полыннолистной и кленом ясенелистным.

Суммарное число мест произрастания инвазионных видов на территории пос. Морки составило 84. Максимальное количество отмечено для лебеды татарской и ромашки душистой (18 ценопопуляций).

Максимальную суммарную площадь занимают ценопопуляции элодеи канадской (105 м²) и лебеды татарской (94 м²) (табл.), минимальную – люпина многолистного и клена ясенелистного.

Нами проведен анализ инвазионных видов пос. Морки по местам произрастания и выделены следующие группы:

1. Произрастающие в посадках у домов: клен ясенелистный;
2. Произрастающие на лугах: люпин многолетний;
3. Произрастающие по берегам рек и водоемов: лебеда татарская, эхиноцистис шиповатый, ромашка душистая;
4. Произрастающие по обочинам дорог: ромашка душистая, клоповник густоцветковый, гулявник волжский, лебеда татарская;
5. Произрастающие в водоемах и водотоках: элодея канадская;
6. Произрастающие в палисадниках и огородах: эшшольция реснитчатая, амброзия полыннолистная, лебеда татарская;
7. Произрастающие на насыпях: амброзия полыннолистная.

Таблица

Места произрастания лебеды татарской

№	Краткое описание мест произрастания	Шкала обилия по Браун-Бланке; занимаемая площадь
1	2	3
1	К югу вдоль дороги Морки-Шиньша на расстоянии 130 м от администрации	1;занимаемая площадь – 5 м ²
2	К юго-востоку вдоль дороги Морки-Шиньша на расстоянии 796 м от администрации	3;занимаемая площадь – 10 м ²
3	К востоку вдоль улицы Чавайна на расстоянии 1,1 км от администрации	г – число особей – 2,занимаемая площадь – 1 м ²
4	К северо-востоку вдоль дороги на расстоянии 1,21 км от администрации	+;занимаемая площадь – 6 м ²
5	К северу на расстоянии 429 м от администрации	г – число особей – 4;занимаемая площадь – 2 м ²
6	К северо-востоку вдоль дороги на расстоянии 1,46 км от администрации	3; занимаемая площадь – 10 м ²
7	К северу-востоку на расстоянии 990 м от администрации	г – число особей – 3;занимаемая площадь – 5 м ²
8	К северу вдоль дороги на расстоянии 1,64 км от администрации	2;занимаемая площадь – 4 м ²
9	К северу на расстоянии 1,23 км от администрации	+;занимаемая площадь – 6 м ²
10	К северо-западу ближе к больнице на расстоянии 1,35 от администрации	г – число особей – 1;занимаемая площадь – 3 м ²
11	К северо-западу ближе к озеру на расстоянии 1,56 км от администрации	4;занимаемая площадь – 7 м ²
12	К северо-западу ближе к больнице на расстоянии 1,78 км от администрации	4;занимаемая площадь – 5 м ²
13	К северо-западу ближе к входу в больницу на расстоянии 1,96 км от администрации	2;занимаемая площадь – 8 м ²
14	К северо-западу на расстоянии 1,83 км от администрации	3;занимаемая площадь – 4 м ²
15	К северо-западу на расстоянии 1,36 км от администрации	+;занимаемая площадь – 2 м ²

Продолжение таблицы

1	2	3
16	К западу ближе к бензозаправке на расстоянии 1,64 от администрации	г – число особей – 1; занимаемая площадь – 6 м ²
17	К юго-западу ближе к ул. Малая заозерная на расстоянии 988 м от администрации	2; занимаемая площадь – 4 м ²
18	К северо-западу ближе к ул. Пушкина на расстоянии 603 м от администрации	2; занимаемая площадь – 6 м ²

Для решения проблемы инвазионных видов на территории РМЭ необходимо:

1. Изучение исторического и современного распространения адвентивных видов, их обилия и численности на территории РМЭ;
2. Создание основы для мониторинга, изучения динамики популяций адвентивных видов;
3. Выявление путей и способов заноса;
4. Изучение эколого-биологических особенностей инвазионных видов;
5. Оценка экономического ущерба;
6. Разработка мер, препятствующих внедрению чужеродных видов в растительный покров региона;
7. Привлечение внимания административных органов;
8. Популяризация знаний и привлечение общественных организаций к изучению инвазионных видов.

Литература

Виноградова Ю. К., Майоров С. Р., Хорун Л. В. Чёрная книга флоры Средней России. М.: ГЕОС, 2009. 494 с.

Жукова О. В. Инвазионные виды растений на территории Республики Марий Эл // Актуальные проблемы экологии, биологии и химии: Материалы Республиканской науч.-практ. конф. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013 а. Вып. 4. С. 22–23.

Жукова О. В. Распространение люпина многолистного (*Lupinus polyphyllus* Lindl.) на территории Республики Марий Эл // Современная ботаника в России: Труды XIII Съезда Русского ботанического общества и конф. «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (Тольятти 16–22 сентября 2013 г.). Т. 2: Систематика и география сосудистых растений. Сравнительная флористика. Геоботаника. Тольятти: Кассандра, 2013в. С. 27–29.

Жукова О. В. Ромашка душистая (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.) в некоторых местообитаниях на территории Республики Марий Эл // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Материалы V Междунар. науч. конф. в 2 ч. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013б. Часть 1. С. 123–124.

Жукова О. В., Илюшечкина Н. В. Онтогенез *Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. № 2 (34). 2014. С. 126–130.

Илюшечкина Н. В., Васильева В. М., Васильева Т. Ю., Никандрова Н. А. Распространение ромашки душистой (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.) на территории населенных пунктов Моркинского района Республики Марий Эл // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Мосоловские чтения. Йошкар-Ола: МарГУ, 2015. С. 53–54.

Илюшечкина Н. В., Жукова О. В. Онтогенез и биоморфологические особенности ромашки душистой (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.) // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Мосоловские чтения. Йошкар-Ола: МарГУ, 2015. С. 62–66.

РЕДКИЕ И ОХРАНЯЕМЫЕ ВИДЫ ЛИШАЙНИКОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА» И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ

Т. Н. Пыстина, Н. А. Семенова

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
pustina@ib.komisc.ru, semenova@ib.komisc.ru*

Разнообразие лишайников национального парка «Югид ва», несмотря на появившиеся в последнее время публикации (Биоразнообразие водных..., 2010; Пыстина, Херманссон, 2013; Флоры..., 2016), изучено еще недостаточно. Приведённые выше работы затрагивают лишь северную часть резервата, относящуюся к бассейну р. Кожим (Приполярный Урал). Здесь установлены местообитания 635 видов лишайников и таксономически близких к ним грибов. Из них 26 включены в Красную книгу Республики Коми (2009). Еще восемь нуждаются в биологическом надзоре за состоянием их природных популяций. Анализ встречаемости охраняемых видов показал, что в северной части национального парка большинство видов являются редкими или имеют единичные местонахождения. Как часто встречающиеся охарактеризованы лишь *Cetraria laevigata*, *Hypogymnia bitteri* и *Lichenomphalia hudsoniana*. Обилие краснокнижных лишайников также не высокое. Крупные популяции в оптимальных экотопах отмечены всего у двух видов - *Peltigera venosa* и *Vulpicida tilesii* (Флоры ..., 2016).

В последние годы были сделаны крупные сборы в центральных (верхнее течение рек Вангыр, Малый Паток, Большой Паток) и южных (бассейны рек Щугер и Подчерье) районах парка. Однако списки видов по большей части не опубликованы, коллекции до конца не обработаны (Бассейн реки Малый Паток..., 2006). При проведении инвентаризации таксономического разнообразия во всех районах особое внимание уделялось выявлению видов, занесенных в Красные книги. Поэтому в настоящее время мы можем довольно объективно оценить эти территории с позиции видового богатства и встречаемости редких представителей лишайников.

Основная цель данной статьи – представить данные о видовом составе редких и подлежащих охране лишайников южной части национального парка «Югид ва», их встречаемости, ценотической и субстратной приуроченности. Также в работе приведены данные для сопредельных участков, планируемых для расширения территории ООПТ.

Материалом для написания работы послужили сборы, сделанные авторами в 2013 г. (бассейн р. Подчерье: от устья р. Большой Емель до бывшей

д. Орловка), 2015 г. (бассейн р. Щугер: р. Гердью, бассейн р. Подчерье: р. Оселок) и 2016 г. (хребет Кузькуденер: район г. Хальмерсале). Все участки расположены в предгорьях и горах Северного Урала. Две обследованные территории, расположенные в бассейнах рек Гердью и Оселок, находятся на водоразделе Подчерьеа и Щугора и не входят в состав национального парка. В ходе проведения экспедиционных работ авторами была собрана обширная коллекция, насчитывающий порядка 1400 образцов из различных местообитаний. Образцы лишайников хранятся в Гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO).

В растительных сообществах обследованных участков установлены местообитания 15 охраняемых в Республике Коми видов. Один вид (*Lobaria pulmonaria*) включен в Красную книгу Российской Федерации (2008). Еще десять нуждаются в биологическом надзоре за состоянием их популяций в природе (Красная книга Республики Коми, 2009).

Ниже приведен аннотированный список охраняемых и нуждающихся в бионадзоре видов лишайников. Конкретные точки находок с географическими координатами указаны только для видов, встреченных не более трех раз.

1. *Cetraria laevigata* Rassad. – Цетрария голая. Статус охраны – 4.

Хр. Кузькуденер: берег р. Хальмерья, окр. г. Хальмерсале. Бассейн р. Подчерье: ~3 км вниз по течению от археологического памятника «Грот Арка». На почве в горных тундрах и на зарастающей береговой осыпи. Редко.

2. *Chaenotheca laevigata* Nбdv. – Хенотека гладкая. Бионадзор.

Бассейн р. Подчерье: лев. берег р. Оселок. LL: 63°51'18,3"N, 58°24'58,9"E. На древесине высокого пня *Picea obovata* в ельнике костянично-зеленомошном на скалистом берегу реки.

3. *Cladonia acuminata* (Ach.) Norrl. – Кладония остроконечная. Статус охраны – 4.

Бассейн р. Подчерье: ~5 км вниз по течению от устья р. Подчерьевож. LL: 63°30'36,4"N, 58°42'03,0"E. На зарастающем песчано-галечниковом берегу реки.

4. *Collema subflaccidum* Degel. – Коллема увядающая. Статус охраны – 3.

Бассейн р. Подчерье: верхнее (район устья р. Подчерьевож) и среднее (скала Шайтан) течение. Хр. Кузькуденер: р. Хальмерья. На коре *Salix sp.* в пойменных лесах и зарослях ив, на замшелых карбонатных скалах. Редко.

5. *Enchylium polycarpon* (Hoffm.) Oтбlora, P. M. Jшrg. & Wedin (= *Collema polycarpon* Hoffm.) – Энхилиум многоплодный. Статус охраны – 4.

Бассейн р. Подчерье: археологический памятник «Грот Арка», ~3 км вниз по течению от «Грота Арка», скала «Шайтан». LL: 63°52'17,6"N, 57°56'03,0"E; 63°52'33,2"N, 57°51'45,9"E; 63°52'17,6"N, 57°56'03,0"E. На карбонатных скалах.

6. *Evernia divaricata* (L.) Ach. – Эверния растопыренная. Бионадзор.

Бассейн р. Подчерье: ~5 км вниз по течению от устья р. Подчерьевож, р. Оселок, археологический памятник «Грот Арка». Хр. Кузькуденер: восточ-

ный склон хребта в окр. г. Хальмерсале. На коре различных видов деревьев в сырых пойменных и долинных лесах (обычно ельниках), в древостоях в нижней части горно-лесного пояса. Не часто.

7. *Hypogymnia bitteri* (Lynge) Ahti – Гипогимния Биттера. Бионадзор.

Во всех обследованных районах. На коре деревьев и кустарников в старовозрастных лесах. Часто.

8. *Hypogymnia vittata* (Ach.) Parrique – Гипогимния ленточная. Бионадзор.

Басс. р. Щугер: р. Гердью. Хр. Кузькуденер: восточный склон хребта. Бассейн р. Подчерье: ~5 км вниз по течению от устья р. Подчерьевож, р. Оселок. На коре различных видов деревьев в пойменном и низкогорных лесах, иногда на замшелых скалах в горно-лесном поясе. Редко.

9. *Leptogium cyanescens* (Rabh.) Kütz. – Лептогиум синеватый. Бионадзор.

Басс. р. Щугер: район устья р. Гердью. LL: 64°05'17,7"N, 58°37'49,8"E. На коре *Salix phylicifolia* в пойменном ивняке разнотравном.

10. *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm. – Лобария легочная. Статус охраны – 2.

Басс. р. Щугер: р. Гердью. Хр. Кузькуденер: восточный склон хребта. Бассейн р. Подчерье: лев. берег р. Оселок, на всем протяжении р. Подчерье от устья р. Большой Емель до бывшей д. Орловка. На коре *Salix sp.*, реже *Picea obovata*, *Betula pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Populus tremula*, на валежнике, высоких пнях и сухостое в пойменных лесах и ивняках. Часто.

11. *Lobaria scrobiculata* (Scop.) DC. – Лобария ямчатая. Бионадзор.

Басс. р. Щугер: р. Гердью. Бассейн р. Подчерье: лев. берег р. Оселок, на всем протяжении реки Подчерье от устья р. Большой Емель до бывшей д. Орловка. На коре *Salix sp.*, реже *Picea obovata*, *Betula pubescens*, на валежнике в пойменных и долинных лесах, в ивняках. Не часто.

12. *Microcalicium ahlneri* Tibell - Микрокалициум Алнера. Статус охраны – 2.

Хр. Кузькуденер: басс. р. Хальмерья. LL: 63°48'59,1"N, 59°17'21,6"E. На дрневесине березового пня в пихтарнике чернично-папоротничково-зеленомошном.

13. *Nephroma helveticum* Ach. – Нефрома швейцарская. Статус охраны – 2.

Бассейн р. Подчерье: ~5 км вниз по течению от устья р. Подчерьевож. LL: 63°30'36,4"N, 58°42'03,0"E. На коре *Salix sp.* в пойменном березово-еловом крупнотравном лесу.

14. *Pannaria conoplea* (Ach.) Vory – Паннария шерстистая. Статус охраны – 2.

Бассейн р. Подчерье: среднее течение. LL: 63°37'23,6"N, 58°25'20,8"E. Правый берег р. Подчерье. Поверх мхов на поверхности карбонатной скалы.

15. *Peltigera frippii* Holt.-Hartw. – Пельтигера Фриппа. Статус охраны – 4.

Бассейн р. Подчерье: ~3 км вниз по течению от археологического памятника «Грот Арка». LL: 63°52'11,4"N, 57°53'36,9"E. На почве на зарастающей береговой осыпи.

16. *Peltigera kristinssonii* Vitik. – Пельтигера Кристинссона. Статус охраны – 3.

Бассейн р. Подчерье: скала Шайтан, ~4,5 км вниз по течению от устья р. Оселок. LL: 63°41'30,1"N, 58°17'10,2"E, 63°52'33,3"N, 58°05'29,0"E. На замшелых береговых скалах, в том числе облесенных.

17. *Peltigera collina* (Ach.) Schrad. – Пельтигера холмовая. Бионадзор.

Бассейн р. Подчерье: ~5 км вниз по течению от устья р. Подчерьевож. LL: 63°30'36,4"N, 58°42'03,0"E. На коре *Salix sp.* в пойменном березово-еловом крупнотравном лесу.

18. *Peltigera venosa* (L.) Hoffm. – Пельтигера жилковатая. Бионадзор.

Басс. р. Щугер: р. Гердюю. Бассейн р. Подчерье: ~3 км вниз по течению от археологического памятника «Грот Арка». LL: 64°04'27,1"N, 58°38'57,0"E, 63°52'11,4"N, 57°53'36,9"E. На почве на бечевнике и береговом обрыве.

19. *Phaeophyscia constipata* (Norrl. & Nyl.) Moberg – Феофисция скученная. Статус охраны – 3.

Бассейн р. Подчерье: ~0,5 км вниз по течению от археологического памятника «Грот Арка». LL: 63°52'19,8"N, 57°56'15,5"E. На каменистой береговой осыпи.

20. *Ramalina roesleri* (Hochst. ex Schaer.) Hue - Рамалина Рэслера. Статус охраны – 3.

Басс. р. Щугер: р. Гердюю. Бассейн р. Подчерье: ~2,5 км выше по течению от устья р. Васька-Кемасьныель. LL: 63°32'51,7"N, 58°36'02,1"E. На коре *Picea obovata* в пойменном ельнике с березой разнотравно-сфагновом.

21. *Ramalina thrausta* (Ach.) Nyl. – Рамалина волосовидная. Бионадзор.

Бассейн р. Подчерье: ~5,5 км выше по течению от устья р. Оселок, ~2,5 км выше по течению от устья р. Васька-Кемасьныель. LL: 63°50'14,9"N, 58°08'47,8"E, 63°32'51,7"N, 58°36'02,1"E. На коре *Picea obovata*, *Abies sibirica* и *Salix sp.* в сырых долинных ельниках.

22. *Rostania occultata* (Baglietto) Otlora, P.M. Jørg. & Wedin (= *Collema occultatum* Bagl.) – Ростания скрытая. Бионадзор.

Бассейн р. Подчерье: ~5 км вниз по течению от устья р. Подчерьевож. LL: 63°30'36,4"N, 58°42'03,0"E. На коре *Salix sp.* в пойменном березово-еловом крупнотравном лесу.

23. *Solorina spongiosa* (Ach.) Anzi - Солорина губчатая. Статус охраны – 3.

Бассейн р. Подчерье: среднее течение. LL: 63°52'33,2"N, 57°51'45,9"E. На мелкозем на карбонатной скале у уреза воды.

24. *Usnea longissima* Ach. – Уснея длиннейшая. Статус охраны – 1.

Басс. р. Щугер: р. Гердюю. Хр. Кузькуденер: восточный склон хребта. Бассейн р. Подчерье: район устья р. Оселок. На ветвях *Picea obovata* и *Abies sibirica* в сырых еловых и пихтовых лесах. Редко.

25. *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai – Вульпицида можжевеловая. Статус охраны – 3.

Бассейн р. Подчерье: р. Оселок. LL: 63°51'18,3"N, 58°24'58,9"E. Обле-сенный скалистый левый берег р. Оселок. На коре *Juniperus sp.* в ельнике костянично-зеленомошном.

Шесть из 15 подлежащих охране на территории республики видов лишайников имеют категорию статуса охраны 3 (редкие виды). К категориям 2 (сокращающиеся в численности) и 4 (неопределенные по статусу) относятся по четыре вида. Один вид (*Usnea longissima*) имеет высшую категорию охраны 1 (виды, находящиеся под угрозой исчезновения).

Редкие и охраняемые виды лишайников отмечены практически во всех обследованных типах местообитаний: в еловых лесах (*Lobaria pulmonaria*, *L. scrobiculata*, *Evernia divaricata*, *Hypogymnia bitteri*, *Nephroma helveticum*, *Ramalina roesleri*, *R. thrausta*), пойменных ивняках (*Collema subflaccidum*, *Lobaria pulmonaria*, *L. scrobiculata*, *Rostania occultata*, *Hypogymnia bitteri*, *Peltigera collina*), на осыпях и скалах по берегам рек (*Cladonia acuminata*, *Enchylium polycarpon*, *Peltigera frippii*, *P. kristinssonii*, *P. venosa* и др.), в горных тундрах (*Cetraria laevigata*).

Встречаемость лишайников в пределах обследованных участков не высокая: для 17 из 25 видов выявлены единичные места находок. Популяции большинства не многочисленны, обычно представлены единичными экземплярами. Только три вида (*Lobaria pulmonaria*, *L. scrobiculata*, *Hypogymnia bitteri*) в подходящих местообитаниях (пойменные леса и заросли древовидных ив) были встречены в большом обилии.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта фундаментальных научных исследований УрО РАН № 15-12-4-1, ГР 115082510014 «Разнообразие растительного мира и почвенного покрова ландшафтов, перспективных для включения в состав объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми»».

Литература

Бассейн реки Малый Паток: дикая природа / Под ред. В. И. Пономарева. Сыктывкар: Изд-во «Parus», 2007. 216 с.

Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва») / Отв. ред. Е. Н. Патова. Сыктывкар, 2010. 192 с.

Красная книга Республики Коми. / Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.

Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.

Пыстина Т. Н., Херманссон Я. Разнообразие лишайников Республики Коми: важнейшие итоги и перспективы дальнейших исследований // Современная ботаника в России: Тр. XIII съезда Русского ботанического общества и конф. «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна». В 3-х томах. Тольятти, 2013. Т. 1. С. 205–207.

Флоры, лишено- и микобиоты особо охраняемых ландшафтов бассейнов рек Косью и Большая Сыня (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва») / Отв. ред. С. В. Дёгтева. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 483 с.

ИЗУЧЕНИЕ ВОДОРΟΣЛЕЙ НИЗИННЫХ БОЛОТ – ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Р. Ж. Мухаметшина, М. Ю. Шарипова

Башкирский государственный университет, sharipovamy@mail.ru

Во всем мире болотные экосистемы признаются одними из наиболее значимых, но очень уязвимых естественных биотопов, сильно пострадавших в результате хозяйственной деятельности человека (Растительность болот, 2009).

Основным условием формирования, развития и функционирования любого болотного комплекса является избыточное увлажнение. Именно избыточное увлажнение, способствуя формированию характерных особенностей гидрологического, термического, гидрохимического режимов, является условием развития и функционирования водных и околоводных экосистем. В настоящее время процессы болотообразования происходят медленно, что во многом связано с влиянием хозяйственной деятельности человека. В то же время, продолжающееся с 40-х годов XX в. повышение показателей увлажнения способствует избыточному увлажнению почв. Это в отдельных хозяйствах Башкортостана затрудняет условия сельскохозяйственной деятельности (Гареев, 2012). Известны три пути образования болот – заторфовывание водоемов и заболачивание суши, заболачивание озер. По характеру растительности, местоположению и режиму питания различают болота низинные (эвтрофные), верховые (олиготрофные) и переходные (мезотрофные).

Цель исследования: выявление состава и структуры цианобактериально-водорослевого ценозов в болотах «Упканкуль» (Аскинский район), «Калтымановское» (Иглинский район), «Группы одиннадцати озер» (Гафурийский район). Упканкуль-болото в Аскинском районе Башкортостана, в д. Упканкуль. Является памятником природы с 1985 г. Площадь охранной зоны 3,0 кв.км. Объекты охраны: 1. Эталонные и редкие болотные растительные сообщества (осоково-сфагновые сплавинные болота); 2. Популяции редких видов растений (пушица стройная, клюква болотная, росянка английская и др.).

Памятником природы объявлено также Калтымановское болото. Оно расположено в карстовой котловине среди залесенной ложбины вблизи с. Калтыманово, имеет овальное очертание. Площадь болота около 1,5 гектара (Мулдашев, 2013). На болоте растут редкие для республики растения, например, росянка круглолистная. Отмечены также вейник тростниковидный, вахта трехлистная, шлемник колпаконосный, рогоз широколистный. Клюква и росянка занесены в «Красную книгу Республики Башкортостан» (2001).

Большой интерес вызывают болота в пойме р. Белая под названием «Группа одиннадцати озер». Болота располагаются в притеррасной части поймы реки Белая. Крупнейшие болотные массивы в пойме реки Белая (Бабай, Катай и др.) находятся в окрестностях деревень Бакрак, Средний Утяш, Якты-Куль и с. Зилим-Караново. Там представлены различные варианты бо-

лотной растительности: осоковые, тростниковые, сфагно-березовые и др. Болота эти низинные, площадь составляет 26–147 га, средняя мощность торфа 1,0–2,1 м. Питаются преимущественно поверхностными водами.

Отбор проб водорослей проводился в летние сезоны 2014–2016 гг. Водоросли выявляли в чашечных культурах со «стеклами обрастания» Определение водорослей, обработка полученных данных, сведенных в матрицу, проводилась стандартными альгологическими методами (Шарипова, Дубовик, 2012). Всего было собрано около 47 проб: 22 пробы в болоте «Упканкуль», 18 в Калтымановском болоте и 7 проб было отобрано с болот «Группы одиннадцати озер» (табл.). В местах отбора проб измерялась температура, рН водной среды. Во время отбора проб температура воды в болотах «Группы одиннадцати озер» была в пределах 13,2–13,4 °С и рН=6,87–6,89; в Калтымановском болоте – t=18,4–19,6 °С, рН=6,89–7,29; в болоте «Упканкуль» t=18,7–19,9 °С, рН=7,15–7,38. К настоящему времени изучена лишь небольшая часть собранных нами проб.

При анализе полученных данных, сведенных в матрицу, применяем принципы и методы изучения ценотической организации водорослей (Голлербах, Штина, 1969).

Всего в изученных болотных экосистемах выявлено 56 видов циано-прокариот (Cyanoprokaryota) и водорослей из 4 отделов: Chlorophyta, Bacillariophyta, Euglenophyta и Ochrophyta. Отделом, доминирующим по числу видов в болоте «Упканкуль» является Chlorophyta и Cyanoprokaryota (12 видов), в Калтымановском болоте доминирующим отделом является Chlorophyta (16 видов), а в болоте «Группы одиннадцати озер» – Cyanoprokaryota (9 видов).

По обилию доминирующими видами являются *Eustigmatus magnus*, *Cylindospermum stagnale*, *Leptolyngbya boryana*, *Chlorella vulgaris*, *Phormidium ambiguum*, *Anabaena variabilis*, *Cosmarium reniforme* и т. д.

Таблица

Систематический список видов изученных болот

	Отдел, вид	1*	2*	3*
		Обилие (баллы)		
Cyanoprokaryota				
1	<i>Cylindospermum stagnale</i>	3	2	3
2	<i>Nostoc linckia</i>	3	2	3
3	<i>Nostoc commune</i>			3
4	<i>Anabaena variabilis</i>	3		3
5	<i>Anabaena sp.</i>	3		3
6	<i>Phormidium ambiguum</i>	2		2
7	<i>Phormidium tenue</i>	2		2
8	<i>Leptolyngbya boryana</i>			1
9	<i>Nostoc paludosum</i>	3		3
10	<i>Spirulina abbreviata</i>		3	
11	<i>Oscillatoria limosa</i>		3	
12	<i>Schizothrix penicillata</i>		1	
Chlorophyta				
1	<i>Chlorella vulgaris</i>	2		2

	Отдел, вид	1*	2*	3*
		Обилие (баллы)		
2	<i>Spongiochloris spongiosa</i>			2
3	<i>Neochloris gelatinosa</i>	2		2
4	<i>Characium acuminatum</i>	1		1
5	<i>Chlorococcum infusionum</i>	2		2
6	<i>Chlorochormidium flaccidium</i>		1	1
7	<i>Cosmarium reniforme</i>	3		3
8	<i>Bracteacoccus minor</i>	1		1
9	<i>Scenedesmus obliquus</i>	2	2	2
10	<i>Chlorobotrys simplex</i>			
<i>Euglenophyta</i>				
1	<i>Euglena viridis</i>	1		1
<i>Ochrophyta</i>				
1	<i>Eustigmatus magna</i>		1	2
2	<i>Chlorobotrys simplex</i>		3	
<i>Отдел Bacillariophyta</i>				
1	<i>Hantzchia amphioxys</i>	2		2
2	<i>Luticola mutica</i>		2	
3	<i>Decussata placenta</i>	1	1	1
4	<i>Nitzschia linearis</i>	2		2
5	<i>Nitzschia palea</i>		2	
6	<i>Pinnularia lata</i>	1		1
	Всего видов и внутривидовых таксонов	19	12	24
	Сумма баллов обилия	39	23	48

Примечание: 1 – Калтымановское болото, 2 – Болота «Группы одиннадцати озер», 3 – болото «Упканкуль».

Таким образом, альгофлора болот различалась по числу видов и доминирующему комплексу. Доминирующими видами в болоте «Упканкуль» являются зеленые водоросли и цианопрокариоты, в Калтымановском болоте зеленые водоросли, в «Группе одиннадцати озер» цианопрокариоты. Изучение альгофлоры и взаимодействия водорослей с другими компонентами экосистемы составляет необходимую часть комплексных исследований, являющихся научной основой рационального освоения и охраны природных ресурсов болот.

Литература

- Гареев А. М. Реки, озера и болотные комплексы Республики Башкортостан. Уфа: Гилем, 2012. 248 с.
- Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
- Мулдашев А. А. Список особо охраняемых природных территорий Башкортостана // Башкирская энциклопедия. Уфа: НИК «Башкирская энциклопедия», 2013.
- Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны. Минск: Право и экономика, 2009. 256 с.
- Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е. Современные методы альгологии. Учебное пособие. Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. 116 с.

ПОБЕГОВЫЕ СИСТЕМЫ НАЗЕМНОЙ ФОРМЫ *POLYGONUM AMPHIBIUM* L.

Н. П. Савиных, А. Н. Полубоярцева
Вятский государственный университет,
savva_09@mail.ru, alena.list2013@mail.ru

Многие растения, обитающие в условиях с различной степенью влажности, не достаточно изучены с позиций современной биоморфологии. В то же время познание особенностей строения побеговых систем и хода онтогенеза особей у этих видов способствует осознанию способов и механизмов вторичного освоения водоёмов цветковыми растениями. Именно таким видом является *Polygonum amphibium*, по биоморфологии которого практически отсутствуют данные в отечественной и зарубежной литературе.

P. amphibium распространён в Европе, Азии и Северной Америке. В России он встречается по всей территории, кроме Крайнего Севера (Губанов и др., 2003). Этот полиморфный вид отличается разнообразными экологическими предпочтениями, особенно по фактору влажности, высокой вариабельностью отдельных структур и жизненной формы в целом. Растения произрастают в наземных условиях по берегам рек, в местах с переменным увлажнением в условиях прибрежий, в местах схода воды, во временных водоёмах и в воде. Поэтому изучение структурной организации особей этого вида с современных подходов и позиций актуально для выяснения особенностей структурных перестроек растений при вторичном освоении ими водоёмов.

Ранее (Савиных, Шарова, 2015; Савиных, Полубоярцева, 2016) характеризовали некоторые особенности биоморфологии наземной формы по сравнению с водной. Настоящее сообщение посвящено особенностям побегообразования наземной экобиоморфы *P. amphibium* с позиции модульной организации (Савиных, 2008) и структурно-функциональной зональности побегов (Борисова, Попова, 1990).

Сухопутная (наземная) форма *P. amphibium* встречается на песчаных и глинистых берегах, в посевах, на приречных лугах, по обочинам дорог. Эти растения почти никогда не цветут (Губанов, 2003; Григорьев, 1936). На обсыхающих днищах временных водоёмов от базальных участков побегов, погруженных в ил вырастают боковые – наземные (Григорьев, 1936).

Предметом нашего исследования стали побеговые системы и отдельные побеги наземной формы *P. amphibium*. Материал для данного исследования собран в июле 2016 г. в сообществах на песках, расположенных в зарослях кустарников и по их краям, и среди травянистой растительности по берегу реки Вятки в окрестностях п. Аркуль Нолинского района Кировской области.

В природе фотографировали местообитания особей, выкапывали растения и их фрагменты. В лаборатории определяли варианты слагающих систему элементарных метамеров (Савиных, 2008), типы побегов, подсчитывали их число, число побегов, листьев срединной формации, длину

и ширину листовой пластинки, длину черешка. Также учитывали общие размеры побеговых систем, включая побеги всех порядков. Полученные результаты отражали в виде схем и рисунков. Некоторые экземпляры гербаризировали, часть побеговых систем фиксировали в спирте 40%-ной концентрации.

Наименьшей структурной единицей побеговой системы *P. amphibium*, как и других цветковых растений, является элементарный модуль. В зависимости от длины междоузлий, типа листа, пазушных почек, положения в побеговой системе элементарные модули горца земноводного разнообразны. Междоузлия всегда длинные. Различаются эти структуры по состоянию листьев (они могут быть отмершими, пожелтевшими или зелеными), но все они – листья срединной формации. Геофильный участок побега представлен метамерами с длинными междоузлиями, в узлах которых находится почка либо вегетативный побег. От узлов всех метамеров, находящихся во время половодья в воде или соприкасающихся с субстратом, отходят стеблеродные придаточные корни.

Элементарные модули образуют в совокупности универсальный модуль (Савиных, 2008). Цельной единицей побеговых систем у поликарпических трав является монокарпический побег. Это – побег, малый жизненный цикл которого заканчивается образованием из его апикальной меристемы цветка или соцветия. После плодоношения монокарпический побег отмирает полностью или частично, но тогда его нижняя часть (резид, подиум), на которой располагаются почки возобновления, входит в состав многолетней побеговой системы (Серебряков, 1952; Серебрякова 1971). Монокарпические побеги наземных трав сезонного климата отличаются структурно-функциональной зональностью (Борисова, Попова, 1990), обеспечивающей высокую степень их автономности (независимости от сформированных ранее структур). Соцветия у побегов наземной формы горца земноводного образуются редко, в большинстве своем их системы сложены побегами с неполным циклом развития. Среди них различаются побеги с геофильной частью в основании и без неё. Первые образуются из почек, расположенных в почве, характерны для побегов n -го порядка и его боковых. Геофильные участки служат для расселения и закрепления особи в почве, для ветвления и, возможно, вегетативного размножения. Именно такими побегами представлены побеги n -го порядка у растений на песках и среди травянистой растительности.

В составе травяного покрова на наших участках были представлены сушак зонтичный (*Butomus umbellatus* L.), хвощ болотный (*Equisetum palustre* L.), мята полевая (*Mentha arvensis* L.), белокопытник ложный (*Petasites purius* (Retz.) Reichb.), вейник наземный (*Calamagrostis epigios* L.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), частуха подорожниковая (*Alisma plantago-aquatica* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), ситняг болотный (*Eleocharis palustris* L.).

Здесь побеги n -го порядка анизотропные, лежащие основанием и укореняющиеся, с рассеянным ветвлением (рис. 1): боковые побеги образу-

ются из любой почки, в том числе – без периода покоя. Побеги $n+1$ порядка ветвления также укореняются в лежащей части, соприкасающейся с субстратом, состоят из элементарных модулей с длинными междоузлиями, листьями срединной формации, почками, либо вегетативными побегами, возникшими из пазушных почек. Эти побеги не полегают, в конце вегетационного сезона отмирают полностью, как и верхушки побегов с геофильными участками. Побеги последующих порядков ветвления сходны по структуре и ритму развития с побегами $n+1$ порядка.

Типичные структурно-функциональные зоны здесь не выделяются. Практически из каждой почки могут сформироваться побеги, а среди густого травостоя перезимовать и стать основой дальнейшего разрастания особи и её вегетативного размножения. Поддержание ценопопуляции вегетативное. Видимо, таким образом – в стратегии специализированного пациента – существует *P. amphibium* в течение длительного времени по берегам рек.

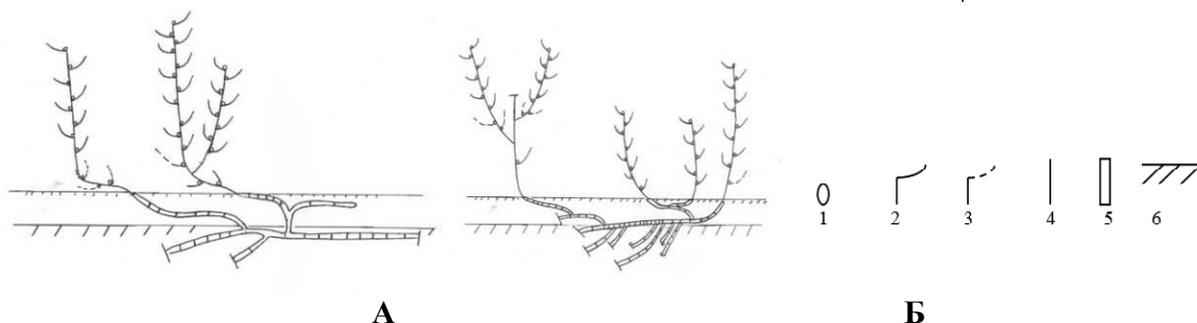


Рис. 1. Побеговые системы *P. amphibium* (А, Б) среди травяного покрова на берегу: 1 – живая почка, 2 – зеленый лист, 3 – пожелтевший лист, 4 – однолетние части растения, 5 – многолетние части, 6 – уровень грунта; 7 – побеги, идентичные указанным, но без надземной части для удобства восприятия рисунка; придаточные корни не указаны

Такие же вегетативные побеги n -го порядка – с геофильными участками – типичны для растений, обитающих на песках. В этих условиях выделена крупная заросль *P. amphibium* площадью почти 2 м^2 (рис. 2). Других растений рядом не обнаружено. Возможно, сформировавшиеся в прошлом году участки наземных побеговых систем были занесены песком во время половодья. По выходу почки геофильного участка на поверхность формируются ассимилирующие участки побегов. Из их пазушных почек развиваются ассимилирующие плагиотропные побеги следующего порядка уже без геофильных частей. Поэтому на песках формируется побеговая система с ветвлением до $n+3$ -го и более порядков (рис. 2). Все побеги вегетативные.

Побеги *P. amphibium* и в траве, и на песках демонстрируют признаки типичных наземных растений геофитов – наличие геофильного участка с обильным его ветвлением и гигро- и гидрофитов – рассеянное ветвление, в том числе и за счет образования силлептических побегов из почек обогащения, подобно итеративному. Границы структурно-функциональных зон у этих растений так же, как и у других растений из условий с переменным увлажне-

нием, не выражены. Любая почка может реализоваться в побег следующего порядка в любое время вегетационного сезона. А при укоренении и морфологической дезинтеграции стать неспециализированной диаспорой и послужить для возобновления растения после зимнего периода. Кроме того, – обеспечить пассивное вегетативное расселение во время половодья.

Многолетних частей у растений *P. amphibium* мы не обнаружили. По-видимому, как и у многих других растений, произрастающих в условиях переменного увлажнения, особи этого вида являются малолетниками вегетативного происхождения.

Нарастают побеговые системы растений на песчаных берегах в направлении от берега к руслу реки, демонстрируя возможный переход наземных растений от сухих условий песчаных берегов в воду (рис. 2).

Таким образом, в наземных условиях *P. amphibium* существует в виде особой экобиоморфы: поликарпический вегетативно-подвижный летнезелёный малолетник вегетативного происхождения с ранней полной специализированной морфологической дезинтеграцией; криптофит по Х. Раункиеру. Среди травостоя побеги анизотропные, на открытых местах – ползучие.

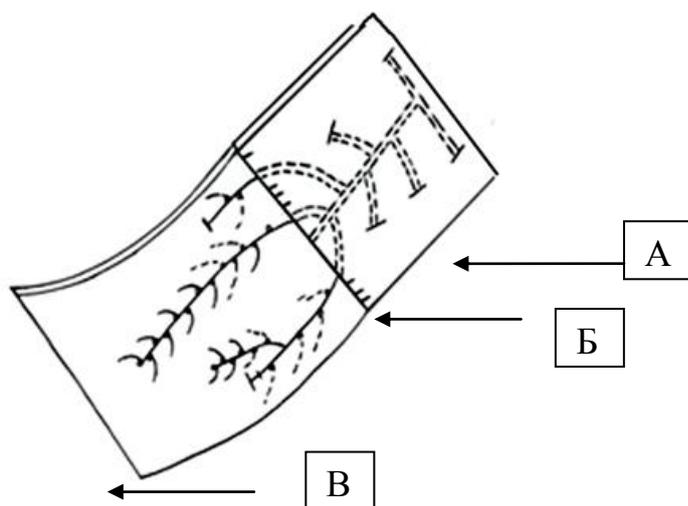


Рис. 2. Строение, побеговой системы *Polygonum amphibium* в конце вегетационного периода на песках (А – берег, Б – место выхода побегов на поверхность В – русло реки)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

- Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журнал, 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1425.
- Григорьев Ю. С. Горец земноводный – *Polygonum amphibium* L. // Флора СССР. Т. 5. М.–Л.: Изд-во «Академия наук СССР». 1936. С. 645.
- Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3-х томах. М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. Т. 2. 666 с.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник Тверского государственного университета. Сер. Биологии и экология. 2008. № 25. С. 227–243.

Савиных Н. П., Полубоярцева А. Н. Биоморфология наземной формы горца земноводного // Экология родного края: проблемы и пути решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2015. С. 210.

Савиных Н. П., Шарова А. Н. Экология и побегообразование горца земноводного // Экология родного края: проблемы и пути решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. (г. Киров, 22–24 апреля 2015 г.). Киров, 2015. С. 41–45.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука, 1952. 390 с.

Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. 360 с.

Raunkier C. The Life Forms of Plant and Statistical Plant Geography, being the collected papers of C. Raunkier. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.

ТИПЫ ПОБЕГОВЫХ СИСТЕМ КАМЫША ЛЕСНОГО

Н. П. Савиных, А. С. Кадочникова

Вятский государственный университет,

savva_09@mail.ru, alexandra_kadochnikova@mail.ru

Камыш лесной (*Scirpus sylvaticus*) относится к семейству Осоковые (Cyperaceae) и распространен по всей Европе (кроме крайнего юга и севера), в Сибири, в Малой Азии, Монголии, Японии, Китае и Северной Америке (Комаров, 1935). В Кировской области распространен повсеместно (Александров, 1975).

Согласно показателям экологических шкал, Д. Н. Цыганова (Жукова, 2010) мы составили для камыша лесного следующую формулу экологических предпочтений¹: ЭВ_{Кп, Tr, Lc} МВ_{Тм, Ом} ГЭВ_{Cr, Nt} ГСВ_{Нд, Rc, Fh} (рис. 1). Именно поэтому камыш можно встретить на влажных лугах, по болотам, кустарникам, лесам и берегам водоемов – в местах с переменным увлажнением и его определяют, как гигрофит (Александров, 1975; Комаров, 1935).

S. sylvaticus признан в народной медицине как кровоостанавливающее и ранозаживляющее средство; его применяют при болезнях желудочно-кишечного тракта, сердечных болях и одышке. Корневища камыша используют в пищу, в кулинарии – как суррогат кофе. Побеги камыша востребованы как строительный, теплоизоляционный и упаковочный материал, а также для изготовления плетеных изделий и на корм крупному рогатому скоту и оленям (Комаров, 1935).

¹ ЭВ – эвривалентность, МВ – мезовалентность, СЭВ – стеноэвривалентность, ГСВ – гемистеновалентность. Шкалы: Тм – термоклиматическая, Кп – континентальности климата, Ом – омброклиматическая, Cr – криоклиматическая, Lc – освещенности-затенения, Нд – увлажнения, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почвы азотом, Rc – кислотности почвы, Fh – переменности климата.

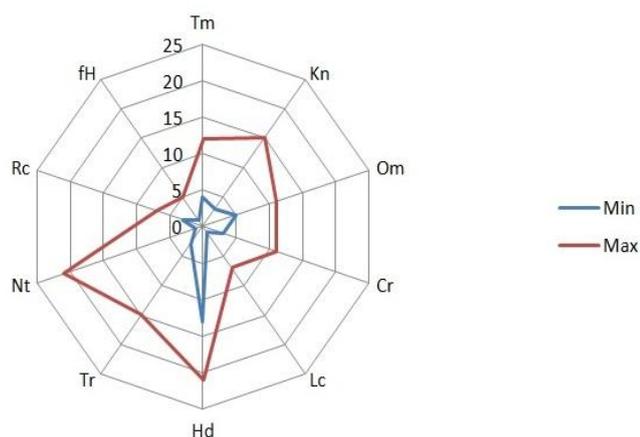


Рис. 1. Амплитуды экологического ареала *Scirpus sylvaticus*

Элементарным структурным элементом побеговой системы камыша лесного является монокарпический побег – универсальный модуль (Савиных, 2008). Этому растению, как и многим другим гигрофитам, свойственно итеративное ветвление – образование побегов замещения из почек обогащения и формирование сложных побеговых систем за один вегетационный период. В соответствии с представлениями И. Г. Серебрякова (1952) и Т. И. Серебряковой (1971) в развитии монокарпического побега *S. sylvaticus* выделяются следующие фазы (рис. 2):

Фаза почки (рис. 2, 1) продолжается от нескольких недель у силлептических побегов в случае итеративного ветвления до одного года у моноциклических побегов возобновления.

Внепочечный период развития монокарпического побега включает несколько фаз.

Промежуточная фаза (рис. 2, 2) – развитие геофильного участка побега (будущий резид). На верхушке структуры – промежуточная почка. У наземных трав в ней формируются все участки побега до соцветия.

Фаза вегетативного ассимилирующего побега (рис. 2, 3) – разрастание вегетативной массы, заложение соцветий.

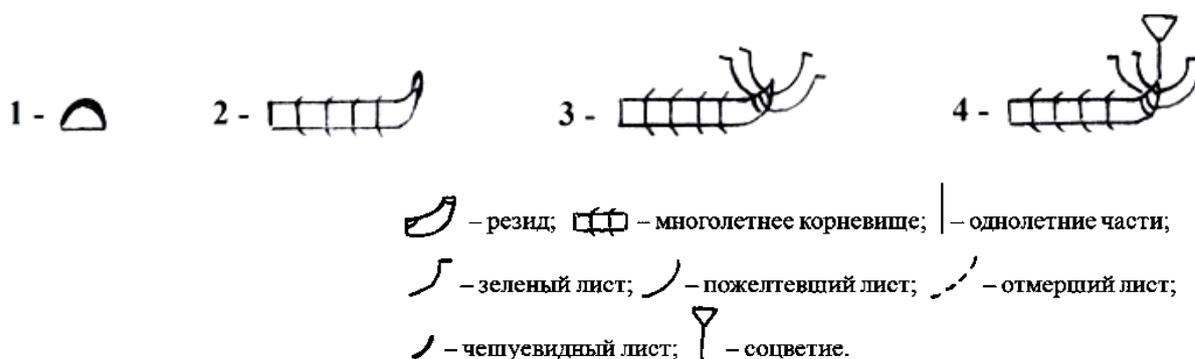


Рис. 2. Фазы развития монокарпического побега *Scirpus sylvaticus*:
1 – почки; 2 – промежуточная; 3 – вегетативного ассимилирующего побега;
4 – бутонизации, цветения, плодоношения

Фаза бутонизации, цветения, плодоношения (рис. 2, 4) длится до конца лета, осенью надземные участки отмирают.

Фаза вторичной деятельности у изученных экземпляров не обнаружена.

Согласно терминологии И. В. Борисовой и Т. А. Поповой (1990), в строении побега *S. sylvaticus* выделяются четыре структурно-функциональные зоны (рис. 3).

Нижняя зона торможения (НЗТ) расположена в базальной части побега, соответствует геофильному участку и обеспечивает расселение, закрепление на занятой территории, служит для запаса питательных веществ и является резервом почек (спящих) для дополнительного возобновления после неблагоприятного периода (рис. 3).

Зона возобновления (ЗВ) находится на дуге побега при переходе от горизонтального направления роста к вертикальному (рис. 3). Она включает несколько метамеров с почками возобновления; её основная функция – возобновление растения после периода покоя, дополнительная – запас питательных веществ.

Средняя зона торможения (СЗТ) представлена базальным надземным участком монокарпического побега. Она образована метамерами двух типов: короткое междоузлие, узел с зелёным листом и почкой в его пазухе; длинное междоузлие, узел с зелёным листом и почкой в его пазухе. Основные функции этой зоны – участие в питании растения путем осуществления фотосинтеза, вынос репродуктивной части в верхние ярусы травостоя, а также – резерв почек для возобновления растения (рис. 3).

4. Главное соцветие (ГС) – у *S. sylvaticus* агрегатное – кубковидная метелка из колосков (рис. 3).

В зависимости от стадий развития универсальный модуль – монокарпический побег – представлен разными типами элементарных модулей (Савиных, 2008), состоящих из нижележащего междоузлия, узла, листа и почек или производных от них пазушных структур. У изученных экземпляров выделено четыре варианта элементарных модулей (рис 4). Первый из короткого междоузлия, узла с чешуевидным листом и почкой (рис. 4, 1). Такие модули образуют геофильные части монокарпических побегов, располагаются в субстрате. Далее вверх по пробегу следуют модули с коротким междоузлием, узлом с листом срединной формации и почкой (Рис. 4, 2). Они слагают розеточную часть надземного участка побега.

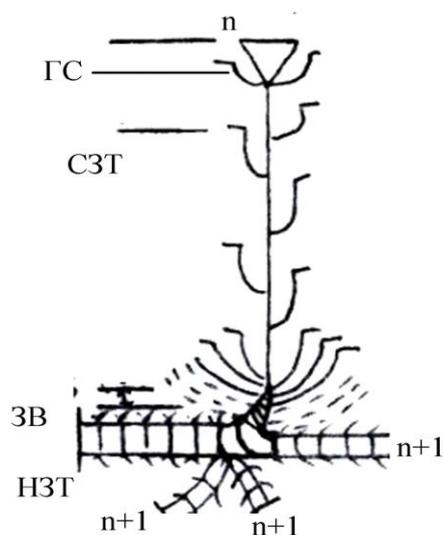


Рис. 3. Структурно-функциональные зоны *Scirpus sylvaticus*: n+1 и n – порядки ветвления, остальные пояснения в тексте, условные обозначения те же, что на рисунке 2

Третий вариант элементарных модулей представлен длинным междоузлем и узлом с листом срединной формации и почкой (рис. 4, 3). Такие модули обеспечивают вынос соцветия в верхние ярусы травостоя. Самые верхние модули представлены коротким междоузлем, узлом с чешуевидным листом и соцветием в его пазухе (рис. 4, 4). Они формируют терминальную синфлоресценцию монокарпического побега.

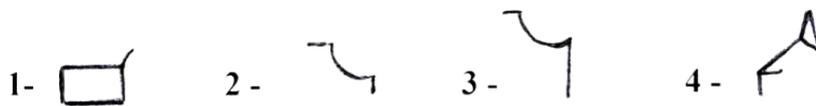


Рис. 4. Типы элементарных модулей *Scirpus sylvaticus*: 1–4 – варианты (условные обозначения те же, что на рис. 2)

Структурным элементом всей особи – основным модулем в соответствии с нашими представлениями (Савиных, 2008) является система, формирующаяся на основе универсального модуля. В зависимости от интенсивности итеративного ветвления побеговые системы бывают разной сложности. На основе одного монокарпического побега могут возникнуть от одного до 5 побегов генеративных и бокового, находящегося на разных стадиях развития (геофильных или вегетативных ассимилирующих побегов). Поэтому побеговые системы могут иметь вид: 1) парциального куста – симподия-плейохазия (рис. 5, 1); 2) однолетнего симподия-монохазия из вегетативных ассимилирующих (рис. 5, 2, 6) и ассимилирующих и геофильных (рис. 5, 9) побегов; 3) рыхлого куста из симподиев-монохазиов и отдельных парциальных побегов вегетативных (рис. 5, 3) и цветущих (рис. 5, 6); 4) рыхлый куст в виде симподия-дихазия из отдельных парциальных побегов (рис. 5, 4); 5) рыхлый куст из парциальных побегов и симподиев-дихазиев (рис. 5, 5); 6). Поэтому основной модуль у *S. sylvaticus* представлен в виде разных структур в зависимости от степени ветвления и, видимо, онтогенетического состояния растения. Это – отдельные парциальные – монокарпические – побеги, симподии-монохазии из цветущих и вегетативных побегов, только вегетативных побегов с геофильными и без них, парциальные кусты. Отличие их от таких же структур у наземных трав в более раннем формировании: в течение единственного вегетационного сезона вместо 2–3 лет.

S. sylvaticus относится к вегетативно-подвижным травам с полурозеточными побегами, которые формируются по симподиальной полурозеточной модели побегообразования. Из-за наличия длинных геофильных участков в основании побегов по числу центров воздействия на среду он явнополицентрическое растение. Морфологическая дезинтеграция наступает на ранних этапах развития и особи, и побеговых систем, протекает с вегетативным разрастанием – это нормальная ранняя специализированная морфологическая дезинтеграция с омоложением.

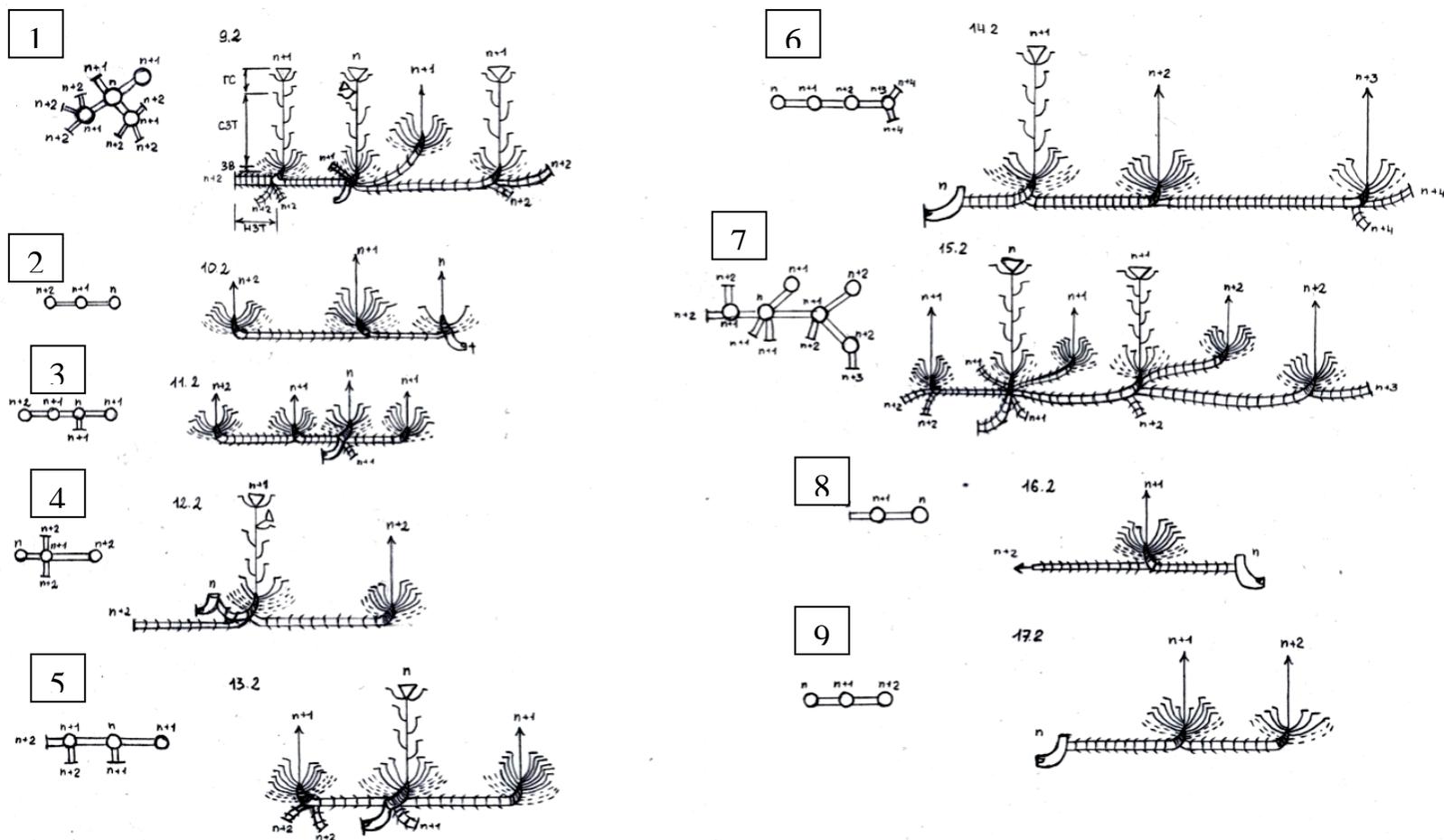


Рис. 5. Типы побеговых систем *Scirpus sylvaticus* (условные обозначения те же, что на рис. 2)

На основе вышеизложенного жизненную форму *S. sylvaticus* с позиции множественной синтетической классификации определяем как явно полицентрический вегетативно-подвижный, по-видимому, малолетник вегетативного происхождения, поликарпик с нормальной ранней специализированно морфологической дезинтеграцией, гемикриптофит/криптофит.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Александров Ф. А., Красовский Л. И., Новикова Н. Г., Розанова Н. Н., Фокин А. Д. Определитель растений Кировской области: в 2-х т. Т. 1. Киров: КГПИ, 1975. 67 с.

Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. журнал. 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1425.

Жукова Л. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола: Изд-во МГУ, 2010. 350 с.

Комаров В. Л. Флора СССР: в 30 т. М.: Изд-во «Академия наук СССР», 1935. Т. 3. 636 с.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник Тверского государственного университета. Сер. Биологии и экология. 2008. № 25. С. 227–243.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука, 1952. 390 с.

Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. 360 с.

ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ И ЖИЗНЕННАЯ ФОРМА НЕЗАБУДКИ БОЛОТНОЙ

Н. П. Савиных, К. Р. Шамсувалиева

*Вятский государственный университет,
savva_09@mail.ru, karina.shamsuvalieva@mail.ru*

Myosotis palustris L. – незабудка болотная – из семейства Бурачниковых (Boraginaceae) широко распространена в Сибири и в Средней части России, в Кировской области встречается повсеместно (Тарасова, 2007).

M. palustris – лекарственное растение. Сок и порошок применяют при заболеваниях половых органов и злокачественных опухолях ротовой полости. Чай является хорошим потогонным средством при вирусных и респираторных инфекциях. Примочки из отвара травы незаменимы при различных заболеваниях глаз. Из стеблей и листьев незабудки готовят эфирный экстракт, применяемый как антибактериальное средство (Варлаков, 1946).

Согласно шкалам Д. Н. Цыганова (1983) мы выявили экологические предпочтения *M. palustris*. На основе градации шкал по методике Л. А. Жуковой (2010) определили экологическую валентность вида по отно-

шению к 10 факторам². Формула, показывающая это следующая: $MВ_{Om, Hd}; ГЭВ_{Tm, Cr, Tr, Nt, fH}; ЭВ_{Kn, Rc, Lc}$.

Индекс толерантности (It), определяемый как отношение сумм экологических валентностей с суммой шкал равен 0,66, на основании чего по совокупности значений всех факторов данный вид относится к гемиэвривалентным. Поэтому особи встречаются на сырых лугах, в травяных болотах, по окраинам их, по берегам водоёмов, а также вдоль ручьев.

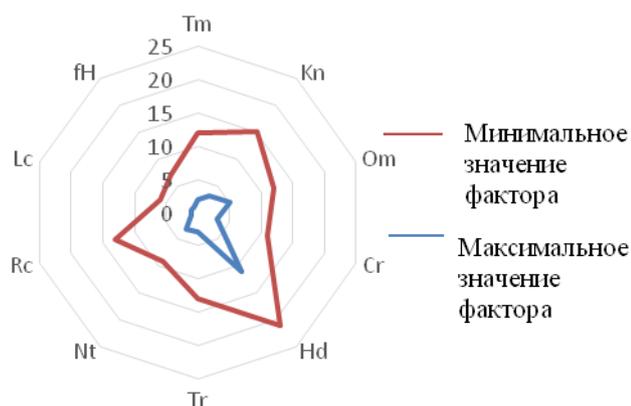


Рис. 1. Амплитуды экологического ареала *Myosotis palustris* (по Д. Н. Цыганову, 1983)

Основной структурной единицей растения является анизотропный монокарпический побег, который закономерно и регулярно повторяется в течение жизни особи. В его развитии согласно терминологии И. Г. Серебрякова (1952) выделили следующие фазы развития: почка – вегетативный ассимилирующий побег – бутонизации, цветения и плодоношения. Фаза почки начинается с заложения в пазухе кроющего листа срединной формации и продолжается до начала ее разворачивания (рис. 2, поз 1). Поскольку многолетних частей побегов у этого растения нет, то фаза почки может продолжаться не более одного года. Кроме того, для *M. palustris*, как и для других трав-гигрофитов, свойственно образование силлептических побегов, когда фаза почки сокращается до нескольких недель.

Во время фазы вегетативного ассимилирующего побега формируется участок с листьями срединной формации и активно нарастающей ассимилирующей поверхностью. К функциям этой фазы относятся расселение, закрепление особи на территории и частичный запас питательных веществ. Она продолжается от нескольких месяцев до одного года. Последнее свойственно побегам n-го порядка, которые образуются в прошлом году во второй половине лета как силлептические, укореняются, перезимовывают как небольшие

² ЭВ – эвривалентность, МВ – мезовалентность, СЭВ – стеноэвривалентность, ГСВ – гемистеновалентность. Шкалы: Тm – термоклиматическая, Кп – континентальности климата, Om – омброклиматическая, Cr – криоклиматическая, Lc – освещенности-затенения, Hd – увлажнения, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почвы азотом, Rc – кислотности почвы, fH – переменности климата.

неспециализированные диаспоры и развиваются в обычные монокарпические побеги. Завершается нарастание побега формированием цветков и соцветий (рис. 2, поз. 2).

Фаза бутонизации, цветения и плодоношения начинается с заложения генеративных органов и заканчивается плодоношением, обычно непродолжительна: не более нескольких месяцев (рис. 2, поз. 3).

После цветения и плодоношения апикальный участок побега отмирает до узла с первым вегетативным побегом. В достаточно гумидных условиях стебель базального участка отмирает в междоузлиях, поэтому фаза вторичной деятельности (Серебрякова, 1971) в жизненном цикле побегов этого растения отсутствует.

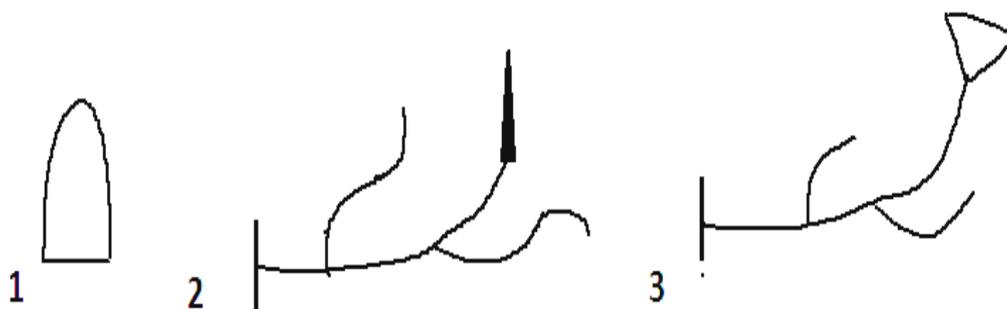


Рис. 2. Фазы в развитии монокарпического побега *Myosotis palustris*

В строении монокарпического побега, согласно терминологии И. В. Борисовой и Т. А. Поповой (1990), выделяются структурно-функциональные зоны: средняя торможения, обогащения, верхняя торможения, главного соцветия. В отличие от побегов типичных наземных трав у побегов незабудки болотной нет зон нижней торможения и возобновления. Это определяется ранней морфологической дезинтеграцией растения, ранним укоренением побегов и отсутствием у них геофильных участков, рассеянным ветвлением.

Средняя зона торможения (СЗТ) расположена в основании побега, служит для ассимиляции, и обеспечивает вынос ассимилирующей части побега в верхние ярусы травостоя, является дополнительным резервом почек для разрастания и размножения растения (рис. 3).

Зона обогащения (ЗО) отличается обильным ветвлением; именно из её почек формируются боковые вегетативные побеги, которые в будущем станут монокарпическими или с неполным циклом развития. Они способствуют расселению, вегетативному разрастанию и вегетативному размножению растения, а также семенной репродукции. При рассеянном ветвлении этот участок побега функционально соответствует зоне возобновления (рис. 3).

В верхней зоне торможения (ВЗТ) не развиваются пазушные почки. Главное соцветие (ГС) в основном обеспечивает семенную репродукцию (рис. 3).

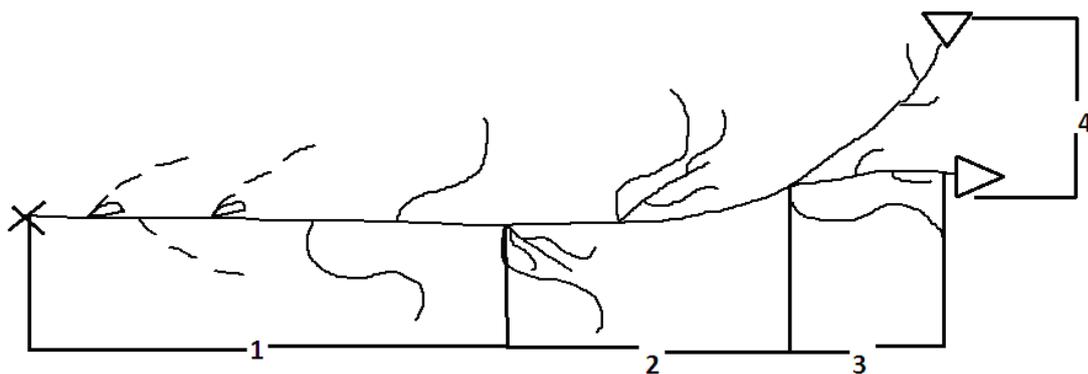


Рис. 3. Структурно-функциональная зональность монокарпического побега *Myosotis palustris*: 1 – СЗТ; 2 – ЗО; 3 – ВЗТ; 4 – ГС

Разные структурно-функциональные участки побега образованы разнообразными элементарными модулями (Савиных, 2008). СЗТ сложена элементарными модулями из длинного междоузлия, узла, отмершего листа и почки (рис. 4, 1). В ЗО чередуются следующие элементарные модули: длинное междоузлие, узел, лист срединной формации и вегетативный или вегетативно-генеративный побег (рис. 4, поз. 3). ВЗТ образована модулями из длинного междоузлия, узла и почки (рис. 4, поз. 2). В зоне ГС формируется длинное междоузлие, узел, лист срединной формации и парциальное соцветие (рис. 4, 3).

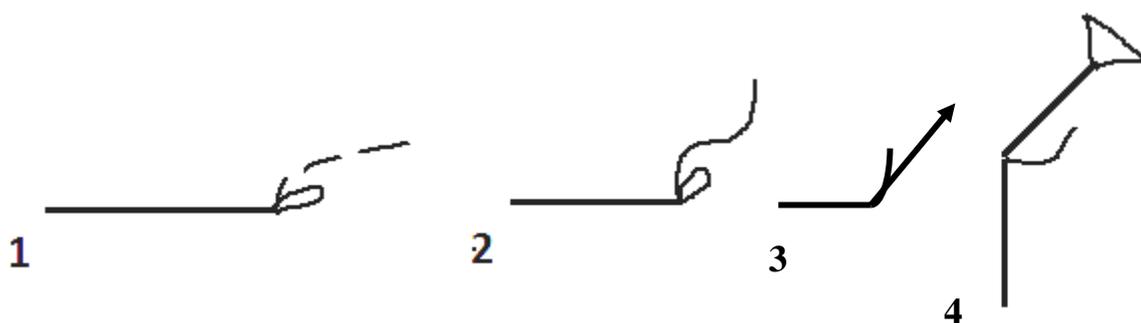


Рис. 4. Варианты элементарных модулей монокарпического побега *Myosotis palustris*: 1–4 – элементарные модули

Очевидно, что спектр элементарных модулей у *M. palustris* значительно меньше, чем у трав-мезофитов. Это определяется относительно однородными условиями среды в покрове травянистой растительности в условиях переменного увлажнения. По сравнению с побегами наземных трав-мезофитов они у этого растения, как и у многих других трав этого же яруса растительности, менее дифференцированы. При этом они также автономны, что определяется ранним укоренением (почти вслед за нарастанием) и ранней морфологической дезинтеграцией.

Пополнение побеговых систем в конце моноподиального нарастания побега и омоложение особей обеспечивается развитием силлептических побегов замещения. Центры воздействия особи на среду по расположению корней

и побегов не выражены. Это позволяет считать *M. palustris* ацентрическим растением.

M. palustris вегетативно-подвижное растение, так как её побеги очень рано полегают, укореняются и активно расселяются по поверхности субстрата. Они отмирают в месте отхождения от исходного побега к середине вегетационного сезона. Морфологическая дезинтеграция ранняя неспециализированная.

По синтетической множественной классификации *M. palustris* – гемикриптофит, малолетник вегетативного происхождения, ацентрический поликарпик с ранней неспециализированной морфологической дезинтеграцией. Модель побегообразования симподиальная длиннопобеговая.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Борисова И. В., Попова Т. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Бот. Журнал. 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1425.

Варлаков М. Н. О новых растительных противовоспалительных средствах. Фармация. № 5. 1946. С. 24–30.

Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3-х томах. М.: Т-во научных изданий КМК, 2003. Т. 2. 520 с.

Жукова Л. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола: Изд-во МГУ, 2010. 350 с.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник Тверского государственного университета. Сер. Биологии и экология. 2008. № 25. С. 227–243.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука, 1952. 390 с.

Серебрякова Т. И. Морфогенез побегов и эволюция жизненных форм злаков. М.: Наука, 1971. 360 с.

Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука. 1983. 196 с.

О ПОБЕГООБРАЗОВАНИИ И ЖИЗНЕННОЙ ФОРМЕ *ELEOCHARIS PALUSTRIS* (L.) R.Br.

Н. П. Савиных, Е. А. Михайлова
Вятский государственный университет,
savva_09@mail.ru, botany@vshu.kirov.ru

Одним из актуальных направлений современной биоморфологии растений является изучение водных и прибрежно-водных видов растений. *Eleocharis palustris* (болотница болотная) широко распространена в России и повсеместно встречается в Кировской области, прибрежно-болотный вид (Та-

расова, 2007). Важным фактором, ограничивающим его распространение, является степень увлажнения грунта. Широкий диапазон экологической валентности (Михайлова, Савиных, 2016) и многообразие местообитаний делает этот вид особенно перспективным для изучения особенностей побегообразования у растений этих местообитаний.

В благоприятных условиях *E. palustris* доминирует в растительном сообществе, активно осваивая свободные территории благодаря интенсивному росту, итеративному ветвлению и вегетативному размножению. Его экологическая стратегия находит отражение в особенностях внешнего строения, которые стали предметом нашего исследования. Мы оценили структуру побегов *E. palustris* с позиции модульной организации (Савиных, 2008), рассмотрели возможные пути формирования побеговой системы, охарактеризовали его жизненную форму. Для работы использовали образцы Гербария высших растений кафедры биологии и методики обучения биологии ВятГУ, а также живые растения, собранные в окрестностях города Кирова, в Слободском и Нюлинском районах Кировской области в 2016 г.

Ситняг болотный относят к длиннокорневищным травам (Губанов и др., 2002). В данном сообщении мы рассматриваем строение побеговой системы *E. palustris*, сформированной за один – два года. Подземные органы особей представлены длинным геофильным побегом. Он чаще удлинённый и реже – полурозеточный с несколькими метамерами с короткими междоузлиями. В плотном грунте он расположен на небольшой глубине и ориентирован горизонтально, нарастает моноподиально в течение нескольких лет. Эту структуру можно охарактеризовать как одноосный плагиотропный геофильный вегетативный побег n -го порядка. Главные функции таких побегов – расселение и закрепление растения в пространстве. В узлах чешуевидных листьев этой оси формируются моноциклические вегетативно-генеративные побеги ($n+1$ -го порядка), выполняющие функции ассимиляции и семенного возобновления. Обычно они образованы одним-двумя метамерами с коротким междоузлем, узлом и почкой в пазухе чешуевидного листа, а также несколькими метамерами с длинными междоузлиями и узлами, несущими чешуевидные листья. При редукции листьев срединной формации стебель таких побегов выполняет ассимилирующую функцию. Верхушечное соцветие образуют один длинный и многочисленные короткие метамеры, несущие брактей и одиночные пазушные цветки.

Из почки, расположенной в пазухе нижнего листа такого ортотропного побега при благоприятных условиях развивается розеточный или полурозеточный побег следующего ($n+2$ -го) порядка. Таким образом, побеговые системы *E. palustris* сложены двумя функциональными типами побегов. Оси n -го порядка удлинённые, нарастают моноподиально, не цветут. Листья редуцированы до чешуй. Они выполняют функцию расселения и занятия территории. Оси $n+1$ -го порядка представлены побегами-стрелками с небольшим розеточным участком в основании, чешуевидными листьями и почками, с соцветиями на верхушке. Для побегов обоих типов свойственно итеративное ветвле-

ние. У плагиотропных сразу вслед за нарастанием развиваются пазушные ортотропные побеги. У ортотропных в течение одного вегетационного сезона образуются парциальные образования разной степени сложности, которые служат для закрепления особи на территории.

По-видимому, такой способ побегообразования у *E. palustris* можно оценить как особый вариант моноподиальной длиннопобеговой модели в понимании Т. И. Серебряковой (1977), когда ось n -го порядка обеспечивает расселение, а боковые – репродукцию и закрепление на территории. Специфика этого вариант модели – пазушные структуры: не отдельные соцветия, как у других трав, например, у *Veronica officinalis* L. (Савиных, 1978), а сложно устроенные системы, но также как соцветия, формирующиеся в течение одного вегетационного сезона; живущие при этом значительно дольше за счёт образования побегов замещения последовательных порядков.

Побеговые системы *E. palustris* обладают большой вариативностью повторяющихся элементов – элементарных модулей. Мы пока выделили пять вариантов модулей у плагиотропных побегов: 1) короткое междуузлие, узел с листом низовой формации и вегетативным боковым побегом (рис. 1, П, А); 2) длинное междуузлие, узел с листом низовой формации, вегетативным побегом и придаточными узловыми корнями (рис. 1, П, Б); 3) длинное междуузлие, узел с листом низовой формации, вегетативно-генеративным побегом и придаточными узловыми корнями (рис. 1, В); 4) длинное междуузлие, узел с листом низовой формации, отмершим боковым побегом и придаточными узловыми корнями (рис. 1, П, Г); 5) короткое междуузлие, узел с листом низовой формации, отмершим боковым побегом и придаточными узловыми корнями (рис. 1, П, Д). Пазушные побеги образованы шестью вариантами элементарных модулей: 1) короткое междуузлие, узел с почкой в пазухе чешуевидного листа (рис. 1, П, Е) (соответствует зоне возобновления трав сезонного климата); 2–3) короткое междуузлие, узел, несущий вегетативный или вегетативно-генеративный побег в пазухе чешуевидного листа (рис. 1, П, Ж, З); 4) длинное междуузлие, узел с чешуевидным листом без сформировавшейся почки (рис. 1, П, И); 5–6) элементарные модули соцветия (рис. 1, П, К, Л).

Элементарные модули в совокупности образуют универсальный модуль (Савиных, 2008). У *E. palustris* выделено два варианта универсальных модулей: это внутригрунтовые плагиотропные удлинённые или полурозеточные моноподиально нарастающие вегетативные побеги и надземные ортотропные полурозеточные моноциклические вегетативно-генеративные. Последние функционально соответствуют монокарпическим побегам в смысле И. Г. Серебрякова (1952) и W. Troll (1964), но отличаются ритмом развития – образуются из почек обогащения, а не возобновления, отсутствием типичной зоны возобновления. Поэтому мы называем их вегетативно-генеративными.

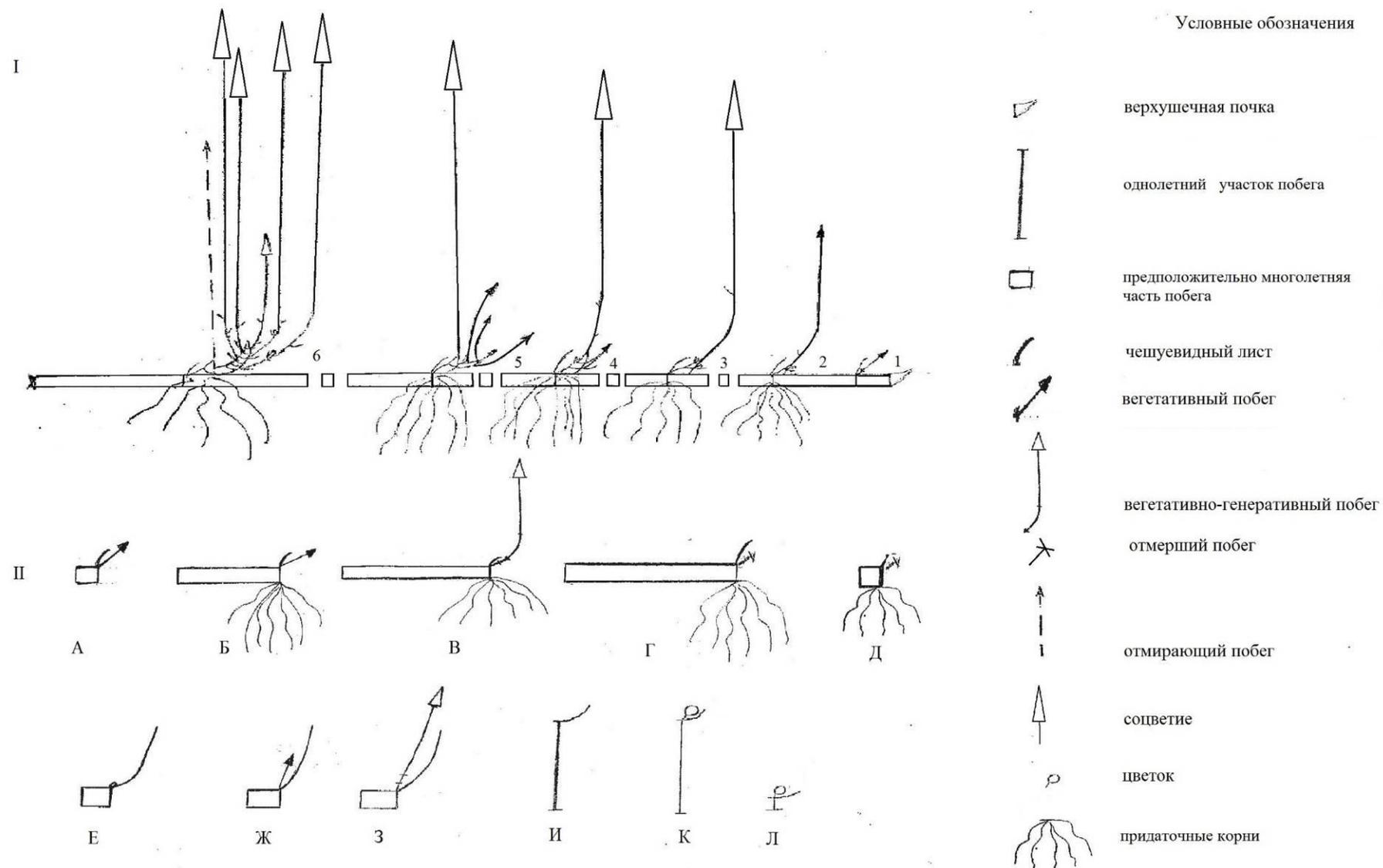


Рис. 1. Модульная организация *Eleocharis palustris*:
 I – структура фрагмента побеговой системы; II – элементарные модули

Основной модуль, как структура, определяющая габитус растения, формируется на основе вегетативно-генеративного полурозеточного побега и представлена парциальным кустом. Он развивается в ходе итеративного ветвления следующим образом. Исходный полурозеточный побег возникает как боковой силлептический вслед за моноподиальным нарастанием оси (рис. 1. I, 1, 2, 3). Из почек его розеточного участка одновременно с зацветанием исходного, а в некоторых случаях и раньше, разворачиваются побеги следующего порядка (рис. 1. I, 4). Они вегетативные розеточные, служат основой для формирования побегов следующих порядков ветвления (рис. 1. I, 5). Ко времени отмирания апикального участка исходного побега на его основе как силлептические образуются новые, но уже вегетативно-генеративные побеги. В таком случае формируется симподиально нарастающая система побегов по типу моно-, ди- и плеохазия. Таких систем, возникающих на основе исходного вегетативно-генеративного побега, может быть несколько. Возникшая структура в совокупности всех побегов имеет вид парциального куста. Таким образом, парциальные образования в системе сложного индивида *E. palustris* от верхушки исходной геофильной оси базипетально изменяются в следующей последовательности: парциальный вегетативный побег – парциальный вегетативно-генеративный побег – побеговая система двух порядков ветвления из полурозеточного вегетативно-генеративного и розеточного вегетативного (рис. 1. I, 5) – трёхосная побеговая система (рис. 1. I, 5) – парциальный куст – трёхосная побеговая система (рис. 1. I, 6). В дальнейшем порядок ветвления в кусте возрастает. Это свойственно для парциальных образований, значительно удалённых от верхушечной почки и иногда не связанных с верхушкой побега в результате морфологической дезинтеграции. При этом наблюдается большое число вариантов развития побеговой системы. Но в любом случае – симподиально нарастающая система побегов по типу моно-, реже дихазия.

В отдельных случаях у розеточного побега продолжается моноподиальное нарастание с образованием удлиненного плагиотропного участка. По-видимому, это можно расценить как следствие внутривидовой конкуренции между отдельными парциальными образованиями внутри парциального куста и разрешение этого процесса в виде расселения особи путём формирования метамеров с длинными междоузлиями.

Длительно живущих участков в составе особей у *E. palustris* не выявлено. По-видимому, она существует в природе, как и многие прибрежно-водные и водные растения, в виде малолетников вегетативного происхождения. Поэтому жизненную форму болотницы болотной мы определяем как поликарпик, вегетативно-подвижный явнополицентрический летнезелёный малолетник вегетативного происхождения с двумя типами специализированных побегов: внутригрунтовые плагиотропные удлинённые или полурозеточные моноподиально нарастающие вегетативные побеги и надземные ортотропные полурозеточные моноциклические вегетативно-генеративные.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Губанов И. А., Киселева К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3 томах. М.: Т-во научных изданий КМК, 2002. Т. 1. 526 с.

Михайлова Е. А., Савиных Н. П. Об экологических предпочтениях *Eleocharis palustris* (L.) Roem.&schult. // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. (28–29 апреля 2016 г.). Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 235–238.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник Тверского государственного университета. Сер. Биологии и экология. 2008. № 25. С. 227–243.

Савиных Н. П. Побегообразование и большой жизненный цикл *Veronica officinalis* L. // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1978. Т. 83. Вып. 4. С. 123–133.

Серебряков И. Г. 1952. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука. 390 с.

Серебрякова Т. И. Об основных «архитектурных моделях» травянистых многолетников и модусах их преобразований // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1977. Т. 82. Вып. 2. С. 112–128.

Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.

Troll W. Die Hifloreszenzen. Jena: Fischer Verlag, 1964. V. 1. 615 p.

ВЫЯВЛЕНИЕ БИОМОРФ МОХООБРАЗНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СОСНОВЫХ СООБЩЕСТВ КРАСНОСАМАРСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Я. А. Богданова

*Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С. П. Королева, bogdanova.ya@yandex.ru*

Мохообразные исторически избегают конкуренции с сосудистыми растениями. Они приспособились к различным природным и антропогенным субстратам, где у них есть возможность произрастать и появляется преимущество над конкурентами. Адаптированность мохообразных к условиям произрастания выражается в ряде анатомо-морфологических, ценологических и физиологических признаков и формой роста группы особей бриофитов (Андреева, 1990).

Длительное время у мохообразных не выделяли жизненных форм, принимая их за одну единую форму. В бриологию термин «форма роста» ввёл немецкий исследователь Г. Мейзель в 1935 г. Под этим он понимал морфологию отдельной особи (Андреева, 1990; Гольдберг, 1998). Позже Ч. Г. Гимингем с соавторами предложили свою классификацию форм роста групп особей. Они разделили мохообразные на пять групп по форме роста: подушки (cushions), дерновинки (turfs), дендроидный тип (dendroids), ковры

(carpets), сплетения (wefts). Их классификация получила широкое признание среди специалистов и в дальнейшем была усовершенствована и расширена (Андреева, 1990; Гольдберг, 1998; Боровичев, 2011).

В бриологии понятия «жизненная форма», «форма роста» и «биоморфа», как правило, являются синонимичными и отражают как морфологические, так и экологические особенности мохообразных (Шабета, Рыковский, 2015). Часто под формой роста подразумевается форма роста совокупности особей, которая определяется условиями обитания (Андреева, 1990; Сакович, Рыковский, 2012).

По И. Г. Серебрякову, форма роста – это результат исторического приспособления растений к определенным почвенно-экологическим и ценотическим условиям (Андреева, 1990). М. Ф. Бойко показал, что на распространение биоморф мохообразных влияют не только условия влажности, освещённости, трофности местообитаний, но и особенности фитоценозов и физико-географические условия (Бойко, 1999). Е. Н. Андреева указывает на то, что при определении формы роста следует учитывать и форму роста отдельных особей, и их совокупности. Мохообразные, как и другие растения, имеют средообразующую способность (Андреева, 1990), корректируя микроклимат в свою пользу, что позволяет им не только выживать, но и увеличивать их ареал.

Целью нашего исследования является выявление жизненных форм мохообразных искусственных сосновых сообществ Красносамарского лесного массива.

Натурные исследования мохообразных проводились нами в 2015–2016 гг. в искусственных сосновых сообществах Красносамарского лесного массива в пойме и на надпойменной песчаной (арена) террасе реки Самары. Данный лесной массив находится в лесостепной зоне. Сбор мохообразных осуществлялся с заложенных постоянных пробных площадей со всех возможных типов субстрата. Для определения мохообразных использовался сравнительный анатомо-морфологический метод и определители «Флора мхов средней части европейской России» (Игнатов, Игнатова, 2003; 2004) и «Печёночные мхи Севера СССР. Печёночники: Лофоколевые – Риччиевые» (Шляков, 1982). Биоморфологический анализ осуществляли по классификации биоморф К. Мегдефрау (Андреева, 1990; Гольдберг, 1998; Боровичев, 2011; Glime, 2013).

В результате исследований выявлено и подвергнуто биоморфологическому анализу 17 видов мохообразных относящихся к двум отделам *Marchantiophyta* и *Bryophyta*, 2 классам, 5 порядкам, 11 семействам и 14 родам.

По литературным данным в степной зоне для бриофлоры преобладающими являются такие жизненные формы, как «дерновина» и «ковёр», но в сосновых сообществах на лидирующую позицию выходит форма роста «сплетение» (Бойко, 1999). Аналогичные результаты исследований были получены в США и Британии. Однако по имеющимся данным в сосновых лесах на песчаных почвах в прибрежной зоне иная ситуация. Там доминирующей формой роста является дерновина (84% видов) (Glime, 2013).

По нашим результатам из 17 видов мохообразных 8 видов имеют дерновинную форму роста (47,06%), 5 – форму сплетения (в том числе и один печёночный мох *Ptilidium pulcherrimum* (Web.) Hampe.) – 29,41% и 4 – форму коврика (23,53%).

Дерновинная форма роста. Побеги растут параллельно друг другу в вертикальном направлении. Возможно незначительное ветвление. Виды родов *Syntrichia*, *Dicranum*, *Polytrichum*, *Bryum*, *Pohlia*. Низко дерновинные мохообразные ориентированы на сохранение влаги, высоко дерновинные – на наиболее эффективное и быстрое её поглощение (Боровичев, 2011; Шабета, Рыковский, 2015).

Ковровая форма роста. Плагитропный рост побегов. Главные побеги прикреплены к субстрату ризоидами, боковые – многочисленные, имеют ограниченный рост, восходящие или горизонтальные, переплетённые или параллельны друг другу. Виды родов *Plagiothecium*, *Amblystegium*, *Brachytheciastrum*, *Pleurozium*. Эта форма роста характеризуется активным распространением по подходящему субстрату.

Форма роста «сплетение». Главные побеги длинные и свободные, сильно ветвящиеся. Ризоиды немногочисленные. Виды родов *Ptilidium*, *Serpoleskea*, *Brachythecium*, *Stereodon*, *Anomodon*. Виды с данной формой роста эффективно удерживают влагу посредством капиллярных сил (Боровичев, 2011).

Формы роста сплетение и ковры – наиболее эволюционно продвинуты. Они позволяют видам с данными формами роста произрастать в затенённых местах, осваивая наибольшую площадь субстрата, на котором они закрепились, а также максимально эффективно использовать листовую поверхность для фотосинтеза, что в условиях затенения кронами деревьев в лесах не менее важно, чем сохранение влаги (Шабета, Рыковский, 2015).

Следует отметить, что в искусственных сосняках даже в лесостепной зоне формируются гумидные условия, чем и обусловлен состав выявленных типов жизненных форм. Однако зональные элементы определяют спектр биоморф мхов. Так, доминирующие в степной зоне дерновинные формы преобладают в спектре биоморф изученных сосняков. Следует отметить, что свойственные для климаксовых хвойных лесов дендровидная и для степных сообществ подушковидная жизненные формы на данном этапе сукцессии искусственных сосняков встречены не были.

Литература

Бойко М. Ф. Анализ бриофлоры степной зоны Европы. Киев: Фитосоциоцентр. 1999. 180 с.

Боровичев Е. А. Формы роста печеночников (Marchantiophyta) Лапландского заповедника (Мурманская область) // Вестник МГТУ. Т. 14. № 3. 2011. С. 583–586.

Гольдберг И. Л. Адаптации мхов в скальных экотопах: жизненные формы и стратегии // Современные проблемы популяционной, исторической и прикладной экологии: Матер. конф. молодых учёных-экологов Уральского региона. Екатеринбург: Екатеринбург, 1998. С. 45–53.

Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Sphagnaceae-Hedwigiaceae. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2003. Т. 1. С. 601–608.

Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части европейской России. Fontinalaceae-Amblystegiaceae. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. Т. 2. С. 609–944.

Андреева Е. Н. Влияние атмосферного загрязнения на моховой покров северотаежных лесов // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 159–173.

Сакович А. А., Рыковский Г. Ф. Биоморфологический анализ бриофлоры фортификаций ландшафтного заказника «Гродненская Пуща» // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: Матер. II международной научно-практич. конф. Минск: Минсктиппроект, 2012. С. 210–213.

Шабета М. С., Рыковский Г. Ф. Эколого-морфологическая характеристика мохообразных в хвойных лесах Беларуси // Вести Национальной академии наук Беларуси. 2015. № 4. С. 29–34.

Шляков Р. Н. Печеночные мхи Севера СССР. Печёночники: Лофоколевые-Риччиевые. Л.: Наука, 1982. Вып. 5. 196 с.

Glime J. M. Adaptive Strategies: Growth and Life Forms // Bryophyte Ecology. Vol. 1. Chapt. 4–5. 2013. P. 1–21.

БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ РАСТЕНИЙ ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРОВ ПОДМОСКОВЬЯ

А. Д. Жукова, А. Даббаз

Российский университет дружбы народов, zhukova1995alena@gmail.com

При разработке песчаных карьеров теряется видовое разнообразие растений, и спектр жизненных форм значительно изменяется. Самостоятельно растительность карьеров восстанавливается очень долго – не менее сотни лет при благоприятном стечении обстоятельств и проведенном профилировании склонов. Обычно же профилирование не проводится, вскрышные породы в карьере не возвращаются, соответственно, зарастание идет медленно и стихийно, нарушаясь периодическим оползанием склонов. Решением данной проблемы могло бы стать проведение рекультивационных работ.

Определение биоморфологического спектра растительности исследуемых участков необходимо для формирования плана по восстановлению растительного покрова на песчаном субстрате выработанных карьеров. Разнообразие жизненных форм зависит не только от исторических особенностей развития ландшафта, но и от экологических факторов, таких как крутизна склонов, влажность и богатство почвы, а также от антропогенных причин.

Целью данного исследования являлось изучение видового разнообразия растительности песчаных карьеров Московской области для последующего выявления спектра жизненных форм растений.

Сбор материалов проводился летом 2015–2016 гг. Были исследованы Дзержинский песчаный карьер на юго-востоке, Звенигородский и Сычевский – на западе от Москвы. Для изучения видового разнообразия производились геоботанические описания по стандартной методике на площади 5x5 м. Дополнительно совершался маршрутный обход территории с составлением спи-

ска видов. Жизненные формы определены по системе К. Раункиера (Raunkiaer, 1905) и И. Г. Серебрякова (1962).

Всего на обследованных участках карьеров в 2015 г. было найдено 98 видов растений, а в 2016 г. – 78 видов (рис. 1). Вероятно, это может быть связано с разными климатическими условиями: 2015 г. был суше и холоднее (табл.) и с динамикой сукцессионного процесса.

Таблица

Среднемесячные показатели средней температуры воздуха и количества осадков в Подмоскowie за летние месяцы 2015 и 2016 гг. (Погода и климат, 2004–2016)

Показатели	Год	Июнь	Июль	Август
Тср, °С	2015	18	18,3	17,6
	2016	18,2	20,9	19,5
Осадки, мм (% от нормы)	2015	94 (118)	120 (141)	14 (17)
	2016	61 (76)	122 (144)	167 (204)

Общий список растений, встреченных за 2 года по всем карьерам, составляет 106 видов.

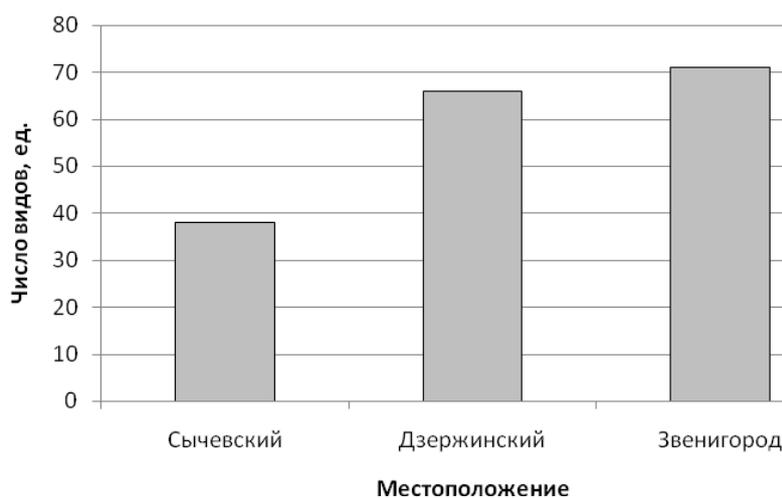


Рис. 1. Видовое разнообразие растительности песчаных карьеров Подмоскowie за 2015–2016 гг.

Наибольшее число видов обнаружено в Звенигородском карьере. Это может быть связано с тем, что данный карьер давно не разрабатывается и удален от населенных пунктов. Рядом располагается большой еловый лес и оживленная автомобильная трасса с заправочной станцией на борту карьера, что может способствовать заселению местообитания растениями. В Сычевском карьере было обнаружено всего 38 видов растений, это связано с тем, что он продолжает использоваться для добычи песка с сопутствующим перемещением грунта и оползанием склонов.

Типичной жизненной формой по К. Раункиеру, преобладающей во всех фитоценозах Средней полосы России, являются гемикриптофиты (рис. 2). Растительность песчаных карьеров не является исключением: доминирование гемикриптофитов сохраняется на протяжении двух лет исследований.

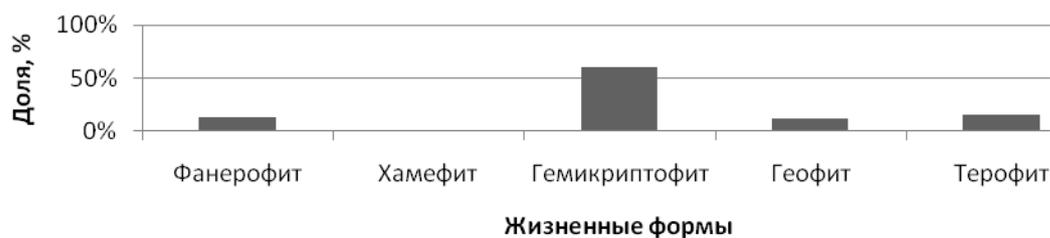


Рис. 2. Спектр жизненных форм растений песчаных карьеров Подмосковья по К. Раункиеру за 2015–2016 гг.

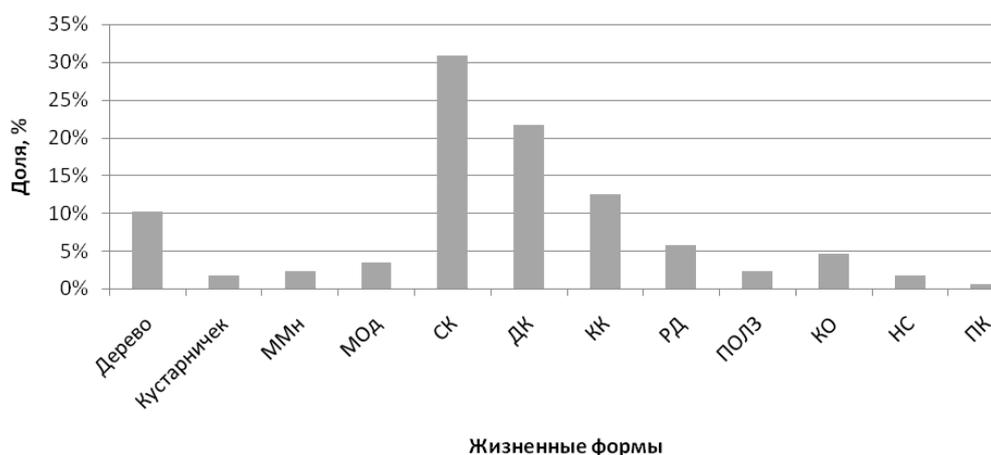


Рис. 3. Соотношение жизненных форм растений песчаных карьеров Подмосковья по И. Г. Серебрякову за 2015–2016 гг.

Условные обозначения: травянистые монокарпики: ММн – многолетний; МДв – двулетний; МОд – однолетний; травянистые поликарпики: СК – стержнекорневой; ДК – длиннокорневищный; КК – короткокорневищный; РД – рыхлодерновинный; ПОЛЗ – ползучий; КО – корнеотпрысковый; НС – надземностолонный; ПК – полукустарничек.

Стоит заметить, что доля хамефитов мала, встречается лишь *Artemisia absinthium*. Подобные особенности, скорее всего, связаны с видовым составом растительности, спонтанно складывающимся в каждом карьере. Стоит обратить внимание на довольно высокую долю терофитов в целом, что связано с экологическими условиями, создаваемыми песчаным субстратом (Абакумов, 2008).

Классификация жизненных форм И. Г. Серебрякова является более детальной по сравнению с классификацией К. Раункиера и позволяет провести подробный анализ влияния экологических факторов на растительное сообщество.

В спектре жизненных форм по И. Г. Серебрякову (рис. 3) для всех карьеров было отмечено преобладание травянистых многолетних поликарпиков, среди которых очевидными доминантами являются длиннокорневищные (*Calamagrostis epigeios*, *Tussilago farfara*, *Elytrigia repens*), стержнекорневые (*Taraxacum officinale*, *Chenopodium album*) и короткокорневищные (*Artemisia vulgaris*, *Hieracium umbellatum*) растения. Преобладание доминантных жиз-

ненных форм не изменилось в динамике по годам. Необычна высокая доля стержнекорневых растений, что не характерно ни для лесных, ни для луговых фитоценозов Средней полосы России, однако типично для пустынных фитоценозов (Ротов, 1955) и в условиях песчаных карьеров является очень распространенным (Быков, 1987). Присутствие стержнекорневых растений связано с их приспособленностью к высокой инсоляции местообитаний и устойчивостью к засухе. В целом стоит отметить, что длиннокорневищные и короткокорневищные растения тяготеют к рыхлым субстратам и легким почвам, хотя последние и более пластичны к условиям произрастания. Данные растения хорошо удерживают подвижные пески и поэтому рекомендуется использовать именно эти жизненные формы для рекультивации песчаных карьеров.

Литература

Абакумов Е. В. Накопление и трансформация органического вещества на разновозрастных отвалах песчаного карьера // Почвоведение. 2008. № 8. С. 955–963.

Быков Б. А. Основные экобиоморфы пустынных растений Туранской низменности (краткий обзор) // Эколого-физиологические исследования пустынных фитоценозов. Алма-Ата: Наука, 1987. С. 5–23.

Погода и климат [Электрон. ресурс]. 2004–2016. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>

Ротов Р. А. Жизненные формы, побегообразование и ритм сезонного развития растений восточных Кара-Кум: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1955.

Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 241 с.

Raunkiær Ch. Biological types for botany geography. Oversigt over det Kgl. // Danske Videnskabernes Selsk. Forhandl. 1905. № 5.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОСИ ПОБЕГА *PETASITES SPURIUS* (RETZ.) REICHENB.

М. Н. Шаклеина, Н. П. Савиных

*Вятский государственный университет,
mariyashakleina@mail.ru, savva_09@mail.ru*

Осевыми называют органы, наличие которых позволяет объединять все высшие растения в единую группу кормофитов. В разных формах их проявления эти органы выполняют основные жизненные функции растительных организмов (Серебряков, 1952). У семенных растений это, прежде всего, стебель и корень. Внутренне строение вегетативных органов отражает основные адаптации растения на клеточном и тканевом уровнях к условиям окружающей среды в том числе – к условиям переменного увлажнения.

Petasites spurius – летнезелёный длиннокорневищный травянистый поликарпик, геофит; евро-западносибирский умеренный (Цвелёв, 2000), бореально-субмеридиональный вид (Папченков, 2001). Встречается во влажных местах с рыхлой песчаной или каменистой почвой: по берегам озёр, рек, ручьёв; в окрестностях болот и сырых оврагов (Цвелёв, 2000).

Структурной единицей побеговой системы *P. spurius* является анизотропный трициклический (с учетом фазы почки) полурозеточный (изначально верхнерозеточный, позднее с базальной розеткой) монокарпический побег, неоднократно изменяющий направление роста.

Поэтому мы изучили внутреннее строение осевого органа побега – стебля в разных участках целостного монокарпического побега (рис. 1).



Рис. 1. Вегетативный и цветущий побеги *Petasites spurius*: овалами показаны участки, в которых делали поперечные срезы стебля

Для исследования в мае – сентябре 2016 г. выкапывали целостные монокарпические побеги *P. spurius* и делали срезы стебля в разных его участках. Для лучшего микрофотографирования срезы окрашивали по методу Мейле (перманганатная реакция) Для этого срезы помещали на предметное стекло и заливали двумя – тремя каплями 1% водного раствора перманганата калия на три – пять минут, после чего раствор удаляли фильтровальной бумагой. Затем приливали к срезам слабую (10–15%) соляную кислоту до их обесцвечивания. Далее удаляли её фильтровальной бумагой, два–три раза промывали срезы дистиллированной водой и после наносили две–три капли концентрированного раствора аммиака (Барыкина и др., 2004). В дальнейшем анализировали срезы, используя микроскоп Motic DMBA300 со встроенным видеоокуляром, измеряли структуры – с использованием программы Motic_300.

В анатомическом строении осевых органов выделяют три анатомо-топографические зоны: покровная ткань, первичная кора и центральный цилиндр (Вехов, 1980).

Анатомическое строение стебля подземных и розеточного надземного участков идентично. Покровная ткань представлена эпидермой (рис. 3).

Клетки на поперечном срезе имеют близкую к прямоугольной форму и плотно сомкнуты между собой, не имеют кутикулы, но с наружной стороны оболочки их немного утолщены. Лишь у некоторых геофильных побегов при выходе на поверхность кутикула имеется, но развита слабо. Размеры эпидермальных клеток различны, их ширина изменяется в пределах 15–30 мкм, а длина – от 10 до 21 мкм (рис. 3).

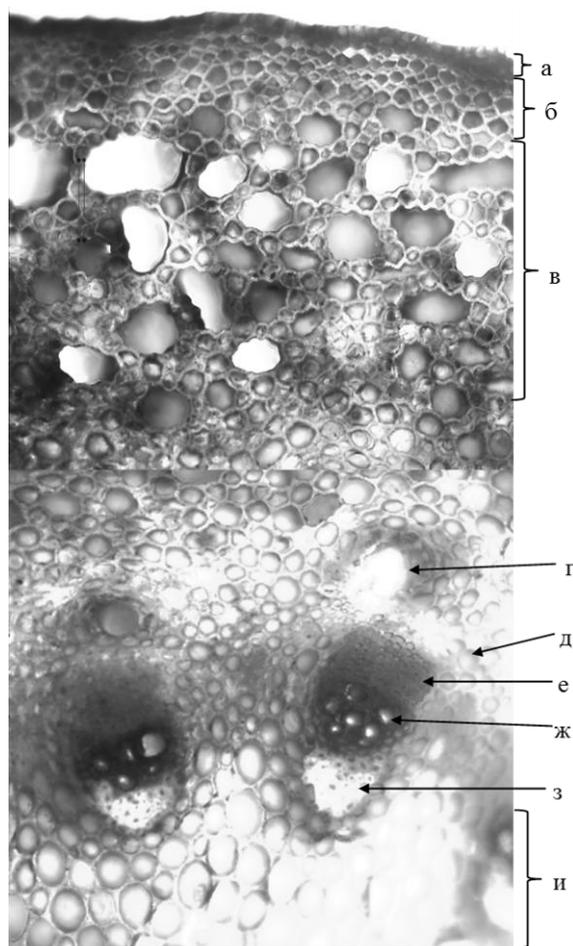


Рис. 2. Поперечный срез стебля участка геофильного побега *Petasites spurius* (10Ч10): а – эпидерма, б – колленхима, в – аэренхима, г – канал, д – клетки эндодермы, е – флоэма проводящего пучка, ж – ксилема проводящего пучка, з – склеренхима, и – паренхима сердцевины

Первичная кора располагается под покровной тканью и включает механическую ткань – колленхиму. У *P. spurius* она состоит из трёх – пяти слоёв клеток и представлена уголковым типом (рис. 2б). Ткань составлена живыми клетками вытянутой ромбовидной или близкой к округлой формы, как правило, с неравномерно утолщенными оболочками; их длина от 35 до 130 мкм, ширина – от 15 до 75 мкм. Размерные параметры клеток увеличиваются с глубиной их залегания (рис. 2б). В составе осевых побеговых структур *P. spurius* эта механическая ткань представлена в виде сплошного субэпидермального слоя.

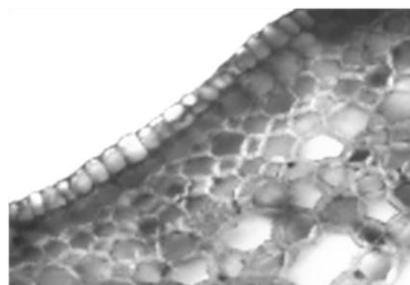


Рис. 3. Эпидерма участка геофильного побега *Petasites spurius*(10Ч10): пояснения в тексте

Под механической тканью располагается толстый слой вентиляционной ткани (рис. 4). Аэренхима имеет межклетники разного размера: длина изменяется в пределах 60–150 мкм, ширина – 50–80 мкм; они располагаются хаотично.

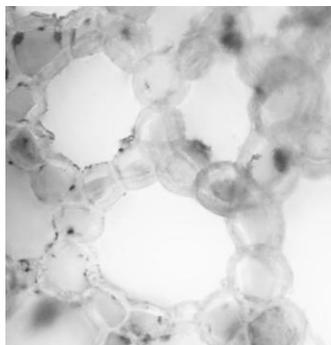


Рис. 4. Межклетники на участке стебля у геофильного побега *Petasites spurius*(10Ч40)

Паренхимные клетки, окружающие межклетники, имеют округлую форму. Такое сильное развитие аэренхимы в подземных органах *P. spurius*, как и у других прибрежно-водных и водных трав, является адаптацией к условиям среды, в данном случае – к переменному увлажнению в отдельные периоды вегетационного сезона.

Ниже находится три – пять слоев клеток паренхимы, в которых располагаются каналы. Последние находятся точно напротив каждого проводящего пучка (рис. 2г). Предположительно – это схизогенные смоляные каналы, что свойственно для некоторых сложноцветных (Ботаника..., 2006). Их диаметр изменяется в пределах 70–190 мкм.

Самый внутренний слой первичной коры представлен эндодермой. Её клетки имеют округлую форму, диаметр которых в среднем равен $27,7 \pm 2,5$ мкм. Клеточные оболочки этих структур не утолщены и практически не отличаются от клеток паренхимы коры (рис. 2д).

Стебель *P. spurius* имеет пучковое строение, его сосудисто-волокнистые проводящие пучки коллатеральные открытые, то есть флоэма лежит по одну сторону от ксилемы и между ними есть камбий, но он плохо и не всегда просматривается, поскольку вторичные утолщения стебля незначительны. В среднем пучки (от начала флоэмы до окончания склеренхимы) длиной 360 ± 26 мкм, среднее расстояние между ними $104,5 \pm 19,4$ мкм. Они располагаются по окружности, их число относительно постоянно на протяжении всего стебля – 50 ± 2 шт.

Флоэма (рис. 2е) состоит из ситовидных трубок с простыми ситовидными полями, клеток спутниц, лубяной паренхимы.

Ксилема (рис. 2ж) составлена проводящими (трахеальными) элементами – первичными и вторичными, и клетками паренхимы.

Под первичной ксилемой находится склеренхима (рис. 2з) с сильно утолщенными клеточными стенками. Такое расположение этой механической ткани у двудольных растений встречается достаточно редко и является, веро-

ятно, адаптацией к условиям переменного увлажнения и горизонтальному направлению роста побега.

После проводящих элементов находится последняя составная часть центрального цилиндра – сердцевинная паренхима (рис. 2и). Её клетки округлой формы расположены рыхло, их диаметр не превышает 100 мкм. В центральной части паренхимы можно видеть начало формирования центральной полости: несколько небольших по диаметру воздухоносных полостей.

Стебель *P. spurius* на удлинённой надземной части монокарпического побега имеет ряд особенностей, что определяется надсубстратным расположением этих участков. Клетки эпидермы имеют хорошо развитую кутикулу (рис. 5а). В проводящих пучках большего развития достигает склеренхима. У некоторых пучков она начинает откладываться с наружной стороны флоэмы, но оболочки клеток утолщены незначительно. Ещё одним отличием является увеличение числа сосудов ксилемы и уменьшение их диаметра (рис. 5б).

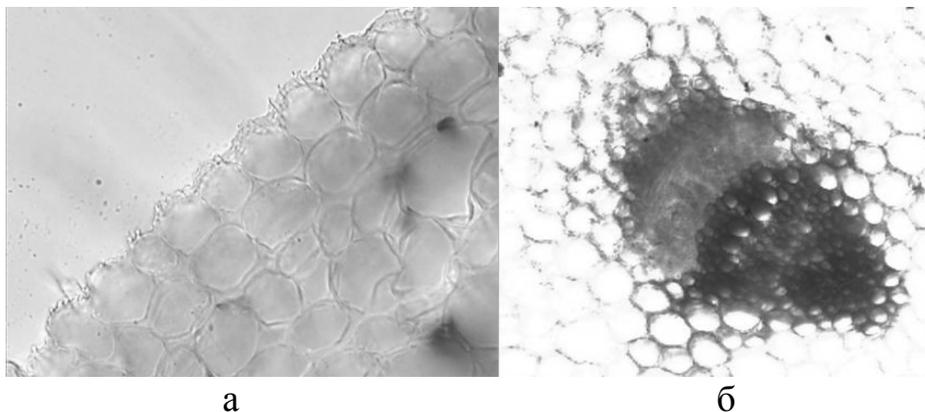


Рис. 5. Эпидерма и проводящий пучок надземного участка стебля *Petasites spurius* (10Ч10)

Главной отличительной особенностью стебля является наличие единой центральной воздухоносной полости, которая занимает его основную часть.

Несмотря на то, что монокарпический побег *P. spurius* морфологически структурно дифференцирован и расположен в подземной и надземной среде, что выражается в значительных морфологических различиях участков, внутренняя структура его стебля остается значительно постоянной за исключением ярко выраженных особенностей адаптации к наземным условиям: наличие кутикулы, дополнительный участок механической ткани в проводящих пучках и наличие полости в сердцевине.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Барыкина Р. П., Веселова Т. Д., Девятов А. Г., Джалилова Х. Х., Ильина Г. М., Чубатова Н. В. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд-во МГУ, 2004. 312 с.

Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: Учебник для вузов / Т. И. Серебрякова, Н. С. Воронин, А. Г. Еленевский и др. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 543 с.

Вехов В. Н., Лотова Л. И., Филин В. Р. Практикум по анатомии и морфологии высших растений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. 196 с.

Папченков В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: Советская наука, 1952. 390 с.

Цвелёв Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России (Ленинградская, Псковская и Новгородская области). СПб., 2000. 781 с.

О СТРОЕНИИ ПОЧЕК ВОЗОБНОВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В МЕСТОБИТАНИЯХ С ПЕРЕМЕННЫМ УВЛАЖНЕНИЕМ

*С. В. Шабалкина, В. С. Негодина, Д. Г. Рязанова,
А. А. Савиных, Ф. С. Суворова*

Вятский государственный университет, Nasturtium2017@yandex.ru

Растения обладают множеством меристематических центров, обеспечивающих нарастание, ветвление, возобновление, размножение и смену органов (Шорина, 2008). Почка – зачаточный побег, или зачаточная часть побега, в котором проходят эмбриональные фазы развития все вегетативные метамеры, а также соцветия или цветки (Серебрякова, 1983). При их анализе учитывают расположение, длительность периода покоя, наличие почечных чешуй, ёмкость, характер заложенных структур, время развития, листосложение (Ботаника..., 2006).

У любого многолетнего растения умеренного и холодного климата в конце вегетационного периода ежегодно образуются почки возобновления. Степень сформированности побега будущего года может быть различной. По происхождению почки возобновления могут быть экзогенными (верхушечными или пазушными) или эндогенными – придаточными (Ботаника..., 2006). Данное сообщение посвящено особенностям строения почек возобновления пяти видов растений из разных семейств, встречающихся в местообитаниях с переменным увлажнением по сезонам года. Побеговые системы описываемых видов собраны в сентябре 2010–2016 гг. в окрестностях г. Кирова. В лаборатории анализировали почки возобновления по вышеуказанным признакам.

Сравнительная характеристика видов

№ п\п	Название вида	Жизненная форма (по: Серебряков, 1962)	Биологический тип (по: Raunkiaer, 1905)	Географический статус	Экологический тип (по: Папченков, 2001)	Экологическая группа	Индекс толерантности	Местообитание в Кировской области
1	<i>Rorippa × anceps</i> (Wahlenb.) Reichenb. – Жерушник обоюдоострый	поликarpик	гемикриптофит, полурозеточный	евро-западно-азиатский, плюризональный	гигрофит	водно-болотная	мезобионтная группа	пойменные луга, приречные пески
2	<i>Naumburgia thyrsoiflora</i> (L.) Reichenb. – Наумбургия кистецветная	поликarpик	криптофит	циркумбореальный, бореальный	гигрогелофит	нитрофильная	гемиэврибионтная группа	берега водоёмов и водотоков, заболоченные кустарники, низинные и переходные болота
3	<i>Sium latifolium</i> L. – Поручейник широколистный	поликarpик	гемикриптофит, или криптофит	евро-западно-азиатский, бореальный	гигрогелофит	водно-болотная	мезобионтная группа	прибрежные зоны водоёмов, зарастающие старичные озёра
4	<i>Scutellaria galericulata</i> L. – Шлемник обыкновенный	поликarpик	криптофит	циркумбореальный, бореальный	гигрофит	водно-болотная	гемиэврибионтная группа	берега водоёмов и водотоков, болота, заболоченные луга и кустарники
5	<i>Inula salicina</i> L. – Девясил иволистный	поликarpик	гемикриптофит	евразиатский, лесостепной	мезофит	неморальная	гемиэврибионтная группа	пойменные луга, берега крупных рек, сухие склоны, поляны, опушки, обочины дорог

В условиях Кировской области особи исследуемых видов встречаются в довольно однообразных местообитаниях (табл.): *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb. и *Sium latifolium* L. типичны для низких уровней береговой зоны затопления, освоили сырые, перенасыщенные водой, слабо залитые и водопокрытые грунты (Папченков, 2001); *Rorippa* × *anceps* (Wahlenb.) Reichenb. и *Scutellaria galericulata* L. занимают средние уровни береговой зоны затопления, заходят довольно часто в воду у низких берегов. Лишь *Inula salicina* L. характерен для высоких уровней береговой зоны, поэтому его местообитания разнообразнее (табл.). Тем не менее, все растения испытывают переменное и неустойчивое в течение сезона увлажнение.

Структурной единицей всех видов является монокарпический побег: удлинённый – у *N. thyrsoflora*, *S. galericulata* и *I. salicina*, полурозеточный – у *R. × anceps* и *S. latifolium*. В своём развитии он проходит внутривиточечную и внепочечную фазы.

Внутривиточечная фаза у *R. × anceps* включает фазу почки, которая продолжается от 2–3 месяцев до 1 года. Типичные почки возобновления закладываются в пазухах верхних листьев розеточной части побега, причем чаще всего реализуются одна–две самые верхние или почки первого метамера удлинённого фрагмента полурозеточного побега. Эти почки открытые, длиной до 2,5 мм из оси, четырёх листовых зачатков и апекса.

Кроме типичных, на главном, боковых и придаточных корнях закладываются адвентивные почки возобновления. Они открытые, длиной до 2–5 мм, вегетативные из оси, 6–8 листовых зачатков и апекса (рис. 1).

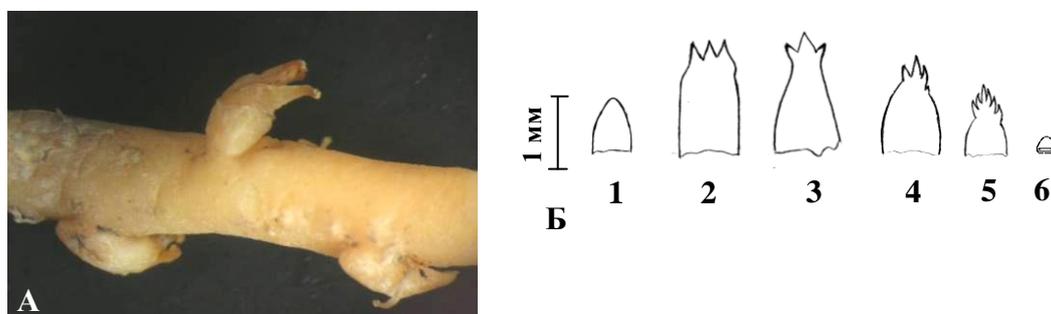


Рис. 1. *Rorippa* × *anceps*: А – фрагмент придаточного корня с адвентивными почками; Б – строение почки: 1–5 – листовые зачатки, 6 – апекс

Для *R. × anceps* свойственна обязательная корнеотпрысковость при небольшом числе развитых парциальных побегов, в последствии рамет, но большом числе заложенных адвентивных почек. За счет них у особей в местах с лёгким и подвижным периодически резко затопляемым и быстро обсыхающим субстратом (песчаные пляжи) и в агроценозах формируется биоморфа – корнеотпрысковый малолетник. На влажных лугах, по обочинам дорог с более плотным субстратом – стержнекорневой или каудексовый корнеотпрысковый многолетник. Наличие второй биоморфы приводит к длительному удержанию территории за счет развития побегов замещения, многократному

закреплению её благодаря неоднократному образованию придаточных корней разрастания с адвентивными почками и диаспорами из них.

У *S. latifolium* почки возобновления расположены в пазухах отмерших и живых листьев розеточного участка полурозеточного побега. Наиболее крупные почки находятся в базальной части, в пазухах 2-го, 3-го и 4-го отмерших листьев. Они открытые, часто плотно защищены влагалищами листьев, вегетативные из оси, 3–11 дифференцированных листовых зачатков и апекса (рис. 2). Листовые пластинки первых зачатков светло-бордовые, имеют небольшое число сегментов. Окраска последующих листовых зачатков изменяется от светло-салатовой до светло-жёлтой, листовые пластинки их более расчёрченные.



Рис. 2. *Sium latifolium*: А – строение почки возобновления; Б – фрагмент придаточного корня с адвентивными почками

У *S. latifolium*, как и у *R. × anceps*, на придаточных корнях образуются почки (рис. 2), но нечасто. В отличие от типичных почек возобновления они меньше по размеру, бело-жёлтые, сложены осью, 4–5 листовыми зачатками и апексом. Первые зачаточные листья не дифференцированы; начиная с третьего, выделяются черешок и листовая пластинка с малым числом сегментов. Корнеотпрыскость у *S. latifolium* факультативна, придаточные корни с почками едва ли способствуют увеличению численности популяции.

У *S. galericulata* в зоне возобновления развиваются столоны, 3–4 дистальных метамера которых участвуют в образовании клубневидных структур (рис. 3), обеспечивающих возобновление на следующий год. Их ось теряет четырёхгранную форму, у междоузлий наблюдается поперечная исчерченность. Клубневидные структуры имеют верхушечную и пазушные почки (рис. 3). Верхушечная почка открытая, сложена осью, 3–5 толстыми и сочными листовыми зачатками (в будущем – листья низовой формации) и апексом. Пазушные почки дифференцированы по-разному: в виде бугорка, или имеют ось, от 1 до 4 листовых зачатков и апекс.

У *N. thyrsoflora* на конце геофильного участка расположена крупная жёлтая или зелёная верхушечная почка (рис. 3). Она открытая, сложена осью, 8–18 листовыми зачатками, пазушными почками и апексом. Зачаточные листья цельнокрайние, с округлой или острой верхушкой.

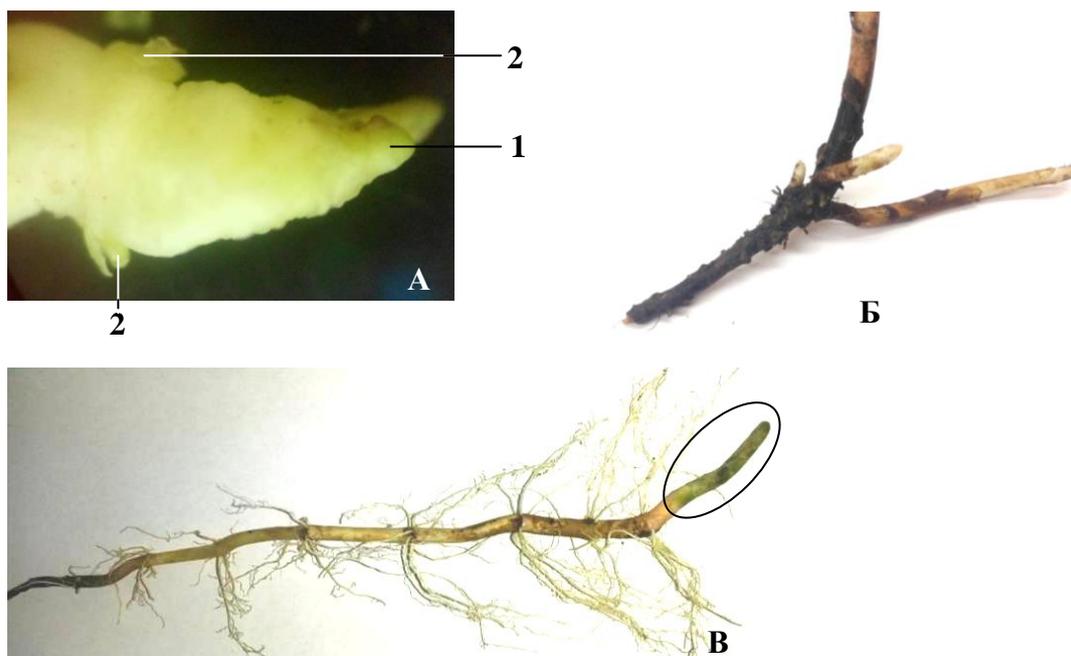


Рис. 3. Фрагменты побеговых систем: А – клубневидная структура *Scutellaria galericulata*; Б – геофильный участок *Inula salicina* с почками возобновления; В – геофильный участок *Naumburgia thyrsiflora* с верхушечной почкой (выделена овалом); 1 – верхушечная почка; 2 – пазушная почка

В побеговой системе *I. salicina* почки возобновления (в числе от 3 до 8 у одной особи) расположены в области дуги и находятся на разной стадии развития (рис. 3). Они сложены осью, 7–12 листовыми зачатками, 2 примордиями и апексом. Кроме того, имеются спящие почки меньших размеров из оси, 2–9 зачатков и апекса.

Таким образом, по степени сформированности будущего побега в почке возобновления все описанные растения в соответствии с представлениями И. Г. Серебрякова (1947) относятся к группе, у которой заложена часть вегетативной сферы побега следующего года, остальные вегетативные метамеры и соцветия закладываются в течение весны и ранним летом. К этой же группе относятся *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., *Solidago virgaurea* L., *Veronica longifolia* L., *Hypericum perforatum* L., *Angelica sylvestris* L. (Серебряков, 1947) и другие. В отличие от растений с заложеными соцветиями в почках возобновления, приспособленных к быстрому прохождению цикла сезонного развития в условиях укороченного вегетационного сезона, у описанных видов адаптации направлены на варьирование числа метамеров у побега будущего года, изменение сроков наступления и длительности фаз сезонного развития в зависимости от существующих условий среды, быстрое развитие генеративных органов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Ботаника с основами фитоценологии: Анатомия и морфология растений: учеб. для вузов / Т. И. Серебрякова, Н. С. Воронин, А. Г. Еленевский и др. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 543 с.

Папченков В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 200 с.

Серебряков И. Г. О ритме сезонного развития растений подмосковных лесов // Вестник МГУ. 1947. № 6. С. 75–108.

Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. 378 с.

Серебрякова Т. И. Почка как этап развития побега // Тез. докл. VII делегат. съезда ВБО. Л., 1983. С. 232–233.

Шорина Н. И. О гомологиях почек Polypodiophyta и Angiospermae // Вестник ТвГУ. Сер. «Биология и экология». 2008. Вып. 9. С. 279–288.

Raukiaer C. Types biologiques pour la géographie botanique: oversigt over det Kgl. // Danske Videnskabernes Selsk. Forhandl. 1905. № 5. P. 347–437.

СТРОЕНИЕ ЭПИДЕРМЫ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК *LYCOPUS EUROPAEUS* (СЕМ. LAMIACEAE)

К. Д. Коносова, С. В. Шабалкина

Вятский государственный университет, Nasturtium2017@yandex.ru

Одним из классических направлений в экологической анатомии растений является изучение строения эпидермы листа. Структурные особенности покровной ткани и устьичного аппарата отражают таксономическое положение, закономерности формирования видов, адаптации особей к условиям среды и коррелируют с комплексом экологических факторов.

Местообитания *Lycopus europaeus* L. (зюзника европейского) – берега водоёмов и водотоков, прибрежные пески, канавы, болота, влажные луга и леса, кустарниковые, тростниковые и осоковых заросли, вырубки (Губанов и др., 2004) – отличаются переменной и нестабильной влажностью в течение сезона, подвижностью субстрата, специфическими температурным и световым режимами. В результате у особей сформировались разнообразные приспособления к условиям среды. Целью проведённого исследования стал сравнительный анализ строения эпидермы листовых пластинок у расположенных на разной высоте по побегу листьев.

Материал для изучения – целостные особи генеративного онтогенетического состояния *L. europaeus* – собрали в конце сентября 2016 г. в окрестностях г. Кирова. В лаборатории провели серию последовательных срезов от руки с абаксиальной и адаксиальной поверхности листьев срединной формы, расположенных в основании синфлоресценции и в составе главного соцветия. В пазухах первых листьев находятся вегетативно-генеративные побеги обогащения (паракладии), вторых – цимозные соцветия. Временные микропрепараты изучали под бинокулярным микроскопом Motic BA 300 со встроенной цифровой камерой. Измерения линейных размеров замыкающих

и побочных клеток устьица, основных эпидермальных клеток проводили в 6–10-ти кратной повторности при помощи программного обеспечения, разработанного научным сотрудником лаборатории биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН, канд. техн. наук Г. Я. Кантором. Все количественные данные статистически обработаны и представлены в виде средних значений и отклонений от средних.

Листья срединной формации простые, без прилистников, в основании и средней части побега – черешковые, апикально сменяются сидячими, с цельной листовой пластинкой, ланцетные. Основание листовых пластинок – узкоклиновидное или клиновидное; край – зубчатый, верхушка – острая. Листовая пластинка *L. europaeus* гипостоматическая: устьичный аппарат расположен в нижней эпидерме (Шелухина, 2012); очень редко встречается на верхней стороне листа.

Клетки с адаксиальной поверхности листовых пластинок сильноизвилистые, плотно примыкают друг к другу, много простых одноклеточных волосков (рис. 1). Общее число клеток в эпидерме нижних листьев синфлоресценции – 153/мм², верхних – несколько меньше – 136/мм². Размеры основных эпидермальных клеток (по наибольшей ширине и длине) преобладают у верхних листьев (табл.).

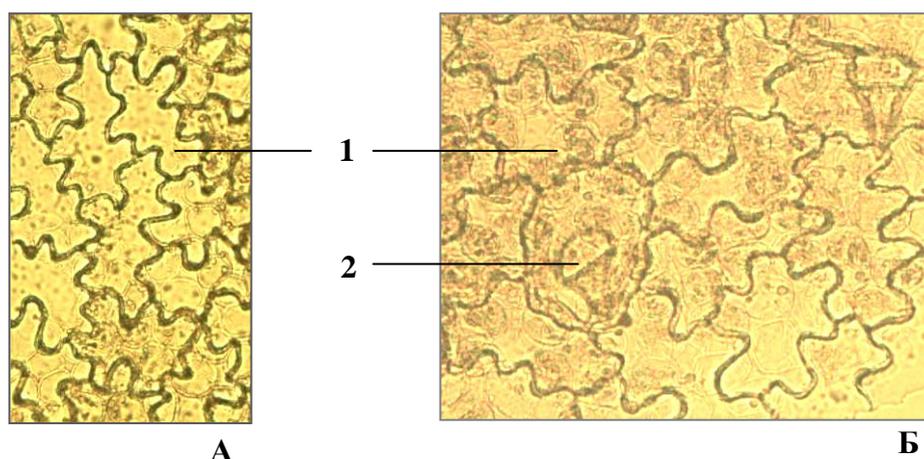


Рис. 1. Верхняя эпидерма листовой пластинки *Lycopodium europaeus* (увел. 40×10): А – нижнего листа; Б – верхнего листа; 1 – основные клетки; 2 – простой волосок

Нижняя эпидерма с диацидным типом устьичного аппарата в соответствии с классификацией М. А. Барановой (1985): замыкающие клетки устьиц окружены двумя побочными, их смежные оболочки ориентированы перпендикулярно устьичной щели. Основные эпидермальные клетки, как и верхней эпидермы, имеют сильноизвилистые клеточные оболочки (рис. 2), вдоль главной жилки расположены клетки прозенхимной формы.

Устьица овальной формы, состоят из двух замыкающих клеток бобовидной формы. Их длина и ширина у нижних листьев синфлоресценции больше верхних в среднем на 3–4 и 1,5–2 мкм соответственно. Размеры устьичной щели примерно одинаковы. Примыкают к замыкающим побочные из-

виллостенные клетки, причем одна из клеток явно преобладает в размерах (табл.). Число устьичных аппаратов на 1 мм² в эпидерме нижних листьев составляет в среднем – 51, верхних – 47.

Таблица

**Значения биометрических показателей эпидермы
листовых пластинок *Lycopus europaeus***

ВЕРХНЯЯ ЭПИДЕРМА		
Признак	нижний лист	верхний лист
Общее число клеток (среднее значение), мм ²	153	136
Длина основных эпидермальных клеток, мкм	60,6±10,04	62,7±6,24
Ширина основных эпидермальных клеток, мкм	41,7±6,38	47,6±5,68
НИЖНЯЯ ЭПИДЕРМА		
Общее число клеток (среднее значение), мм ²	250	200
Число устьичных аппаратов (среднее значение), мм ²	51	47
Число гидатод (среднее значение), мм ²	14	10
Длина замыкающих клеток, мкм	23,40±3,40	19,93±1,58
Ширина замыкающих клеток, мкм	7,30±1,54	5,53±0,84
Ширина крупных побочных клеток, мкм	45,67±11,24	48,2±10,62
Ширина мелких побочных клеток, мкм	30,67±7,36	32,8±11,33
Длина устьичной щели, мкм	3,0±1,07	3,37±0,88

Кроме указанных элементов, в нижней эпидерме расположены двуклеточные гидатоды (рис. 2), число которых у нижних листьев преобладает (табл.). Это необходимо для поддержания водного баланса в организме путём удаления капельно жидкой воды при низкой транспирации и высокой влажности почвы.

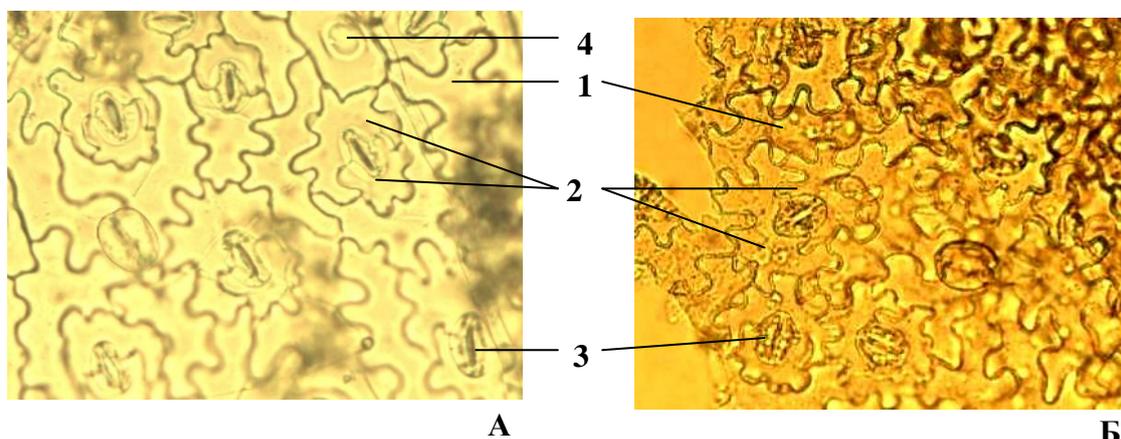


Рис. 2. Нижняя эпидерма листовой пластинки *Lycopus europaeus* (увел. 40×10): А – нижнего листа; Б – верхнего листа синфлористенции; 1 – основные клетки; 2 – побочные клетки устьица; 3 – устьице; 4 – гидатода

На абаксиальной поверхности листовых пластинок находятся кроющие одно- и многоклеточные (из 3–5) волоски, эфиромасличные шестиклеточные желёзки. В головке последних выделяются чаще 4 клетки.

В целом, общее число клеток в нижней эпидерме на 65–100/ 1 мм² больше по сравнению с верхней (табл.), тогда как разнообразие их выше.

Нижняя эпидерма нижних листьев отличается бóльшим числом клеток, устьичных аппаратов, гидатод, преобладающими размерами замыкающих клеток. Ширина побочных клеток превалируют в нижней эпидерме верхних листьев (табл.). Формирование такой эпидермы мы рассматриваем как адаптацию особей *L. europaeus* к условиям избыточного увлажнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-04-01073).

Литература

Баранова М. А. Классификация морфологических типов устьиц // Бот. журн. 1985. Т. 70. № 12. С. 1475–1485.

Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. М.: Т-во науч. изд. КМК, Ин-т технол. иссл., 2004. Т. 3. 520 с.

Шелухина Н. А. Изучение метаболома зюзника европейского (*Lycopus europaeus* L.) и разработка субстанции тиреотропного действия. Автореф. дис. ... канд. фарм. наук. М., 2012. 26 с.

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА ВСХОЖЕСТЬ И РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ

Ю. В. Чупрова¹, Е. В. Коваль¹, С. Ю. Огородникова^{1,2}

¹ *Вятский государственный университет, chuprowa.yuliya@yandex.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

В ходе хозяйственной деятельности человека в окружающую среду поступают чуждые природе вещества – ксенобиотики. Зачастую являясь токсичными, они наносят вред живым организмам. К таким соединениям относятся метилфосфоновая кислота (МФК) и ее эфиры – метилфосфонаты.

Метилфосфоновая кислота – продукт разложения метилфосфонатов, отличается стабильностью в окружающей среде (Савельева и др., 2002). Известно, что МФК токсична для растений, семян, почвенной микрофлоры, она вызывает снижение накопления пластидных пигментов в растительных тканях, нарушает энергопластический и водный обмен растений (Огородникова, 2004; Домрачева и др., 2008). МФК может быть обнаружена в природной среде вблизи объектов по уничтожению химического оружия, на сельскохозяйственных территориях, где применялись средства защиты растений, имеющих в составе производные МФК.

Цианобактерии (ЦБ) – обладают способностью к детоксикации поллютантов за счет ферментативных систем, бактерий спутников, внеклеточной слизи (Quinn, 1989). Показано, что ряд цианобактерий устойчив к действию фосфорорганических токсикантов (Домрачева и др., 2008). В сельском хозяйстве широко применяются препараты на основе ЦБ в качестве ростостимуляторов и фитопротекторов. Известно, что растительно-микробные ассоциации

более устойчивы к действию поллютантов, чем высшие растения (Молекулярные основы ..., 2005).

Целью работы было изучить эффекты ЦБ *Nostoc muscorum*, *Nostoc paludosum* и *Nostoc linckia* на всхожесть и жизнеспособность растений ячменя в условиях загрязнения МФК.

Семена ячменя сорта Новичок проращивали в чашках Петри на растворах МФК (0,001 и 0,005 моль/л), с добавлением ЦБ (1 мл на чашку Петри), а также в присутствии ЦБ и МФК (0,001 и 0,005 моль/л) в течение недели. ЦБ *N. muscorum*, *N. paludosum* и *N. linckia* были предоставлены музеем фототрофных микроорганизмов кафедры ботаники, физиологии растений и микробиологии ВГСХА. Контроль – дистиллированная вода. Через 24 часа проводили оценку жизнеспособности семян по методу, основанному на способности дегидрогеназ живых клеток восстанавливать бесцветный раствор хлористого тетразола в формазан (ГОСТ 12039-82). На 7-е сутки оценивали всхожесть семян (ГОСТ 12038-84). Для оценки ростовых показателей отбирали по 30 растений каждого варианта и проводили измерение длины корней и листьев проростков.

Изучено влияние МФК, ЦБ и их совместное действие на жизнеспособность семян, которую оценивали по активности дегидрогеназ. Для сохранения жизнеспособности семян и при запуске процессов их прорастания необходимы дегидрогеназы. Дегидрогеназы участвуют в адаптационных механизмах растений, произрастающих в экстремальных условиях (Рогожин и др., 2012).

Достоверных изменений жизнеспособности семян под влиянием ЦБ, МФК, а также МФК+ЦБ выявлено не было (табл. 1). Однако под влиянием ЦБ *N. muscorum*, МФК (0,001 моль/л) + ЦБ *N. muscorum* наблюдалось незначительное снижение жизнеспособности. Отсутствие достоверных изменений, возможно, связано с недостаточным временем инкубации семян на растворах МФК с ЦБ (24 часа).

Таблица 1

Влияние метилфосфоновой кислоты и ЦБ на жизнеспособность семян ячменя

Вариант опыта	<i>N. muscorum</i>	<i>N. paludosum</i>	<i>N. linckia</i>
	количество жизнеспособных семян, % к контролю		
К+ЦБ	96	98	101
МФК (0,001 моль/л)	97	97	99
МФК (0,001 моль/л) + ЦБ	92	98	98
МФК (0,005 моль/л)	97	98	98
МФК (0,005 моль/л) + ЦБ	100	104	96

Всхожесть – это количество появившихся всходов, выраженное в процентах к количеству высеванных семян. Всхожесть отражает способность семян образовывать нормально развитые проростки. Установлено, что МФК оказала стимулирующее действие на семена ячменя (табл. 2). Выявлена положительная тесная корреляция между дозой токсиканта и всхожестью семян ($r = 0,83$). Добавка культур ЦБ при проращивании не вызывала достоверных

изменений всхожести семян, однако ЦБ *N. linckia* в отличие от прочих стимулировала данный показатель на 15%. Отмечено, что *N. linckia* при совместном действии с МФК ингибировала всхожесть семян и снижала данный показатель до уровня контроля. Наиболее благоприятное действие на семена при загрязнении МФК (0,001 моль/л) оказывала ЦБ *N. muscorum*, что проявилось в повышении всхожести семян на 27%.

Таблица 2

Влияние метилфосфоновой кислоты и ЦБ на всхожесть семян ячменя

Вариант опыта	<i>N. muscorum</i>	<i>N. paludosum</i>	<i>N. linckia</i>
	всхожесть, % к контролю		
К+ЦБ	103	98	115
МФК (0,001 моль/л)	111	91	121*
МФК (0,001 моль/л)+ ЦБ	127*	94	83
МФК (0,005 моль/л)	115	111	132*
МФК (0,005 моль/л) + ЦБ	116	101	107

Примечание: * – различия между контролем и опытом достоверны при $P \leq 0,05$.

Таблица 3

Влияние метилфосфоновой кислоты и ЦБ на линейный рост органов ячменя

Вариант опыта	<i>N. muscorum</i>		<i>N. paludosum</i>		<i>N. linckia</i>	
	длина, см					
	корень	лист	корень	лист	корень	лист
К (0)	8,23±1,33	7,31±1,06	6,48±1,69	9,11±1,51	7,31±1,16	8,65±1,05
К + ЦБ	12,06±1,56	7,77±0,86	8,73±2,82	9,70±1,62	8,9±1,69	9,26±0,97
МФК (0,001 моль/л)	6,63±1,50	6,70±0,93	5,80±1,71	7,60±2,54	7,7±1,29	9,53±0,96
МФК (0,001 моль/л)+ ЦБ	8,28±1,54	7,03±0,94	8,40±2,65	8,68±1,78	7,23±1,8	8,96±0,97
МФК (0,005 моль/л)	5,60±1,19	7,25±0,85	5,38±1,51	9,00±1,62	5,41±1,3	7,9±0,94
МФК (0,005 моль/л) + ЦБ	5,72±1,01	6,05±1,03	5,66±1,49	8,01±2,18	6,05±1,09	8,38±0,99

Примечание: * – различия между контролем и опытом достоверны при $P \leq 0,05$.

Линейный рост является показателем, отражающим степень адаптации растений к условиям среды. Достоверных изменений длины проростков выявлено не было (табл. 3). Корни были более чувствительны к действию МФК, чем листья растений. Установлено, что длина корней в варианте с действием МФК 0,005 моль/л была на 26% ниже, чем в контроле. ЦБ оказывали стимулирующее воздействие на рост проростков. Добавка культур ЦБ *N. muscorum* и *N. paludosum* при проращивании способствовала снижению токсичного эффекта МФК 0,001 моль/л, что в большей степени проявилось на росте корней растений. ЦБ обработка семян *N. linckia*, напротив, ослабляла токсическое

действие МФК высокой концентрации (0,005 моль/л), причем в большей степени это проявилось также на росте корней опытных растений.

Таким образом, среди изученных показателей всхожесть семян наиболее чувствительна к действию МФК и ЦБ. Наименее информативным, менее чувствительным показателем на действие МФК и ЦБ была жизнеспособность семян, которую оценивали по активности дегидрогеназ. ЦБ обработка семян *N. linckia* оказывает положительное действие на всхожесть семян. ЦБ обработка всеми изучаемыми культурами способствует линейному росту корней ячменя. Обработка семян культурой *N. muscorum* при проращивании оказывает фитопротекторное действие на семена в условиях загрязнения МФК (0,001 моль/л), что проявилось в активации всхожести семян и линейном росте проростков. ЦБ *N. linckia*, напротив, усиливает токсическое действие МФК (0,001 моль/л), снижая всхожесть семян и ингибируя рост органов растений. Однако ЦБ обработка *N. linckia* оказывает положительное действие на рост корней ячменя в условиях действия МФК высокой концентрации (0,005 моль/л).

Работа выполнена в рамках проекта № 863 «Особенности функционирования живых систем в условиях действия специфических поллютантов на примере фосфорсодержащих соединений», включенной в государственное задание ВятГУ на 2016 г.

Литература

ГОСТ 12039-82 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения жизнеспособности.

ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Ашихмина Т. Я. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 2. С. 23.

Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В. В. Игнатова. М.: Наука, 2005. 262 с.

Огородникова С. Ю., Головки Т. К., Ашихмина Т. Я. Реакции растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновоую кислоту. Сыктывкар: 2004. 24 с.

Рогожин В. В., Куринюк Т. Т., Рогожина Т. В. Функции систем биологического окисления. Об участии оксидоредуктаз в механизмах покоя и прорастания зерновок у пшеницы // Сельскохозяйственная биология. 2012. № 1. С. 67.

Савельева Е. И., Зенкевич И. Г., Кузнецова Т. А., Радилов А. С., Пшеничная Г. В. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии // Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 6. С. 82–91.

Quinn, J. P., Peden J. M. M., Dick R. E. Carbon-phosphorus bond cleavage by grampositive and gram-negative soil bacteria // Appl. Microbiol Biotechnol. 1989. V. 31. P. 283–287.

ВЛИЯНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА РОСТ МИЦЕЛИЯ *TRAMETES VERSICOLOR IN VITRO*

Д. В. Попыванов, А. А. Широких
Вятский государственный университет

В городской среде под влиянием различного типа загрязнений – промышленного, транспортного, бытового и пр. – формируются специфические сообщества грибов, которые весьма существенно отличаются от природных сообществ зонального типа. В городских скверах и парках сообщество высших базидиальных грибов в основном представлено древоразрушающими (ксилотрофными) видами базидиомицетов. Симбиотрофные микоризообразующие и напочвенные сапротрофные макромицеты встречаются реже, потому что в парках обычно убирается листовая подстилка – основное местообитание мицелия этих грибов (Широких и др., 2016). В результате проведенных исследований по биоаккумуляции тяжелых металлов (ТМ) базидиомицетами на территории парков и скверов г. Кирова установлено, что эти грибы являются активными накопителями Cu, Zn, Pb (Иванов, 2008; Попыванов, Широких, 2016; Попыванов, 2016).

Целью проводимого исследования по выращиванию мицелия *T. versicolor in vitro* является определение влияния различных концентраций ТМ на количество получаемой биомассы и структуру пеллет.

Выращивание мицелия *T. versicolor* на жидкой среде (пивном сусле) производилось в 4-х кратной аналитической повторности с добавлением различных концентраций ТМ. Биомассу грибов отделяли от культуральной жидкости центрифугированием, высушивали при 70 °С до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

В результате исследований установлено, что добавление в питательную среду свинца ведет к снижению биомассы. Этот эффект проявляется, начиная с концентрации свинца в среде 20 мг/л. (рис. 1).

Реакция *T. versicolor* на присутствие в среде ионов Pb^{2+} проявляется изменением морфологической структуры мицелия – пеллет. Рост мицелия в форме пеллет рассматривается как ответ организма на неспецифический стресс при культивировании мицелия в жидкой среде (Громозова, 2006). При возрастании концентрации Pb^{2+} наблюдается уплотнение пеллет, уменьшение их размеров, уменьшение количества поискового мицелия (рис. 1, 2). Рост мицелия *T. versicolor* не прекращался, несмотря на достаточно высокие концентрации свинца в среде.

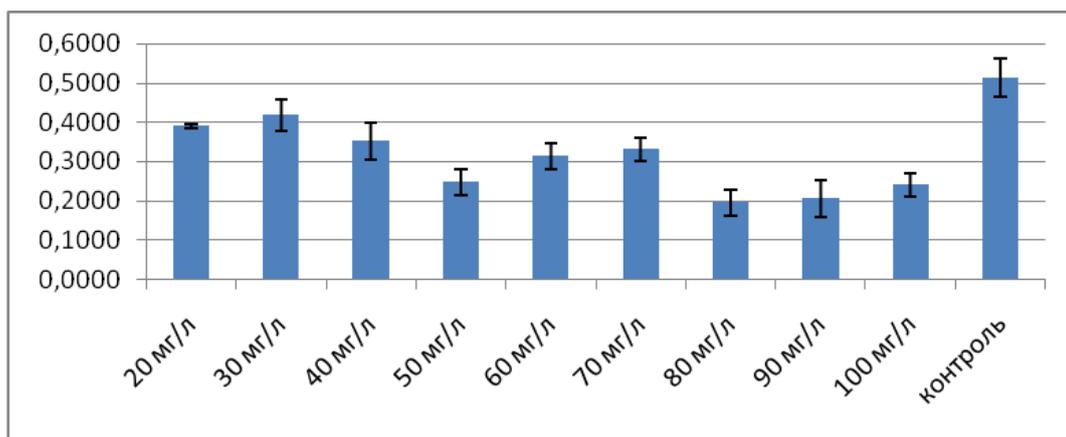


Рис. 1. Накопление биомассы мицелия (г) *T. versicolor* при различных концентрациях в среде Pb²⁺

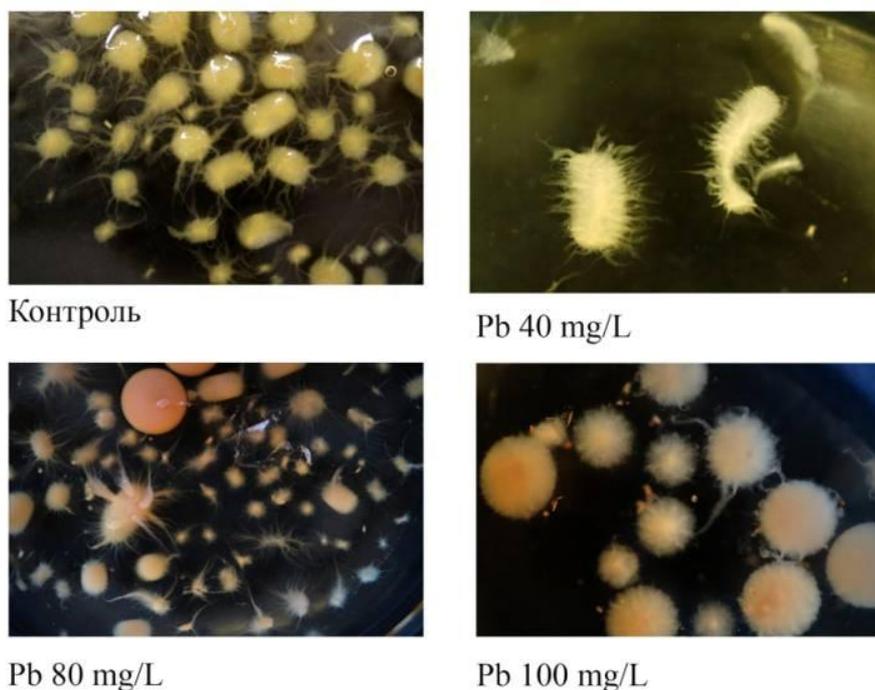


Рис. 2. Влияние различных концентраций Pb²⁺ на биомассу мицелия *T. versicolor* при глубинном культивировании

Влияние меди на рост *T. versicolor*, по сравнению со свинцом, было неоднозначным. При концентрации Cu²⁺ в среде 16 мг/л наблюдалось увеличение биомассы мицелия, по сравнению с контролем (рис. 3). Морфологические изменения пеллет были практически не выражены (рис. 4). При концентрации 20 мг/л наблюдалось резкое снижение биомассы мицелия, уплотнение пеллет, отсутствие поискового мицелия. Дальнейшее увеличение концентрации ионов меди в среде не приводило к изменению биомассы и морфологии мицелия.

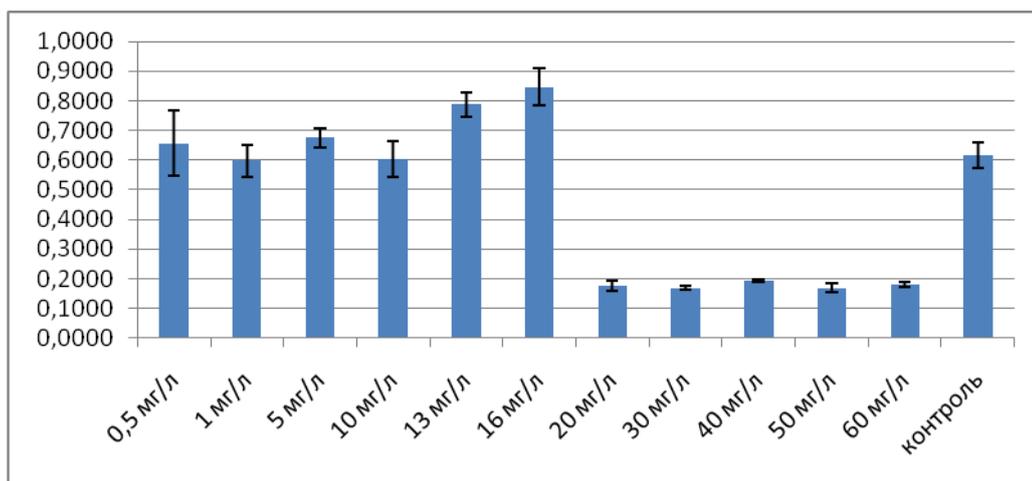
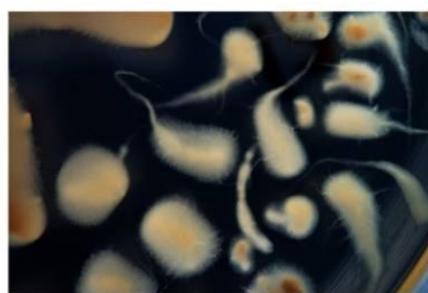


Рис. 3. Накопление биомассы мицелия (г) *T. versicolor* при различных концентрациях в среде Cu²⁺



Контроль



Cu 13 mg/L



Cu 20 mg/L



Cu 30 mg/L

Рис. 4. Влияние различных концентраций Cu²⁺ на биомассу мицелия *T. versicolor* при глубинном культивировании

Внесение в среду Zn²⁺, по сравнению с Cu²⁺ и Pb²⁺, оказывало негативное влияние на рост мицелия, уже при концентрации 5 мг/л. Влияние Zn²⁺ было выражено в снижении биомассы, по сравнению с контролем. В концентрации 20 и 30 мг/л наблюдалось возрастание биомассы, как и у меди (16 мг/л). При дальнейшем увеличении концентрации цинка (40 мг/л) вновь отмечалось снижение биомассы и отсутствие поискового мицелия (рис. 5).

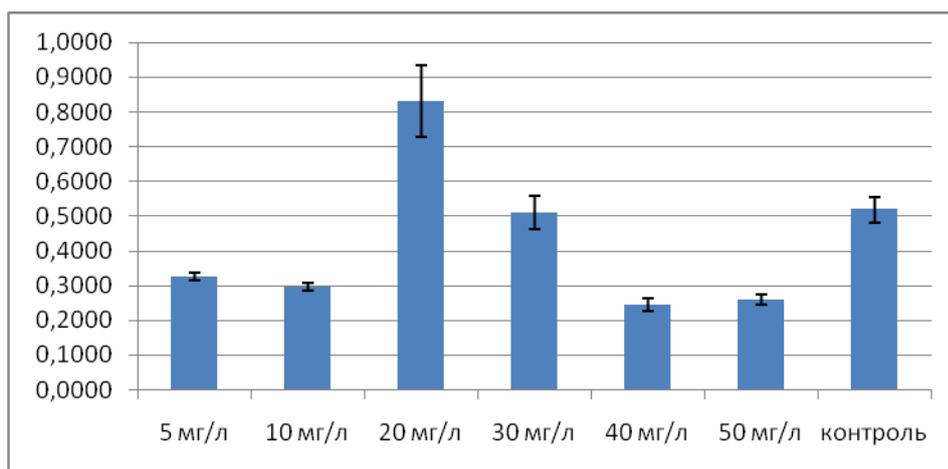


Рис. 5. Накопление биомассы мицелия (г) *T. versicolor* при различных концентрациях в среде Zn²⁺

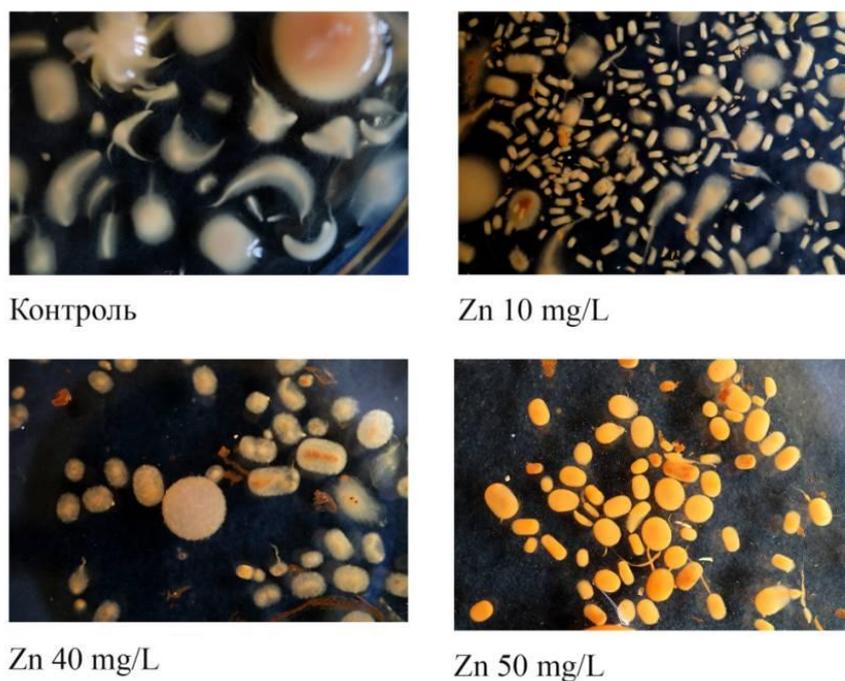


Рис. 6. Влияние различных концентраций Zn²⁺ на биомассу мицелия *T. versicolor* при глубинном культивировании

Таким образом, в ходе исследований установлено, что различные концентрации ТМ обуславливают статистически значимые различия в количестве биомассы *T. versicolor*. Наибольшие значения биомассы, даже по сравнению с контролем, выявлены при добавлении в питательную среду Cu²⁺ в концентрациях 13 и 16 мг/л. Однако при увеличении концентрации до 20 мг/л и более происходит резкое снижение биомассы. Кроме количества вырастающей биомассы изменяется и морфологическая структура пеллет. При возрастании концентрации ТМ наблюдается снижение количества поисковых тяжей и уплотнение пеллет, уменьшение их в размерах.

Таким образом, в условиях эксперимента установлено, что высокие концентрации свинца, меди и цинка оказывают ингибирующее влияние на биомассу и морфологию мицелия *T. versicolor* при культивировании его в жидкой среде. Свинец, как токсичный металл, однозначно приводил к снижению биомассы гриба. Медь и цинк при определенных концентрациях (16 мг/л для Cu^{2+} и 20 мг/л для Zn^{2+}) оказывали стимулирующий эффект на рост мицелия, но дальнейшее увеличение концентраций этих металлов в среде вновь ингибировало его рост и изменяло морфологию.

Литература

Громозова Е. Н. Форма мицелия в глубинных условиях культивирования как результат адаптационного выбора самоорганизующейся системы // Успехи медицинской микологии. Т. 7. М.: Национальная академия микологии, 2006. С. 9.

Иванов А. И., Костычев А. А., Скобанев А. В. Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка базидиомами макромицетов различных эколого-трофических и таксономических групп // Поволжский экологический журнал. 2008. № 3. С. 190–199.

Попыванов Д. В. Накопление свинца, меди и цинка сапротрофными базидиомицетами в парках города Кирова // Актуальные проблемы биологии и экологии: Материалы докладов XXIII Всерос. молодежной науч. конф. Сыктывкар, 2016. С. 207–210.

Попыванов Д. В., Широких А. А. Накопление свинца, меди и цинка микоризообразующими базидиомицетами в парках г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути решения. Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. (28–29 апреля 2016 г.). Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 164–166.

Попыванов Д. В., Широких А. А. Накопление свинца, меди и цинка базидиомицетами разных эколого-трофических групп в парках г. Кирова // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 2. С. 25–31.

Широких И. Г., Попыванов Д. В., Широких А. А. Накопление тяжелых металлов базидиомицетами разных эколого-трофических групп в урбозкосистеме // Биология, систематика и экология грибов и лишайников в природных экосистемах и агрофитоценозах: Материалы II Междунар. науч. конф. (г. Минск-д. Каменюки, 20–23 сентября 2016 г.) Минск: Колорград, 2016. С. 292–296.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС У РЯСКИ МАЛОЙ (*LEMNA MINOR L.*) ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УРАНА И ЦИНКА

И. С. Боднарь, В. Г. Зайнуллин, Е. В. Чебан

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, bodnar@ib.komisc.ru

Усиление позиций экоцентрического подхода к радиационной безопасности подразумевает использование ряда видов-индикаторов при биодиагностике в условиях радиоактивного загрязнения (Цветнова и др., 2014). Ряска малая с успехом используется при биотестировании природных и сточных вод, благодаря относительно простому культивированию в лабораторных условиях, преимущественно вегетативному размножению, быстрому росту и чувствительности к химическому загрязнению. Накопление достаточной информации о радиобиологических эффектах ряски малой позволит ее исполь-

зовать в качестве тест-объекта при радиоактивном загрязнении. Целью данного исследования является оценка морфометрических изменений и уровня окислительного стресса у ряски малой при воздействии солей урана и цинка.

Уран – естественный компонент водных и наземных экосистем, увеличение концентрации урана в природных водоемах происходит в результате деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, добычи и обогащения урана, утилизации и сброса промышленных отходов, использования фосфатных удобрений (Favas et al., 2016). Уран токсичен для растений в низких концентрациях. Цинк является необходимым для растений микроэлементом, но при избытке ингибирует их рост и развитие (Елькина, 2009).

Лабораторную культуру ряски малой культивировали в среде Штейнберга, куда входит и цинк (0,63 мкмоль/л), в климатической камере при стандартных условиях: температуре $24 \pm 0,1$ °С, фотопериодичности 16 ч свет/8 ч темнота, 70% влажности, интенсивность света 8000 люкс, представлена холодно-белым светом люминесцентных ламп. Ряску малую высаживали в экспериментальные емкости в раствор, который содержал среду Штейнберга, а также соли урана и цинка. В работе в качестве источника уранил-ионов использовали $UO_2(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, цинк-ионов – $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$. Используемая концентрации урана – 6 мкмоль/л, цинка – 0; 0,63; 1,26; 3,15; 6,3; 12,6; 79 мкмоль/л. В качестве отрицательного контроля использовалась среда Штейнберга (К1). Положительным контролем служила среда, содержащая ионы цинка (К2) или уранила (К3) в соответствующих эксперименту концентрациях. Через 7 дней проводили подсчет фрондов для расчета удельной скорости роста, изменение площади листовой поверхности, уровень и характер повреждения фрондов (хлорозы и некрозы), а также прочие изменения в колониях ряски малой. Расчет площади фронда проводили по фотографиям, до воздействия и через семь дней после (OECD, 2006). Изображения проанализированы с помощью программного обеспечения Image J (NIH, USA). Для оценки уровня окислительного стресса определяли уровень малонового диальдегида (МДА) (Молекулярно-генетические и биохимические методы ..., 2006).

В результате обработки данных эксперимента определено, что наименьшая эффективная наблюдаемая концентрация (ЛОЕС), которая оказывает статистически достоверный ингибирующий эффект на рост ряски малой ($p \leq 0,05$) для урана составляет 0,6 мкмоль/л, а для цинка – 3,15 мкмоль/л. Существует прямая зависимость между удельной скоростью роста и концентрацией цинка в опыте и положительном контроле (К2) ($F=127$, $p \leq 0,01$). При невысоких концентрациях цинка (до 1,26 мкмоль/л) основной вклад в угнетение скорости роста ряски малой вносит уран, так как скорость роста в эксперименте ниже, чем в положительном контроле К2, а отличий с К1 нет. При концентрации цинка 6,3 мкмоль/л и урана 6 мкмоль/л скорость роста в эксперименте с ураном и цинком и положительных контролях К2 и К3 статистически не отличается ($p \leq 0,01$). Данная концентрация урана составляет 100 ПДК, а цинка – 0,08 ПДК. При концентрациях цинка от 12,6 мкмоль/л основной вклад в угнетение скорости роста вносит цинк, а не уран ($p \leq 0,01$). Цинк в

концентрации, соответствующей ПДК (79 мкмоль/л), приводит почти к полному прекращению роста ряски в К2 и эксперименте с ураном.

При отсутствии цинка токсический эффект урана усиливается, происходит уменьшение площади фрондов ($p \leq 0,01$) по сравнению с контролем. Исследуемая концентрация урана при оптимальном содержании цинка не вызывает уменьшения площади фрондов. При воздействии цинка от 3,15 мкмоль/л происходит уменьшение площади фрондов ($p \leq 0,01$).

При воздействии неблагоприятных факторов среды у ряски увеличивается частота некрозов и хлорозов. Некрозы – мертвые ткани фрондов, побелевшие, коричневые или утонувшие. Хлорозы – пожелтение или полное обесцвечивание фронда в результате потери пигмента. Доля поврежденных растений в контроле не превышает 5%. Уран в рассматриваемой концентрации не приводит к повышению частоты поврежденных растений, цинк в концентрации от 6,15 мкмоль/л приводит к росту частоты хлорозов у растений, причем как в сочетании с ионами урана, так и без ($p \leq 0,01$). Растения становятся желто-зеленого цвета, а при увеличении концентрации цинка до 12,6 мкмоль/л желтого цвета. При концентрации 79 мкмоль/л свыше 90% растений некротически повреждены, цвет изменяется на буро-желтый.

Переокисление липидов (ПОЛ) является одним из первых последствий окислительных повреждений мембранных систем. Количество стабильного продукта этого процесса МДА, свидетельствует о глубине ПОЛ и используется в качестве индикатора окислительного стресса (Дубовская и др., 2007). Цинк и уран вызывают окислительный стресс у ряски малой. При увеличении концентрации цинка в растворе уровень МДА повышается ($F=4,7$, $p \leq 0,01$). Уровень МДА повышен при воздействии на ряску урана и цинка с концентрацией 12,6 и 79 мкмоль/л по сравнению с отрицательным контролем ($p \leq 0,05$). Накопление активных форм кислорода приводит к повреждению клеточных мембран, фотосинтетических пигментов, белков, нуклеиновых кислот и липидов, что в конечном итоге приводит к гибели клетки (Fang, Kao, 2000). В результате индукции окислительного стресса цинком и ураном увеличивается доля растений с хлорозами и некрозами, сокращается площадь фрондов, существенно замедляется скорость роста.

Литература

Дубовская Л. В., Колеснева Е. В., Князев Д. М., Волотовский И. Д. Защитная роль оксида азота при окислительном стрессе, индуцированном в растениях табака пероксидом водорода // Радиационная биология. Радиоэкология. 2007. Т. 54. № 6. С. 847–855.

Елькина Г. Я. Поведение цинка в системе почва-растение в условиях европейского Северо-Востока // Агрехимия. 2009. № 11. С. 57–64.

Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / Под ред. В. В. Кузнецова, Г. А. Романова. М.: БИНОМ, 2011. С. 348–349.

Цветнова О. Б., Щеглов А. И., Столбова В. В. К вопросу о методах биодиагностики в условиях радиационного загрязнения // Радиоэкология. 2014. Т. 54. № 4. С. 423–431.

Fang W. C., Kao C. H. Enhanced activity in rice leaves in response to excess iron, copper and zinc // Plant. Sci. 2000. V. 158. P. 71–76.

Favas Paulo J. C., Pratas J., Mitra S., Sarkar S. K., Venkatachalam P. Biogeochemistry of uranium in the soil-plant and water-plant systems in an old uranium mine // Science of the Total Environment. 2016. V. 568. P. 350–368.

OECD Guidelines for the testing chemicals. Lemna sp. Growth Inhibition Test. Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, 2006.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ И БИОМАССА РУППИИ МОРСКОЙ *RUPPIA MARTIMA* L.

Е. Н. Гуляева, А. А. Стародубцева

*Петрозаводский государственный университет,
gln7408@gmail.com, korzunina84@mail.ru*

Эстуарии рек являются азональными территориями, обладающими особым географическим положением между речными бассейнами и приемными водоемами (океанами, морями и озерами) (Михайлов, 1998), что создает различные условия обитания. Соленость – важный фактор определяющий структуру растительных сообществ эстуарных участков. При переходе от устья реки в морскую зону, пресноводные виды постепенно заменяются на морские. *Ruppia maritima* L. – вторично водное многолетнее растение 15–25(40) см высотой с погруженным стеблем и узкими нитевидными листьями. *R. maritima* плюризональный, почти космополитный вид, облигатный галофит, произрастающий в пресной, солоноватой и морской воде (Заславская, 2007). Данный вид имеет один из самых широких диапазонов солеустойчивости от 0 до 160–380‰ (Kantrud, 1991), что позволяет ему доминировать в различных экотопах на западном побережье Белого моря (Марковская и др., 2010). Адаптация к такому широкому спектру условий произрастания происходит за счет высокой пластичности различных физиологических функций, в том числе за счет адаптации фотосинтетического аппарата.

Целью данного исследования было выявления биомассы и особенностей пигментного аппарата *R. maritima* произрастающей при разных значениях солености в эстуарии реки Кереть на побережье Белого моря.

Растительный материал был собран в июле 2016 года в эстуарии реки Кереть на побережье Белого моря. Три пробные площадки (ПП) располагались на различном расстоянии от устья реки в Керетской губе и имели различную соленость воды в отлив (соленость 3, 7, 10‰), четвертая ПП была расположена в Лебяжьей губе (соленость 18‰).

ПП 1 располагалась в месте, где река Кереть впадает в Керетскую губу Белого моря. Данное местообитание характеризуется небольшим уровнем прилива и небольшими значениями солености. Здесь доминируют пресноводные растения, но также встречаются галофиты: *R. maritima* и *Triglochin maritima* L. ПП 2 и 3 располагались в приустьевой зоне, здесь отмечается постепенное увеличение солености по мере удаления от реки, более мощные приливы и отливы. Доминантами здесь становятся *T. maritima* и *R. maritima*, появляются другие галофиты, пресноводные виды встречаются единично. На

ПП 2 отмечалось бурное развитие нитчатых водорослей. ПП 3 располагалась в переходной зоне, где повышается соленость по сравнению с приустьевой зоной. Здесь доминируют виды родов *Carex* L. и *Poa* L., представители семейства маревые (*Chenopodiaceae*), *T. maritima*, *Tripolium vulgare* Ness, *Plantago maritima* L., заросли *R. maritima* немногочисленные. ПП 4 расположена в Лебяжьей губе, влияние моря здесь сильнее и соленость воды достигает 18‰ (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения ПП

Для определения биомассы в каждой точке исследования брали по 2 пробы. Взятие проб проводили цилиндром с площадью сечения 64 см^2 . Растения каждой пробы разделяли на надземные и подземные органы, затем высушивали для абсолютно сухого веса. Взвешивание сухого веса надземных и подземных органов производилось на электронных весах с точностью до 0,05 г.

Содержание фотосинтетических пигментов определяли спектрофотометрическим методом (СФ-26, Россия) в спиртовой вытяжке по оптической плотности в максимумах поглощения хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов (Сапожников и др., 1978; Маслова и др., 1986). Долю хлорофилла *b* в ССК рассчитывали, приняв, что практически весь хлорофилл *b* находится в ССК и соотношение хлорофиллов *a/b* в нем равно 1,2 (Маслова и др., 1986). Биологическая повторность 3-кратная.

Определение солености воды проводили с помощью рефрактометра Atago ATS-S/Mill-E во время полного прилива.

Для статистической обработки данных анализа использовали программу «Microsoft Excel 7». Достоверность результатов оценивали с помощью *t*-критерия Стьюдента при $P = 0,95$. В таблицах и графике указаны средние значения с ошибкой средней.

В результате исследований показано, что наибольшая общая сухая масса, сухая масса надземных и подземных органов *R. maritima* отмечается у рас-

тений при 18 и 3‰ (табл. 1). Незначительно отличались по биомассе растения *R. maritima* при 10‰. Растения, произрастающие при 7‰ имели наименьшую сухую биомассу, что, скорее всего, связано с большим количеством нитчатых водорослей, которые создают так называемые водорослевые маты над растениями, что приводит к затенению и спутанности растений *R. maritima* и делает их более чувствительными к приливам и отливам (Verhoeven, 1980). Соотношение массы подземных органов к наземным (П/Н) не различались при изменении солености.

Таблица 1

Биомасса *R. maritima*, произрастающей при различной солености

Соленость, ‰	3	7	10	18
Общая биомасса, г/м ²	43,2±1,2	21,0±1,2	39,9±1,0	45,3±0,8
Надземная биомасса, г/м ²	19,3±0,6	9,0±0,4	18,9±0,2	21,5±0,5
Подземная биомасса, г/м ²	23,9±0,3	13,0±0,2	21,0±1,0	23,8±0,3
П/Н	1,2±0,06	1,3±0,2	1,1±0,1	1,1±0,05

При сопоставлении полученных данных с данными других исследователей установлено, что сухая биомасса *R. maritima* имеет более низкие значения в условиях Голарктики по сравнению с более южными регионами (Kantrud, 1991; Mansilla, 2013). Причем биомасса *R. maritima* на приморских территориях Северной Америки достигает >1000 г/м², довольно большая биомасса отмечается и в европейских странах >400 г/м². Схожие с нашими данные получены для руппии произрастающей в Голантарктике (Чили) (Mansilla, 2013), что может быть связано с тем, что это крайние точки ареала произрастания теплолюбивого по происхождению вида *R. maritima*. Для *R. maritima* складываются неблагоприятные условия, и снижается биологическая продуктивность.

Наибольшее содержание пигментов также отмечено у растений *R. maritima*, произрастающих при солености 18‰ и при солености 3‰. При этом при уменьшении солености от 18 до 7‰ содержание фотосинтетических пигментов снижалось (рис. 2). Это может быть связано с тем, что при высокой солености растениям требуется больше растворимых углеводов для поддержания осмотического давления в клетках (Murphy et al., 2003), в связи с этим усиливается работа фотосинтетического аппарата. Увеличение содержания пигментов при солености 3‰ может быть связано с тем, что данная пробная площадь была расположена на территории поселка Кереть, где имеет место загрязнение воды нефтепродуктами и бытовыми стоками. Ранее нами было показано увеличение содержания фотосинтетических пигментов у *R. maritima* при загрязнении в г. Беломорске почти в два раза по сравнению с чистыми территориями (Отчет..., 2012).

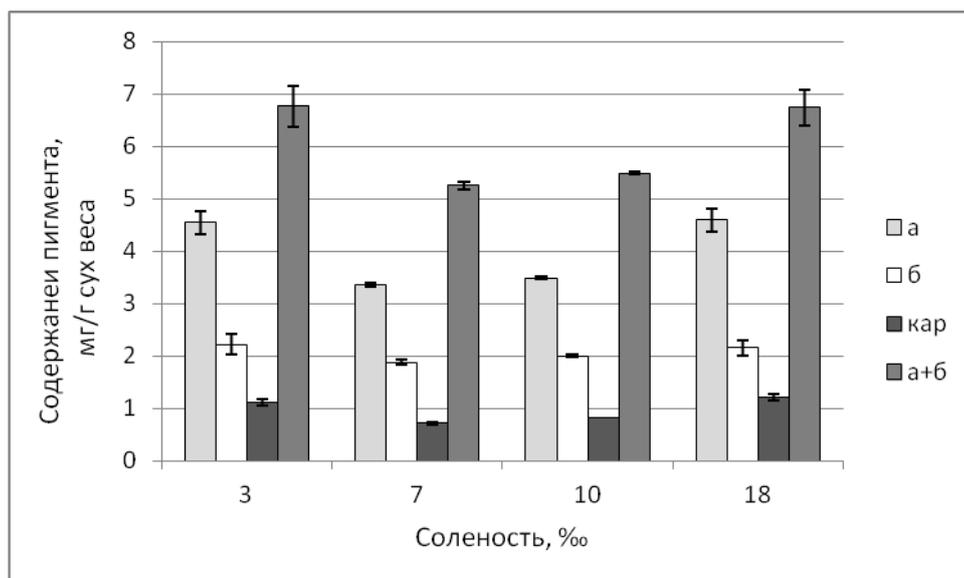


Рис. 2. Содержание фотосинтетических пигментов в листьях *R. maritima* произрастающей при различной солености.

Соотношение хлорофилла *a* и хлорофилла *b* при наименьшей и наибольшей солености было выше, чем при средних значениях солености (табл. 2). Аналогично изменялось и значение ССК. Отношение хлорофиллов и каротиноидов было наименьшим при наибольшей солености, что говорит о цветении доли каротиноидов, несущих защитную функцию.

Таблица 2

Соотношение фотосинтетических пигментов в листьях *R. maritima* произрастающей при различной солености

Соленость, ‰	хл <i>a</i> /хл <i>b</i>	хл/кар	ССК, %
3	2,1±0,1	6,1±0,1	72,2±2,3
7	1,8±0,1	6,6±0,1	80,1±0,4
10	1,8±0,1	7,5±0,4	79,0±0,8
18	2,1±0,1	5,5±0,2	70,1±1,8

Таким образом, наибольшие значения, как содержания фотосинтетических пигментов, так и биомассы у *R. maritima* были отмечены нами при крайних значениях солености 3 и 18‰. Возможно увеличение этих показателей на ПП 1 с соленостью 3‰ связано с небольшим загрязнением биогенами из-за бытовых стоков из деревни. Снижение же показателей на ПП 2 и 3 (соленость 7 и 10‰), может быть связано с наличием на них нитчатых водорослей, ухудшающих условия освещенности для растений *R. maritima*, о чем также свидетельствует увеличение ССК на этих площадках.

Работа выполнена при поддержке гранта Государственного задания Министерства образования и науки России (проект № 6.724.2014/к).

Литература

Заславская Н. В. Флора и растительность засоленных приморских экотопов Западного побережья Белого моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2007. 24 с.

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.

Маслова Т. Г., Попова И. А., Попова О. Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Физиология растений. 1986. Т. 33. С. 615–619.

Михайлов В. Н. Гидрология устьев рек. М.: Изд-во МГУ, 1998. 176 с.

Отчет о научно-исследовательской работе «Морфолого-физиологические показатели лишайников и сосудистых растений для оценки и прогнозирования состояния прибрежно-водной среды». Петрозаводск: 2012. 78 с.

Сапожников Д. И., Маслова Т. Г., Попова О. Ф. Метод фиксации и хранения листьев для количественного определения пигментов пластид // Ботан. журн. 1978. Т. 63. № 11. С. 1586–1592.

Kantrud Harold A. Wigeongrass (*Ruppia maritima* L.): A Literature Review. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish Wildl. Res. 10. 1991. 58 p.

Mansilla A., Ramírez-García P., Murcia S., Terrados J. Distribution and biomass of *Ruppia filifolia* (Phil.) Skottsberg, Ruppiaceae in Skyring sound, Sub-Antarctic Ecoregion of Magallanes, Chile // An Inst Patagon. 2013. V. 41. P. 91–97

Murphy L. R., Kinsey S. T., Durako M. J. Physiological effects of shortterm salinity changes on *Ruppia maritima* // Aquatic Botany. V. 75. 2003. P. 293–309.

Verhoeven J. T. A. The ecology of *Ruppia*-dominated communities in Western Europe. II. Synecological classification. Structure and dynamics of the macroflora and macrofauna communities // Aquatic Botany. V. 8. 1980. P. 1–85.

ФЛОРА МАКРОФИТОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ г. СЫКТЫВКАРА

Т. В. Новаковская

*Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
НОЦ «Экоцентр», bnovak@mail.ru*

В связи с усилением антропогенного пресса на природные экосистемы Севера возрастает роль водной растительности как индикатора загрязнения среды. Однако, степень изученности гидрофильной флоры и растительности отдельных регионов России (в том числе Республики Коми) крайне недостаточна. Сведения о растительности и видовом составе макрофитов некоторых водоемов Республики Коми представлены в работах Э. И. Поповой, Л. Н. Соловкиной (1957); М. В. Гецен (1968); Н. В. Вехова, А. Н. Кулиева (1986); Б. Ю. Тетерюк (2003, 2014); Новаковской, Дымовой (2012) и др. Однако не все водоемы изучены достаточно хорошо, особенно небольшие.

Цель работы: изучение видового разнообразия гидрофильной флоры некоторых водоемов окрестностей г. Сыктывкара.

Объектом исследования является гидрофильная флора водоёмов окрестностей г. Сыктывкара в бассейне р. Сысола. Материал для исследования собран в 2008–2014 гг. Исследованы 6 водоемов: 1 – водоем на территории ботанического сада Сыктывкарского государственного университета (СГУ), 2 – озеро Вильты (пос. Краснозатонский), 3 – сточный водоем вблизи птицефабрики (с. Вильгорт), 4 – озеро Еляты (с. Вильгорт), 5 – водоем в районе

Института естественных наук (ИЕН) СГУ, в месте впадения р. Сысола в Вычегду, 6 – водоем в местечке Дырнос.

Исследуемые водоемы различались по площади, степени минерализации и трюфности воды, а также испытывали разное антропогенное воздействие. Водоем в ботаническом саду университета (1) относится к условно чистым водоемам. Небольшой водоем (3) в районе птицефабрики, загрязняется стоками сельскохозяйственного производства, к тому же в него стекает вода от помехохранилища Сыктывкарской птицефабрики и, следовательно, попадает большое количество биогенных веществ и минеральных удобрений. Это подтверждает и химический анализ воды. Озера Выльты (2), Еляты (4) и водоемы в м. Дырнос (6) и за ИЕН (5) относятся к водоемам со смешанным типом загрязнения, они испытывают разнообразную антропогенную нагрузку: вытаптывание берегов, транспортное загрязнение, бытовой мусор, кострища.

На основе собранного материала проведен анализ систематической, географической и экологической структуры изученной гидрофильной флоры.

В районе исследования выявлено 55 видов высших сосудистых растений из 45 родов и 32 семейств. В систематическом отношении преобладают семейства *Syraceae*, *Hydrocharitaceae*, *Juncaceae*, *Lemnaceae*, *Primulaceae*, что характерно в целом для водоемов европейского Северо-Востока. Большинство семейств (18 из 32) является одновидовыми. Слабая видовая насыщенность семейств обусловлена тем, что представители семейств не обладают специализированностью к существованию в гидроморфных условиях. Анализ родов показывает, что наибольшим разнообразием представлен род *Carex* (шесть видов), три вида содержит род *Juncus*. Виды этих родов имеют выраженные адаптивные приспособления к существованию в условиях высокого увлажнения. Остальные роды одно-двувидовые.

Географический анализ показал, что флору составляют бореальная (табл.) и плюризональная широтные группы и только один вид относится к лесостепной (*Bidens tripartita*) группе. Обилие видов, относящихся к плюризональной группе, связано с тем, что водная среда сглаживает колебания внешних факторов и создает условия для широкого распространения растений.

Таблица

Соотношение географических и эколого-ценотических групп видов в изученных водоемах

Группа	Абсолютное число видов	Относительное число, %
Широтные географические группы видов		
Бореальная	37	67,3
Плюризональная	17	30,9
Лесостепная	1	1,8
Всего:	55	100
Долготные географические группы видов		
Голарктическая	26	47,3
Евразиатская	20	36,4
Космополиты	5	9,1

Группа	Абсолютное число видов	Относительное число, %
Евросибирская	4	7,3
Всего:	55	100
Распределение видов по экологическим группам		
Гигрофиты	17	30,9
Гелофиты	14	25,5
Мезогигрофиты	11	20,0
Плейстофиты	7	12,7
Гидатофиты	3	5,5
Болотные	2	3,6
Мезофиты	1	1,8
Всего:	55	100

Наибольшим видовым разнообразием среди долготных групп является голарктическая группа, к ней относится почти половина всех водных и прибрежно-водных растений района исследования. Это *Ceratophyllum demersum*, *Caltha palustris*, *Epilobium palustre* и др. На втором месте – евразийская группа: *Hydrocharis morsus-ranae*, *Trientalis europaea*, *Numphar lutea* и др. Эти две группы самые многочисленные и составляют вместе 83,7% от общего состава всех видов. Космополитов – пять видов: *Spirodela polyrhiza*, *Lemna minor*, *L. trisulca*, *Typha angustifolia*, *Elodea canadensis*. Виды-космополиты составляют неотъемлемую часть гидрофильной флоры, но доля их в нашем районе по сравнению с другими группами невелика.

Таким образом, бореальная группа в широтном отношении и голарктическая в долготном составляют основу гидрофильной флоры изученных водоемов. Согласно В. А. Мартыненко (1987) это является характерной чертой флоры таежной зоны европейского Северо-Востока.

Эколого-ценотический анализ выявил преобладание растений сырых мест обитания – гигрофитов (табл.). Это такие виды как *Carex acuta*, *Galium uliginosum*, *Chrysosplenium alternifolium* и др. Второе место занимают гелофиты – растения береговых и прибрежных местообитаний с избыточным или переменным увлажнением. Сюда относятся ценотически значимые виды *Carex rostrata*, *C. vesicaria*, *Equisetum fluviatile*, а также часто встречающиеся, но не имеющие высокой ценотической значимости – *Juncus bufonius*, *Sium latifolium* и др. Гидрофиты – комплексная по биоморфологическому составу группа. Они включают прикрепленные ко дну растения с плавающими на поверхности воды листьями – плейстофиты: *Numphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Sparganium emersum*; и гидатофиты – полностью погруженные растения: *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Utricularia vulgaris*. Американский вид *Elodea canadensis* широко распространился по всей планете, благодаря быстрому росту и физиологической пластичности. Один вид *Thalictrum flavum* относится к мезофитам, причем он довольно часто встречается в сообществах гигрофитов.

Сходство видового состава изученных водоемов окрестностей г. Сыктывкара определяли по коэффициенту Сьеренсена-Чекановского, рассчитан-

ного в программе GRAPHS (Новаковский, 2005). Наибольший процент сходства наблюдается для водоема ботсада СГУ (Вехов, Кулиев, 1986), о. Еяты (4) и водоема в м. Дырнос (6) (рис.). По видовому составу к ним близок водоем в Выльты (Гецен, 1968), чуть дальше – водоем у ИЕН (5). Особняком стоит водоем у птицефабрики (Мартыненко, 1987) (3), где сходство с ближайшим водоемом (4) составляет всего 34%. Таким образом, видовой состав растений подтверждает данные химического анализа воды. В наиболее загрязненном водоеме у птицефабрики и видовой состав макрофитов сильно различается по сравнению с условно чистым водоемом ботсада и водоемами, испытывающими незначительное антропогенное воздействие.

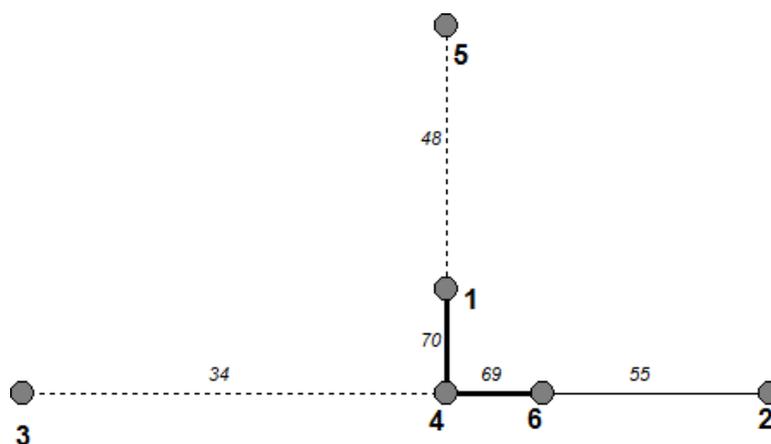


Рис. Дендрит сходства видового состава исследованных водоемов.

Толщина линии указывает на сходство видового состава:
чем толще линия, тем больший % сходства.

Водоемы: 1 – водоем в ботсаду СГУ; 2 – озеро Выльты;
3 – водоем у птицефабрики; 4 – озеро Еяты; 5 – водоем за ИЕН СГУ;
6 – водоем в м. Дырнос

По данным литературы известны виды прибрежно-водных растений, которые можно считать индикаторами определенного состояния и трофности водной среды. О наличии антропогенного воздействия на водные экосистемы Еяты и Выльты свидетельствует пышное развитие *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Elodea canadensis*, *Hydrocharis morsus-ranae*.

В водоеме у птицефабрики отмечено минимальное число видов, здесь не найдены *Nymphaea candida*, *Stratiotes aloides*, которые обычны в условно чистых водоемах и наоборот обильны *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*. По данным А. П. Садчикова и М. А. Кудряшова (2004) известно, что массовое развитие рясковых указывает на неблагоприятие в экосистеме и говорит о большом количестве в среде биогенных веществ и, помимо эвтрофирования, свидетельствует о сельскохозяйственном загрязнении.

Полученные нами данные подтверждают имеющиеся в литературе сведения, что наиболее устойчивыми к антропогенному воздействию являются *Alisma plantago-aquatica*, *Elodea canadensis*, *Hydrocharis morsus-ranae*. Они

широко распространены во всех водоемах независимо от степени загрязнения воды.

Nymphaea candida, *Stratiotes aloides*, *Calla palustris* широко распространены в условно чистых водоемах и отсутствуют в сильно загрязненных, т. е. они наиболее чувствительны к антропогенному воздействию. Таким образом, наличие и обилие видов может свидетельствовать о состоянии водной среды. Исследования в этом направлении следует продолжить.

По нашим данным гидрофильная флора исследуемых водоемов окрестностей г. Сыктывкара насчитывает 55 видов высших сосудистых растений из 45 родов и 32 семейств. Основу флоры составляют бореальные голарктические виды. По отношению к фактору увлажнения большинство видов относится к гигрофитам и гелофитам. На долю собственно водных растений (плейстофитов и гидатофитов) приходится 19.5%. Виды гидрофильной флоры (*Elodea canadensis*, *Hydrocharis morsus-ranae* и *Alisma plantago-aquatica*) могут использоваться в целях биоиндикации водных объектов.

Выражаю благодарность выпускникам ИЕН Сыктывкарского государственного университета З. В. Русановой, Т. Н. Третьяковой, Л. Н. Машковцевой и сотрудникам экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН за выполнение химического анализа воды.

Литература

Вехов В. Н., Кулиев А. Н. Распространение гидрофильных растений на Северном Тимане, в Малоземельской и на западе Большеземельской тундр // Ботан. журн. 1986. Т. 71. № 9. С. 1241–1248.

Гецен М. В. О водной флоре притоков Печоры в области Тимана // Ботан. журн. 1968. Т. 6. № 7. С. 967–970.

Мартыненко В. А. Флора северо-востока Европейской части СССР как ботанико-географическая система. Сыктывкар, 1987. 135 с.

Новаковская Т. В., Дымова О. В. Видовое разнообразие и пигментный комплекс макрофитов водоемов окрестностей г. Сыктывкара (Республика Коми) // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2012. № 5 (1). С. 127–134.

Новаковский А. Б. Обзор программных средств, используемых для анализа геоботанических данных // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2005. № 8. С. 2–7.

Попова Э. И., Соловкина Л. Н. Озера долины р. Усы // Изв. Коми фил. ВГО. 1957. № 4. С. 93–109.

Садчиков А. П., Кудряшов М. А. Экология прибрежно-водной растительности. М.: Изд-во НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. 220 с.

Тетерюк Б. Ю. Флора и растительность макрофитов озера Синдор. Сыктывкар, 2003. 32 с.

Тетерюк Б. Ю. Флора озёр Харбейской системы (восток Большеземельской тундры) // Журнал Сибирского федерального университета. Серия Биология. 2014. № 3. С. 291–302.

ДЫХАНИЕ ПОЙКИЛОГИДРИЧЕСКИХ ФОТОАВТОТРОФОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ШАХТЫ «ВОРКУТИНСКАЯ»

М. А. Шелякин, Е. В. Яковлева, М. И. Василевич
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, shelyakin@ib.komisc.ru

Тундровые биоценозы относят к наиболее уязвимым и неустойчивым к загрязнению экосистемам. В тундровой зоне Европейского Северо-Востока России развита угледобывающая промышленность. Угольные шахты создают ореолы аэротехногенного загрязнения. В состав аэрозольных выбросов шахт предприятия ОАО «Воркутауголь» входят твердые вещества (пыль, зола) тяжелые металлы, различные органические вещества, полициклические ароматические углеводороды.

Пойкилогидрические фотоавтотрофы (мхи и лишайники) являются наиболее распространенными объектами биоиндикации (Бязров, 2002; Вардуни и др., 2013). Мхи и лишайники являются удобным объектом для экологических исследований тундровых биоценозов, испытывающих воздействие выбросов промышленных предприятий. Во-первых, данные организмы занимают доминирующее положение в почвенно-растительном покрове тундр, во-вторых, являются аккумуляторами веществ, поступающих из атмосферы с пылью и осадками, чувствительны к загрязнению мест обитания. По таксономическому разнообразию, обилию, жизненности судят о степени загрязнения окружающей среды. Применение физиолого-биохимических методов и подходов позволяет уловить первые сигналы нарушения жизнедеятельности лишайников и оценить их состояние (Головки и др., 2015). Важно отметить, что при оценке чувствительности, например, лишайников к загрязнению среди физиолого-биохимических методов наиболее часто измеряют изменения в содержании хлорофиллов или активности фотосинтеза. Считается, что фотосинтез более уязвим к загрязнению среды, чем дыхание (Тарасова и др., 2012).

Дыхание организмов сводится не только к процессу поглощения O_2 и выделению CO_2 . Дыхание – основополагающий процесс жизнедеятельности всех организмов. Это сложный и многоэтапный процесс, стоящий в основе биоэнергетических процессов клетки. Представляет собой целую сеть биохимических реакций. Основной этап дыхания протекает в электрон-транспортной цепи митохондрий и заключается в переносе электронов через систему переносчиков и цитохромоксидазу с образованием энергии – основной, цитохромный путь дыхания (ЦП). В составе митохондриальной ЭТЦ растений, мхов, грибов, лишайников, в отличие от животных, помимо ЦП, присутствуют другие пути переноса электронов, функционирование которых не связано с генерацией энергии. Особый интерес представляет энергетически малоэффективный цианид-резистентный альтернативный путь дыхания (АП), при функционировании которого транспорт электронов осуществляется через альтернативную оксидазу, минуя основные участки генерации энергии.

Вопрос о роли АП в клетках высших растений, мхов, грибов, лишайников остается предметом дискуссий на протяжении многих лет. Активация дыхания по АП в тканях считается одним из основных признаков стрессового воздействия на растения (Van Dongen et al., 2011). Благодаря функционированию различных метаболических путей, дыхание может вносить существенный вклад в обеспечение устойчивости мхов и лишайников к неблагоприятному воздействию промышленных предприятий.

Нами проведено сравнительное изучение дыхания и соотношения дыхательных путей в побегах листостебельного мха *Pleurozium shreberi* и талломах двух видов крупнолистоватых лишайников. *Peltigera leucophlebia* – трехкомпонентный лишайник, фотобионтами которого являются зеленая водоросль и цианобактерия. *Peltigera rufescens* – двухкомпонентный лишайник, фотобионтом которого являются только цианопрокариоты. Все исследуемые виды использовались для биоиндикации загрязнения окружающей среды в зоне влияния шахты «Воркутинская».

Образцы исследуемых видов были отобраны в августе 2015 г. в непосредственной близости (1 км) от шахты «Воркутинская» и на фоновом участке в 25 км от зоны воздействия шахты. Для оценки степени загрязнения среды определяли внутреннее и поверхностное содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в исследуемых образцах, как одного из опасных поллютантов органической природы. Дополнительно проводили количественный анализ компонентов, накопленных в составе снежных атмосферных осадков в зимний период – интегральный показатель уровня загрязнения атмосферы. Отбор образцов снежных осадков осуществляли в марте 2014 г.

Содержание ПАУ в образцах определяли методом ВЭЖХ в ЦКП «Хроматография» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Химический анализ компонентов снега проводили в фильтрате талой воды (растворимые формы элементов) и на фильтре (малорастворимые формы).

Анализ исследуемых образцов мха и лишайников показал, что поверхностное содержание ПАУ в зоне влияния шахты превышало фоновые значения в 9 раз. Выявлена аккумуляция органических поллютантов в тканях биоиндикаторов. На участке около шахты содержание ПАУ в тканях было на порядок выше по сравнению с фоном. Снежный покров с участков около шахты «Воркутинская» в основном накапливал нерастворенные взвешенные частицы, тогда как на фоновом участке в составе снега преобладали соединения в растворенной форме, что свидетельствует о сильном пылевом загрязнении в зоне воздействия шахты. Снег в окрестностях шахты характеризовался более высокими значениями электропроводности (в 5 раз выше по сравнению с фоном). Это говорит о высоком содержании ионов, в том числе тяжелых металлов. Так, содержание ионов Cr, Pb, Al, Ni и Hg на загрязненных участках было выше в среднем в 30, 40, 70, 80 и 114 раз по сравнению с фоном, соответственно. Важно отметить, наиболее опасные элементы техногенной природы

(Cd и Hg) характеризовались самыми большими значениями коэффициентов аэрозольного обогащения снежного покрова в зоне действия шахты.

Загрязнение среды оказало существенное влияние на дыхательный метаболизм организмов-биоиндикаторов, обитающих в зоне воздействия шахты «Воркутинская». Интенсивность общего дыхания и отдельных дыхательных путей измеряли по поглощению O_2 с применением специфических ингибиторов. Измерения общего дыхания показали, что скорость дыхания исследуемых видов была довольно высока. Побегов мха и талломы лишайников, отобранные с фонового участка поглощали O_2 в среднем со скоростью от 2500 – 3000 нмоль/г сухой массы в мин., что сопоставимо по интенсивности с дыханием листьев высших растений. В районе шахты интенсивность дыхания была в 1,2–1,4 раза выше.

Загрязнение среды оказывало влияние не только на интенсивность общего дыхания. В условиях влияния шахты наблюдали кардинальные изменения в соотношении дыхательных путей исследуемых образцов. Дыхание побегов мха на фоновом участке осуществлялось по основному, энергетически эффективному цитохромному пути дыхания. Вклад энергетически малоэффективного альтернативного пути дыхания составлял 33% общего дыхания. Доля «остаточной» компоненты дыхания, не связанной с деятельностью митохондрий, не превышала 11%. На загрязненной территории побегов *P. shreberi* не отличались от фоновой точки по интенсивности ЦП и АП. При этом интенсивность немитохондриального остаточного дыхания была выше в 3 раза, а его доля достигала 30% от общего дыхания. Высокая активность остаточной компоненты дыхания, не связанной с деятельностью митохондрий, в побегах мха в условиях антропогенного загрязнения может свидетельствовать о нарушении функций дыхательной системы автотрофных побегов, активации немитохондриальных оксидаз и смещению метаболизма побегов мха в сторону окисления.

В дыхании талломов обоих видов лишайников, отобранных с фонового участка, также преобладала активность энергетически эффективного ЦП. Его вклад в общее дыхание *P. rufescens* и *P. leucophlebia* составлял 60 и 70%, соответственно. В зоне влияния шахты в талломах лишайников наблюдали активацию дыхания по АП. Активность энергетически малоэффективного пути в дыхании *P. rufescens* и *P. leucophlebia* была выше в 2 и 3 раза, соответственно, по сравнению с фоном. Изменение в дыхательном метаболизме лишайников с загрязненной территории в сторону активации энергетически малоэффективного альтернативного пути может быть вызвано адаптивными процессами, связанными с защитой от окислительного стресса. Сходные данные в изменении соотношения дыхательных путей получены нами для лишайников, произрастающих в зоне влияния Средне-Тиманского бокситового рудника (Головки и др., 2016).

На данном этапе проведенных исследований выявлено, что загрязнение среды в зоне деятельности шахты «Воркутинская» оказывает сильное стрессовое воздействие на виды мхов и лишайников, произрастающие в ее окрест-

ностях. О негативном влиянии угледобывающего предприятия свидетельствуют изменения в соотношении дыхательных путей, активация энергетически малоэффективного пути дыхания и поглощения O_2 немитохондриальными оксидазами. Дыхание и, в особенности, соотношение дыхательных путей является чувствительным показателем для видов-биоиндикаторов состояния окружающей среды в зоне влияния промышленных предприятий. Измерения активности отдельных путей митохондриального дыхания позволяют выявить стрессовое воздействие условий окружающей среды на виды мхов и лишайников до наступления необратимых последствий, которые приводят к снижению их жизнеспособности и элиминации из состава биоценозов.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН по направлению «Живая природа: современное состояние и проблемы развития» (проект 15-12-4-4, при финансовой поддержке гранта РФФИ и Правительства Республики Коми № 16-44-110581 p_a.

Литература

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

Вардуни Т. В., Шиманская Е. И., Бураева Е. А., Симонович Е. И., Триболина А. Н., Рыбалко Д. А. Разработка и внедрение в практику новых методов биоиндикации токсичности приземного слоя воздуха промышленных центров // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 8. С. 156–157.

Головко Т. К., Далькэ И. В., Дымова О. В. и др. Первые итоги эколого-физиологического изучения лишайнобиоты бореальной зоны европейского северо-востока России // Современное состояние и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий европейского Севера и Урала. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 2015. С. 279–286.

Головко Т. К., Шелякин М. А., Далькэ И. В. Физиолого-биохимические реакции лишайников в зоне воздействия бокситового рудника // Факторы устойчивости растений и микроорганизмов в экстремальных природных условиях и техногенной среде: Материалы. Всерос. науч. конф. с междунар. участием и школы молодых ученых, 12–15 сентября 2016 г. Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 202–203.

Тарасова В. Н., Андросова В. И., Сониная А. В. Лишайники: физиология, экология, лишайноиндикация. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. 268 с.

Van Dongen J. T., Gupta K. J., Ramnrez-Aguilar S. J., Araujo W.L., Nunes-Nesi A., Fernie A. R. Regulation of respiration in plants: a role for alternative metabolic pathways // J. Plant Physiol. 2011. V. 168. P. 1434–1443.

ИЗМЕНЕНИЕ ФОРМЫ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *POPULUS TREMULA L.* В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В. Н. Дрожжина

*Воронежский государственный педагогический университет,
o.drozhhin@gmail.com*

Воздействие загрязняющих веществ различного происхождения на морфологические показатели вегетативных органов древесных растений проявляется в нарушении симметрии листовой пластинки, изменении формы типовых листьев, появлении некрозов, сворачивании и гофрированности листа. Разные виды растений и даже особи одного вида проявляют разную устойчивость по отношению к загрязняющим веществам. В качестве объекта исследования была выбрана Осина обыкновенная *Populus tremula L.* Изучалось воздействие промышленных токсикантов на территории Липецкой области на морфометрические показатели листовой пластинки данного вида. Пробные площади заложены в пойме реки Воронеж, находящейся под воздействием Новолипецкого металлургического комбината, этим и обусловлен выбор объекта исследования.

Сбор материала проводили по стандартным ботаническим методикам в конце вегетационного периода. На годичных побегах определяли форму всех листовых пластинок и их числовые индексы, а затем определяли процент листовых пластинок каждой формы на пробных площадках с разным уровнем загрязнения. Определение числовых индексов проводили по методике Т. В. Гендельса и Л. Ю. Буданцевой. Индексы формы листовой пластинки позволяют выявлять «типовые» листья и направление индивидуальной изменчивости. Измерения проводили на правой стороне листа, поскольку он обладает более или менее выраженной осевой симметрией. Радиусами половина листа разбивалась на 9 секторов, радиусы эти измерялись и определялись значения отношений предыдущих радиусов к последующим. Значения получались больше, меньше, либо равными 1. Значения больше и равные единице считались положительными, меньше – отрицательными. Подсчитывалось количество положительных и отрицательных секторов и таким образом определялся индекс формы листовой пластинки (Гендельс, Буданцева, 1991). Отношение первых двух радиусов показывает коэффициент верхушки листовой пластинки. Отношение двух последних радиусов – коэффициент основания.

У осины обыкновенной выявлены 4 основных формы листовых пластинок, которые могут иметь разнообразные варианты, обусловленные особенностями морфологии верхушки и основания листовой пластинки.

Типичные листья осины имеют округлую форму и их индекс выражается условной формулой +3-3+3. Основание листа от усеченного до округлого (в численном выражении 1,00 – 1,06). Верхушка листовой пластинки таких листьев чаще всего тупая (1,03–1,25). Листья округлой формы располагаются

в нижней части побега. В условиях контроля процент таких листьев приближается к 40%. В условиях загрязнения их количество сокращается в двое и составляет 20%.

Вторая по частоте встречаемости форма листьев – ромбовидная. Процент таких листьев около 30% и располагаются они в средней части побега. Количество формул ромбовидных листьев достигает 4 и зависит от степени оттянутости верхушки и суженности основания листовой пластинки. Основными формулами таких листьев являются: +2-3+3-1, +3-2+3-1. В зоне воздействия промышленных токсикантов число ромбовидных листьев сокращается на 10%.

Третья по частоте встречаемости форма листьев треугольная. Количество формул треугольных листьев достигает 4. Такое разнообразие связано с положением самой широкой части листа, в каждой последующей формуле она находится ближе к основанию. Треугольные листья имеют наиболее острую и удлиненную верхушку. Коэффициент оттянутости достигает 1,36. Листья треугольной формы характерны для средней части и верхушки побега. Наиболее типичная формула треугольного листа +3-4+2. Процентное содержание треугольных листьев в контроле около 6%, в зоне загрязнения оно возрастает в 2 раза.

И в контроле, и в загрязненной зоне можно встретить листья обратной треугольной формы с формулой -3+4-2. Чаще всего они расположены в основании годичных побегов. Верхушка таких листьев выемчатая или усеченная и коэффициент верхушки 0,90–0,95. Основание листовой пластинки чаще острое 0,97. Процент таких листьев небольшой, можно сказать, что они имеют не типичную форму и в зоне воздействия промышленных эмиссий их количество возрастает в 2 раза.

На долю овальных и яйцевидных листьев приходится примерно по 10%. Число яйцевидных листьев возрастает в 2 раза, а овальных практически не изменяется на опытных площадках. В зависимости от степени удлинения листовых пластинок они будут иметь формулы +4-5 или +3-6 (яйцевидные листья) и -4+5 или +1-4+4 (овальные листья). Форма верхушки листовых пластинок изменяется от тупой до острой с коэффициентами 1,09–1,30. Основания листовых пластинок встречаются округлые и сердцевидные. В табл. приведены показатели, выявленные в условно чистой зоне на расстоянии 35 км от комбината и в непосредственной близости – на расстоянии 0,5–1 км.

Для каждой формы листовой пластинки характерна своя доля участия в общей облиственности побега. Под воздействием токсикантов доля участия разных форм листа меняется и эти показатели возможно использовать в целях мониторинга состояния окружающей среды.

**Количество листьев определенной формы на годичных побегах
Populus tremula L. в разных условиях загрязнения (%)**

Числовые индексы листовых пластинок	Условно чистая зона	Загрязненная зона
Округлая форма	40	20
+3-3+3; +3-3+2-1		
Ромбовидная форма	28	18
+3-2+4; +3-2+3-1; +2-3+4; +2-3+3-1		
Треугольная форма	6	15
+2-5+2; +2-4+3; +2-4+2-1; +3-4+2;		
Обратно-треугольная форма	6	15
-3+4-2		
Яйцевидная форма	10	18
+4-5; +4-4+1; +3-6; +3-5+1		
Овальная форма	9	14
-4+5; +1-3+5; +1-4+4		

Листья округлой формы типичные для осины, поэтому их количество значительно в контроле, тогда как на загрязненной территории оно снижается. На загрязненных участках возрастает число треугольных и обратно-треугольных листьев. Меняется и расположение листьев на побеге, в контроле они сосредоточены в основании годичных побегов, по мере повышения уровня загрязнения увеличивается их доля на верхушке побега, при одновременном снижении прироста и облиственности. В целом можно отметить переход от типичной округлой формы к обратно-треугольным и овальным листьям. Верхушки листовых пластинок становятся более сглаженными и тупыми, а основания наоборот более острыми. Возможно, что изменение формы листовых пластинок связано с нарушением ростовых процессов и распределением токсикантов в теле растения.

Литература

Гендельс Т. В., Буданцева Л. Ю. Изучение изменчивости формы листовой пластинки *Populus deltoids* (Salicaceae) с помощью числового индекса // Ботанический журнал. 1991. Т. 76. № 5. С. 747–752.

ДИНАМИКА ФЛОРИСТИЧЕСКОГО СХОДСТВА НА УЧАСТКАХ СОСНОВОГО ЛЕСА В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА УНИЧТОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В пос. МИРНЫЙ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Домнина^{1,2}, А. С. Тимонов^{1,2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Количественные соотношения между видами и группами видов растений – одна из важнейших черт фитоценоза, так как именно по данному признаку можно определить степень сходства или различия между сообществами (Андреяшкина, 2009), а также выявить возможное антропогенное воздействие.

Цель данной работы – проследить динамику изменений флористического сходства травяно-кустарничкового яруса в сосновых лесах.

Исследования проводились на участках мониторинга в районе объекта уничтожения химического оружия (УХО), расположенного в пос. Мирный Оричевского района Кировской области. Участки располагались на разном удалении от объекта УХО (рис. 1).

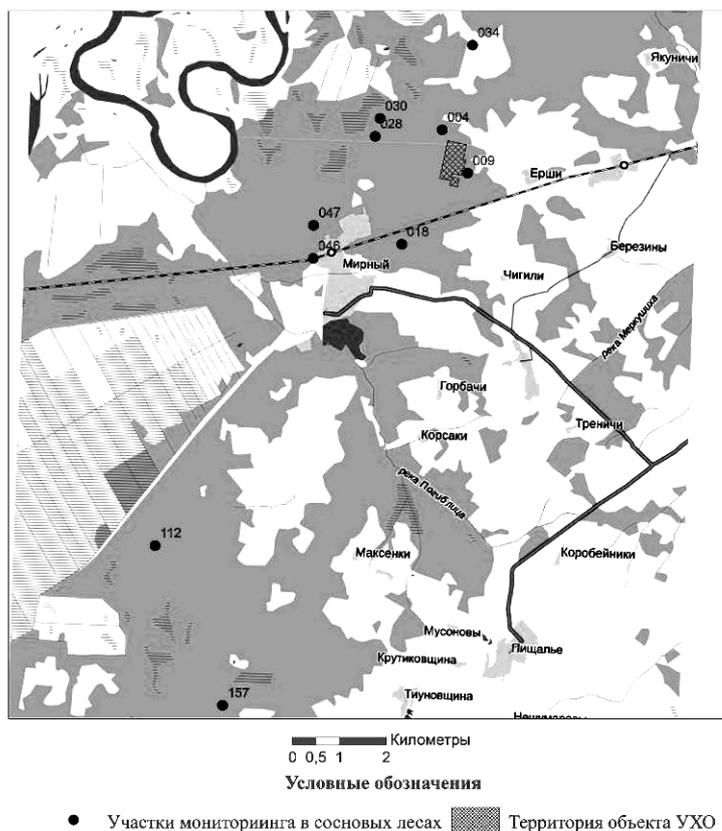


Рис. 1. Карта-схема расположения участков мониторинга в сосновых лесах

Исходными данными являлись геоботанические описания растительности, выполненные с использованием стандартных методик (Ипатов, 1998,

Шенников, 1968) в период наиболее активного роста и развития растений (середина июля).

Оценка флористического сходства проводилась по результатам геоботанических описаний проведенных в 2005–2015 гг. В качестве показателя флористического сходства использовали коэффициент Жаккара (Kj), который рассчитывали по каждому участку относительно 2005 г. так как он был принят за фоновый.

Динамика флористического сходства на участках мониторинга № 4 и 9, расположенных в непосредственной близости к объекту УХО, показана на рисунке 2. На участке 4 значение коэффициента Жаккара в первые годы исследования было стабильно 0,89, в 2008–2014 гг. снизилось до 0,71–0,64, а затем снова поднялось до уровня 0,89.

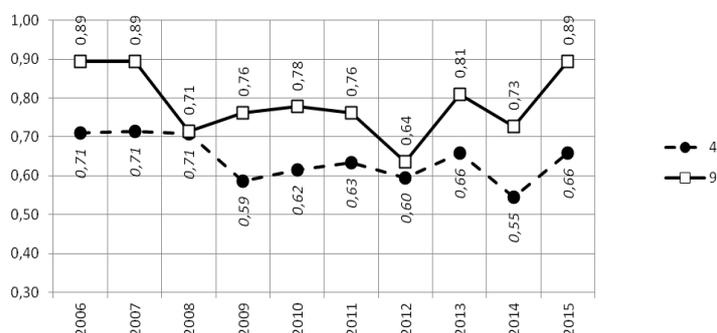


Рис. 2. Изменчивость Kj на участках 4 и 9

Подобная тенденция наблюдалась на участке 9. Значение Kj находилось в пределах 0,71–0,66, опускаясь в отдельные годы до 0,59 (2009 г.).

На участках мониторинга № 28 и 30, расположенных в 1,5 км к северо-западу от объекта УХО коэффициент Жаккара снижался в течение всего периода исследования. На участке 30 – с 0,89 до 0,59 (рис. 3), а на участке 28 – с 0,64 до 0,5, хотя к 2015 г. значение данного показателя поднялось до 0,58.

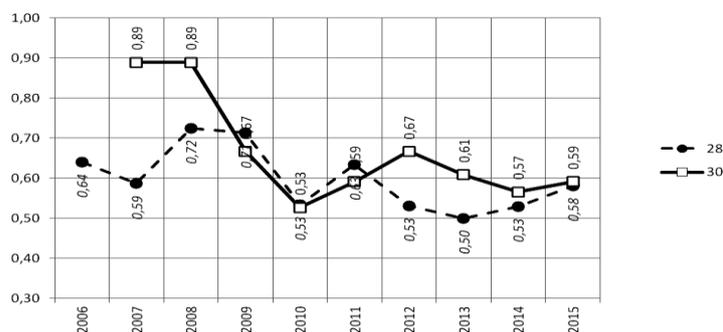


Рис. 3. Изменчивость Kj на участках 28 и 30

Изменение флористического сходства на участках мониторинга № 46 и 47, расположенных в 3,2 км к юго-западу от объекта УХО, показано на рисунке 4. На этих участках коэффициент Жаккара за весь период исследования изменялся незначительно: на участке 46 от 0,79 до 0,84; а на участке 47 от

0,34 до 0,35 с уменьшением в отдельные годы до 0,70 (участок 46) и до 0,31 (участок 47).

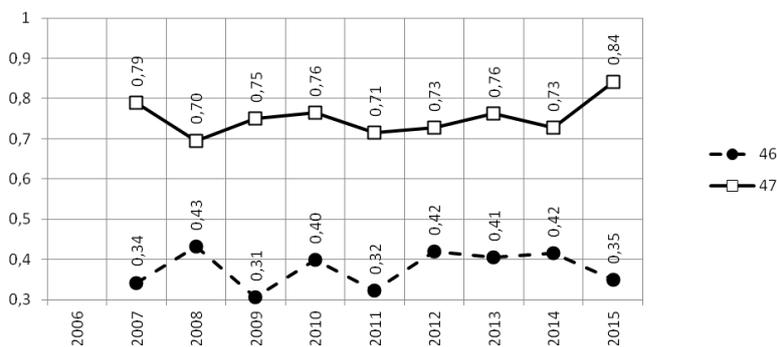


Рис. 4. Изменчивость K_j на участках 46 и 47

Динамика коэффициента Жаккара на участках мониторинга 18 и 34 (рис 5), расположенных соответственно в 1,5 км к югу и в 1,8 км к северу от объекта УХО, не показывает значительного изменения показателя флористического сходства. На участке 18 коэффициент Жаккара снизился с 0,58 до 0,50, а на участке 34 с 0,48 до 0,50.

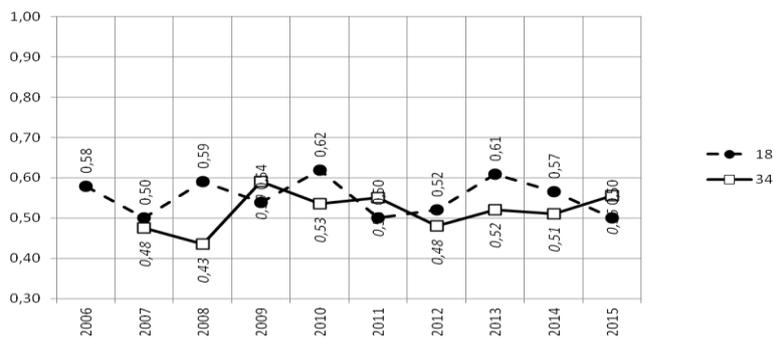


Рис. 5. Изменчивость K_j на участках 18 и 34

На рисунке 6 отражено изменение коэффициента Жаккара на фоновых участках мониторинга. На участке 157 значения коэффициента практически не изменялось в то время как на 112 участке данный показатель постепенно снижался с 0,92 до 0,62.

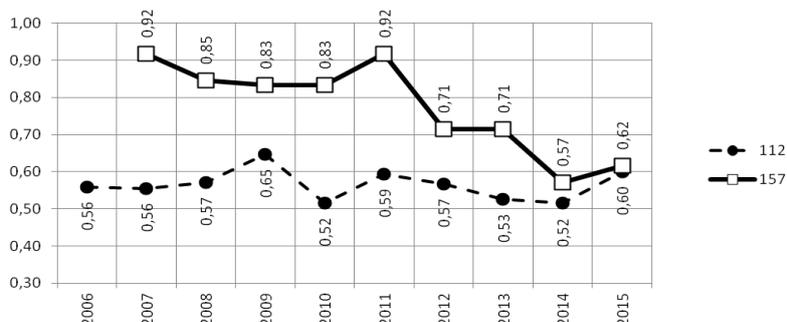


Рис. 6. Изменчивость K_j на участках мониторинга 112 и 157

Анализ приведенных графиков показывает, что в большинстве случаев коэффициент флористического сходства K_j изменяется незначительно и не носит направленный характер, однозначно свидетельствующий об антропогенном воздействии на рассматриваемые растительные сообщества. Снижение коэффициента Жаккара можно объяснить как естественной сукцессией, в результате которой происходит появление новых видов на участках мониторинга так и влиянием природных факторов.

Литература

Андреяшкина Н. И. Сравнительная оценка экотопов по флористическому составу сосудистых растений (Полярный Урал) // Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 10 (104). С. 70–76.

Ипатов В. С. Описание фитоценоза: Методические рекомендации. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. 93 с.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л.: Изд-во ЛГУ, 1964. 447 с.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ СООБЩЕСТВ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Т. А. Майстренко, Е. С. Белых, А. В. Рыбак

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, maystrenko@ib.komisc.ru

В современном мире хозяйственная деятельность человека оказывает комплексное влияние на экосистемы и их последующее развитие зависит от консеквенции многофакторного действия источников различной интенсивности и разной природы. В некоторых посттехногенных биоценозах одним из факторов, которые в течение длительного периода времени воздействуют на биоту, является радиационный фактор. Реакция растений на присутствие в среде обитания повышенных концентраций радионуклидов может проявляться как в изменении функциональных и репродуктивных показателей организмов в популяциях, так и состоянии всего сообщества. Несмотря на то, что интенсивность действия в таких природно-техногенных комплексах, как правило, со временем ослабевает, понимание основных тенденций развития фитоценозов на радиоактивных территориях актуально в связи с сохраняющейся вероятностью увеличения масштабов антропогенного загрязнения биосферы радиоактивными элементами.

Облик наземных экосистем определяют главным образом климат, почва и растительность, при этом тип растительного сообщества формируют сосудистые растения. Проведённые нами ранее на радиоактивно загрязнённых территориях исследования биологических эффектов (Евсеева и др., 2012; Kaneva et al., 2014) показали, что повышенные концентрации искусственных и естественных радионуклидов в компонентах окружающей среды могут негативно влиять на репродуктивную способность растений из природных популяций. Наряду с другими причинами, загрязнение среды обитания может

приводить к изменению видового разнообразия и структуры растительных сообществ (Mulder, Breure, 2003; Позолотина и др., 2009), что нарушает нормальное функционирование экосистем и биосферы в целом (Лебедева и др., 2002).

Цель наших исследований состояла в оценке видового разнообразия сообществ сосудистых растений, сформировавшихся в условиях длительного присутствия в среде обитания повышенных концентраций естественных или искусственных радионуклидов, и выявлении взаимосвязи изученного показателя с уровнем антропогенных нарушений.

Часть геоботанических исследований выполнена на территории с повышенным содержанием в почве тяжелых естественных радионуклидов, где более 50 лет назад функционировало предприятие по добыче радия из пластовых вод и привозных отходов урановой промышленности. Оценку видового разнообразия и изучение структуры сообществ сосудистых растений проводили на трех участках, различающихся уровнем техногенного воздействия и спектром основных загрязняющих веществ. Экспериментальные площадки расположены в подзоне северной тайги, на территории бассейна нижнего течения р. Ухты.

Другая часть исследований включала оценку состояния сообществ сосудистых растений пойменных ландшафтов р. Течи, подвергшихся радиоактивному воздействию в результате деятельности ПО «Маяк». Исследования проводили на пяти занятых околородными растительными сообществами участках с разным уровнем радиоактивного загрязнения.

В обеих радиоэкологических ситуациях для выявления возможного антропогенного влияния на флору техногенных экосистем выбраны расположенные за пределами зон влияния промышленных производств контрольные участки со сходными природно-территориальными комплексами.

Основой для флористического анализа служили видовые списки сосудистых растений, которые составляли в ходе геоботанических описаний на участках с естественной растительностью, характеризующихся фоновым и повышенным содержанием в среде радионуклидов. Учетные площадки размером 100 м² закладывали в наиболее характерных местах выделенного растительного сообщества с относительно однородными экологическими условиями, отмечая общее состояние фитоценоза, его флористический состав, обилие видов и проективное покрытие.

Состояние растительных сообществ радиоактивных и контрольных участков оценивали с использованием индекса видового разнообразия Шеннона.

Загрязнённые искусственными радионуклидами участки Т1–Т5 расположены вдоль затопляемой поймы р. Течи между сёлами Муслумово и Бродкалмак и заняты прибрежно-водными экосистемами.

Удельные активности ¹³⁷Cs в донных отложениях р. Течи на участках Т1–Т5 и ⁹⁰Sr – Т3 и Т5 выше, а Т1 – близки к установленным МАГАТЭ уровням, в пределах которых допускается освобождение радиоактивных материалов из области регулирования. Таким образом, седименты р. Течи на обсле-

дованной территории являются по классификации МАГАТЭ радиоактивными отходами, и их радиационное воздействие на человека следует ограничивать. Сходная картина наблюдается при анализе содержания радионуклидов в речной воде: содержание ^{90}Sr в пробах Т1–Т5 превышает регламентируемые НРБ-99/2009 уровни вмешательства для питьевой воды в 5–9 раз. Удельные активности основных дозообразующих радионуклидов в донных отложениях и речной воде, выбранных в качестве контрольных пойменных ландшафтов, соответствуют уровню глобальных радиоактивных выпадений.

При составлении геоботанических описаний на исследуемой территории отмечено 72 вида, относящихся к 68 родам и 33 семействам сосудистых растений. Наиболее богаты представителями оказались семейства *Asteraceae* (13 видов, 12 родов) и *Poaceae* (8 видов, 7 родов), остальные представлены 1–5 видами. Рассчитанное для экспериментальных площадок (Т1–Т5) значение индекса Шеннона изменяется от 3,1 до 4,2, тогда как для пробных площадок, расположенных на фоновых территориях (К1, К2) – от 3,7 до 3,9 (рис.). Однако анализ индексов относительного обилия видов и состава фитоценоза не выявил достоверных отличий в видовом разнообразии и структуре сообществ сосудистых растений на загрязнённых радионуклидами и контрольных участках, несмотря на значительную дифференциацию уровней техногенного воздействия.

26 – общее число встреченных на участке видов

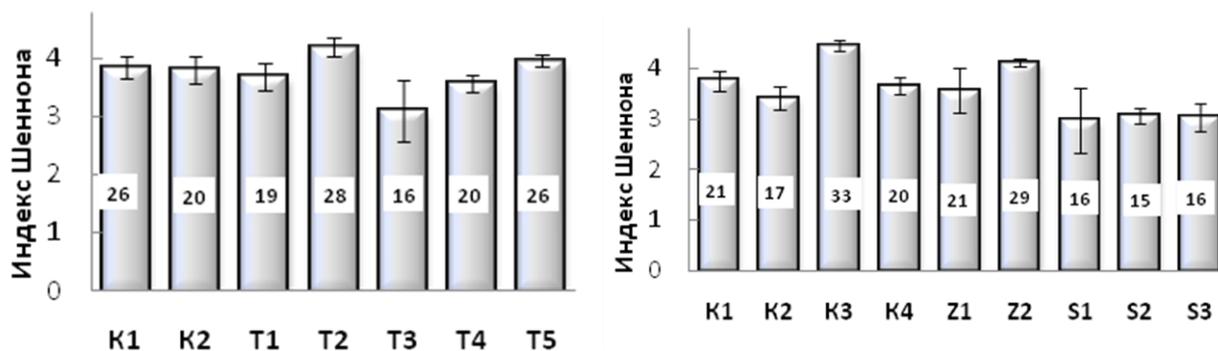


Рис. Индекс Шеннона для сообществ сосудистых растений в затопляемой пойме р. Течи (Т), на территории радиевых заводов (Z), хвостохранилища (S) и соответствующих радиоэкологическим ситуациям контрольных участков (K)

На территории с антропогенно повышенным содержанием естественных радиоактивных элементов исследования проводили на пяти участках с разной степенью радиоактивного загрязнения, учитывая принадлежность видов к географическим и экологическим группам в соответствии с региональной сводкой.

Участки S1–S3 расположены на территории необорудованного хранилища радиоактивных отходов. Средние значения удельной активности в почве основного дозообразующего в этой ситуации радионуклида ^{226}Ra варьировали от 1690 до 6940 Бк/кг. Экспериментальные площадки Z1 и Z2 занимали часть территории бывших радиевых заводов и характеризовались меньшим

уровнем техногенного воздействия: средняя удельная активность в почве ^{226}Ra составила 220–580 Бк/кг. Развитие нарушенных производственной деятельностью биоценозов происходило в течение 50 лет естественным путем за счет их самозарастания растениями окружающих сообществ и сорными видами. Удельная активность ^{226}Ra в почве контрольных участков К1–К4 не превышала 48 Бк/кг.

При составлении геоботанических описаний на всех участках отмечено 126 видов сосудистых растений, принадлежащих к 27 семействам. Наиболее богаты представителями, как и во флоре исследуемого района в целом, семейства *Poaceae*, *Asteraceae*, и *Rosaceae*, а также *Fabaceae*, *Cariophyllaceae* и *Ranunculaceae*. На территории хвостохранилища отмечено 75 видов сосудистых растений, бывших радиохимических заводов – 71. На контрольных площадках зарегистрировано 95 видов сосудистых растений. Преобладающей жизненной формой луговых сообществ всех исследованных участков являлись многолетние травы, что обусловлено климатическими условиями, а также отсутствием на этих территориях активной сельскохозяйственной деятельности в последние десятилетия наблюдается внедрение в растительный покров всех изученных участков древесных растительных форм (представителей родов *Salix*, *Betula*, *Picea* и *Pinus*).

Географический анализ структуры сообществ показал преобладание на всей исследованной территории видов бореальной широтной группы, типичной для северной тайги. Виды полизональной группы составляли существенно меньшую долю, и их проективное покрытие, за исключением *Cirsium setosum*, на пробных площадках было незначительно. Среди долготных групп 65–75% на всех участках составляли виды с широким евроазиатским ареалом и около 20% – представители голарктической группы. Такое соотношение видов с разными ареалами распространения характерно для физико-географического района в целом и определяется физико-географическими условиями исследуемой территории. В спектре экологических групп изученных биоценозов преобладали мезофитные виды растений, что отражает схожесть экологических условий и местоположения выбранных пробных площадок в рельефе.

Расчет показателя относительного обилия видов выявил достоверное ($p < 0,05$) уменьшение видового разнообразия растительных сообществ участков, расположенных на территории хвостохранилища (рис.). Среднее значение индекса Шеннона для этих площадок составило $3,06 \pm 0,37$, тогда как для расположенных на территориях бывших радиевых заводов и контрольных – $3,84 \pm 0,42$ и $3,82 \pm 0,42$ соответственно. Среднее число видов, зарегистрированных на учетных площадках хранилища радиоактивных отходов, также оказалось ниже, чем на других участках.

Таким образом, геоботанические исследования на фоновых и загрязнённых искусственными или естественными радионуклидами территориях не выявили отличий в эколого-географической структуре сообществ сосудистых растений, произрастающих на экспериментальных и контрольных участках.

Однако показали, что при значительных токсических нагрузках, превышающих внутренние антистрессовые возможности популяции, возможно снижение видового разнообразия по сравнению с фоновыми и менее загрязненными участками.

Литература

Евсеева Т. И., Гераськин С. А., Белых Е. С. Оценка риска радиационного воздействия для референтных видов растений с территории складирования отходов радиевого производства // Радиационная биология. Радиоэкология. 2012. Т. 52. № 2. С. 187–197.

Лебедева Н. В., Дроздов Н. Н., Криволицкий Д. А. Биоразнообразие и методы его оценки // География и мониторинг биоразнообразия: М.: Изд-во НУМЦ, 2002. 432 с.

Позолотина В. Н., Антонова Е. В., Каримуллина Э. М. и др. Последствия хронического действия радиации для флоры Восточно-Уральского радиоактивного следа // Радиационная биология. Радиоэкология. 2009. Т. 49. № 1. С. 97–106.

Kaneva A. V., Maystrenko T. A., Rachkova N. G. et al. Assessment of reproductive capacity of estuarine plants *Butomus umbellatus* L. and *Alisma plantago-aquatica* L. from radioactively contaminated floodplains // International Conference on Radioecology & Environmental Radioactivity (Barcelona, Spain, 7–12 September 2014). Online Publication OP-077. <http://radioactivity2014.pacifico-meetings.com>.

Mulder Ch., Breure A. M. Plant biodiversity and environmental stress / Bioindicators and biomonitoring / Eds. B. A. Markert, A. M. Breure, H. G. Zechmeister. Elsevier Science Ltd., 2003. 501 p.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА НИЖНЕТУРИНСКОМ ЗОЛОТВАЛЕ

*Т. С. Чибрик, Е. А. Раков,
Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина, Н. В. Лукина*
Уральский федеральный университет, Tamara.Chibrik@urfu.ru

Нарушенные земли различного типа составляют значительную часть современных ландшафтов. Они не только снижают эстетическую и рекреационную ценность пригородных зон, но и загрязняют окружающую среду, существенно ухудшая условия жизни населения. Восстановление растительности на таких территориях происходит крайне медленно, что связано, в первую очередь, с неблагоприятными условиями субстрата. В связи с этим особую актуальность приобретает изучение особенностей восстановления флоры и растительности на подобных территориях.

Исследования проводились на золоотвале Нижнетуринской государственной районной электростанции (НТГРЭС), расположенном в 19 км от г. Нижняя Тура (Свердловская область, Средний Урал) в таежной зоне (подзона южной тайги). Площадь золоотвала около 440 га. Золоотвал заливался пульпой с 1992 по 2015 гг., каких-либо рекультивационных мероприятий на нем не проводилось. Своеобразие свойств золы, как субстрата для растений, охарактеризовано М. В. Пасынковой (1974). Особенностью золоотвала является его расположение на месте бывшего Вогульского болота. Заращение золоот-

вала осуществляется за счет заноса семян из окружающих его со всех сторон сосновых лесов, антропогенное влияние на процесс самозарастания минимально.

На золоотвалах тепловых электростанций, на субстратах, не имеющих аналогов в природе, фитоценозы начинают формироваться с нулевого стартового момента, так как в большинстве случаев в золе практически отсутствуют какие-либо диаспоры растений. Сформировавшиеся в процессе самозарастания фитоценозы золоотвалов являются результатом сложного взаимодействия зонально-климатических и конкретных экологических условий, чем последние благоприятнее, тем ближе к зональному типу формирующиеся фитоценозы (Чибрик, Елькин, 1991). Флористический состав таких фитоценозов в значительной степени определяется эдафическими условиями.

Мониторинговые исследования флоры и растительности проводились на высыхающем участке золоотвала, отделенном дамбой, возраст которого к 2016 г. составил 20 лет. Для обследования площадей использовался детально-маршрутный метод. Геоботаническое описание растительности ключевых участков выполнялось по стандартной методике (Корчагин, 1964; Понятовская, 1964).

Исследования показали, что на высыхающих участках золоотвала к 5-летнему возрасту формируются первичные одновидовые группировки (*Puccinellia haughtiana* V. Krecz.). Вдоль дамб единично встречаются *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha latifolia* L., *Equisetum arvense* L. (sol gr), *Tussilago farfara* L., *Artemisia absinthium* L. (sol) и всходы *Salix triandra*, L. *S. phylicifolia* L. и *Pinus sylvestris* L.

К 10-летнему возрасту общее проективное покрытие (ОПП) растительностью на исследуемом участке золоотвала составляло 20–25%. Растительность была представлена сложными разнотравно-злаковыми группировками с доминированием *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv. (коэффициент встречаемости (КВ) – 83%, обилие по Друде – cop_1), *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. (КВ – 48%, sp gr), *Tussilago farfara* (КВ – 38%, sol gr–sp), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (КВ – 36 %, sol gr–sp) (Раков, 2008). Отмечено формирование яруса кустарников (высотой до 1,5 м), в составе которого 5 видов ив (*Salix viminalis* L., *S. dasyclados* Wimm., *S. myrsinifolia* Salisb., *S. triandra* и *S. phylicifolia*), а также *Rosa glabrifolia* C.A. Mey. ex Rupr., *Rubus idaeus* L. Из древесных культур отмечен подрост мелколиственных – *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L. и хвойных видов – *Pinus sylvestris* и *Abies sibirica* Ledeb.

К 20-му году на участке зафиксированы начальные этапы формирования смешанного лесного фитоценоза с преобладанием *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*. Идет формирование древесного яруса высотой до 3,5 м, сомкнутости крон еще не наблюдается, ОПП с учетом нижних ярусов растительности достигает 80–100%. Встречается подрост *Populus tremula* и *Betula pubescens* Ehrh. с размерами особей от 15 см до 2,5 м. Видовой состав хвойных увеличивается до 5 видов из числа основных лесобразующих пород за счет самосева *Picea obovata* Ledeb. (sol), *Pinus sibirica* Du Tour (un), *Larix sibirica* Ledeb.

(un). Ярус кустарников представлен в основном ивами, видовой состав которых увеличился до 9 видов, проективное покрытие (ПП) яруса составляет около 35–40%. Отмечается многочисленный самосев ив (высота особей от 2 до 60 см), кроме этого встречаются единичные особи *Sorbus aucuparia* L., *Alnus incana* (L.) Moench, *Rosa glabrifolia*, *Rubus idaeus*. Травянистый ярус занимает открытые участки между древесными растениями, его ПП составляет в среднем 30%, изменяясь от 10 до 50%, местами и выше. Наиболее равномерным распространением по участку и высоким обилием характеризуются доминирующие виды, такие как *Calamagrostis epigeios* (КВ – 92%, сорз), *Chamaenerion angustifolium* (КВ – 58%, sp gr), *Deschampsia cespitosa* (КВ – 42%, sol–sp), группами встречаются: *Trifolium pratense* L. (sp gr), *Equisetum arvense* (sp gr), *Malaxis monophyllos* (L.) Sw. (sol gr–sp), *Erigeron politus* Fries (sol–sp), *Pimpinella saxifraga* L. (sol–sp), *Hieracium umbellatum* L. (sol gr), *Orthilia secunda* (L.) House (sol gr), *Euphrasia pectinata* Ten. (sol gr). Особо следует отметить повсеместное покрытие поверхности золы мохово-лишайниковым покровом, ПП которого достигает местами до 100%. Наибольшее распространение имеют мхи родов *Polium* и *Brium*, крупные скопления образуют печеночники (*Marchantia polymorpha* L.), лишайники родов *Peltigera* и *Cladonia*.

Был проведен анализ систематической структуры флоры, формирующейся на золоотвале НТГРЭС (табл.).

Таблица

Динамика систематической структуры растительных сообществ

Семейства	Возраст растительного сообщества								
	5 лет			10 лет (2006 г.)			20 лет (2016 г.)		
	I*	II	III	I	II	III	I	II	III
Asteraceae	2	2	20,0	11	13	27,1	12	14	20,3
Fabaceae	–	–	–	6	7	14,6	6	10	14,5
Salicaceae	1	2	20,0	2	6	12,5	2	10	14,5
Poaceae	3	3	30,0	7	7	14,6	4	6	8,7
Pinaceae	1	1	10,0	3	3	6,2	4	5	7,3
Rosaceae	–	–	–	2	2	4,1	4	4	5,8
Orchidaceae	–	–	–	–	–	–	3	4	5,8
Betulaceae	–	–	–	1	1	2,1	2	3	4,3
Pyrolaceae	–	–	–	–	–	–	2	3	4,3
Onagraceae	–	–	–	1	1	2,1	2	2	2,9
Scrophulariaceae	–	–	–	–	–	–	2	2	2,9
Equisetaceae	1	1	10,0	1	2	4,1	1	1	1,45
Apiaceae	–	–	–	1	1	2,1	1	1	1,45
Juncaceae	–	–	–	1	1	2,1	1	1	1,45
Caryophyllaceae	–	–	–	–	–	–	1	1	1,45
Lamiaceae	–	–	–	–	–	–	1	1	1,45
Parnassiaceae	–	–	–	–	–	–	1	1	1,45
Typhaceae	1	1	10,0	1	1	2,1	–	–	–
Brassicaceae	–	–	–	1	1	2,1	–	–	–
Chenopodiaceae	–	–	–	1	1	2,1	–	–	–
Cyperaceae	–	–	–	1	1	2,1	–	–	–

Семейства	Возраст растительного сообщества								
	5 лет			10 лет (2006 г.)			20 лет (2016 г.)		
	I*	II	III	I	II	III	I	II	III
Общее число:									
видов	10			48			69		
родов	9			40			49		
семейств	6			15			17		

Примечание. I – число родов, II – число видов, III – доля от общего числа видов, %.

Установлено, что за исследуемый период произошло увеличение видового богатства. В 2016 г. в растительных сообществах золоотвала выявлено 69 видов сосудистых растений, относящихся к 49 родам и 17 семействам.

Наибольшее увеличение числа видов произошло в семействах Asteraceae, Salicaceae, Fabaceae, которые составили 49,3% от суммы всех видов. Высокая доля одновидовых семейств (35,3%) свидетельствует о миграционном характере флоры. К 20-летнему возрасту в формирующемся лесном фитоценозе появляются представители семейств Ruyolaceae (3 вида) и Orchidaceae: редкие (III категория) для Свердловской области виды – *Malaxis monophyllos*, *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó, *Epipactis heleborine* (L.) Crantz., уязвимые (II категория) – *Epipactis palustris* (L.) Crantz.

Изучение биоэкологической структуры флоры золоотвала НТГРЭС показало, что к 20-летнему возрасту по продолжительности жизни, флора представлена преимущественно многолетними видами, составляющими 87% от всех видов, 13% составляют малолетние виды. По экологической структуре большинство видов (62,3%) являются мезофитами; большую группу составляют виды местообитаний с достаточно высоким увлажнением (мезогигрофиты и гигрофиты) – 27,6% и виды сухих местообитаний (мезоксерофиты и ксеромезофиты) – 10,1%. В структуре жизненных форм (по Раункиеру) большинство видов относится к гемикриптофитам (40,6%), фанерофиты составляют 31,9%, геофиты – 18,9%, терофиты и хамефиты по 4,3%. Ценотическую структуру флоры золоотвала образуют лесные (31,9%), луговые (29,0%), виды переувлажненных местообитаний (20,3%), сорно-рудеральные (14,5%), лесостепные (4,3%) виды. По способу распространения плодов и семян ведущее положение в структуре флоры занимает группа анемохоров (63,9%); значительную долю составляют группы автохоров (14,5%), баллистов и зоохоров (по 10,1%); доля гидрохоров – 1,4%. В географической структуре флоры золоотвала НТГРЭС среди широтных групп преобладают бореальные виды (78,3%), значительную долю составляют полизональные виды (16,0%), сумма лесостепных, неморальных и степных видов всего 5,7%. Долготные группы представлены евразийскими (47,8%), голарктическими (23,2%), евросибирскими (21,7%) и европейскими (7,3%) видами.

Проведенный анализ показал, что на золоотвале Нижнетуринской ГРЭС формируется многолетняя анемохорная мезофитная и гигромезофитная флора с преобладанием лесных, луговых видов и видов переувлажненных местообитаний.

таний, с высокой долей сорно-рудеральных видов, относящихся, преимущественно, к бореальной ареалогической группе евразийского происхождения.

Таким образом, биологический мониторинг восстановления растительности на высыхающем нерекультивированном золоотвале Нижнетуринской ГРЭС показал, что к 20-ти годам начинает формироваться лесной фитоценоз, отмечается усложнение его пространственной структуры, появление видов, характерных для бореальной зоны. На формирование флоры большое влияние оказывают как зонально-климатические, так и экологические условия.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках выполнения государственного задания УрФУ № 2014/236, код проекта 2485.

Литература

Корчагин А. А. Внутривидовой (популяционный) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 63–131.

Пасынкова М. В. Зола углей как субстрат для выращивания растений // Растения и промышленная среда. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1974. С. 29–44.

Понятовская В. М. Учет обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах // Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1964. Т. 3. С. 209–299.

Раков Е. А. К вопросу о состоянии растительного покрова на разновозрастных золоотвалах Нижнетуринской ГРЭС / Итоги интродукции и селекции травянистых растений на Урале: сб. науч. статей. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. Вып. 2. С. 238–251.

Чибрик Т. С., Елькин Ю. А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях: (биологическая рекультивация). Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 220 с.

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДРОСЛЕЙ ПРИ АДАПТАЦИИ К ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ

В. Е. Ерохин, А. П. Гордиенко

*Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН,
veerokhin@gmail.com*

Известно, что физиолого-биохимические показатели водорослей, отражающие их функциональное состояние, являются хорошим индикатором качества среды и степени загрязнения водных экосистем. Использование этих показателей определяется уровнем и характером взаимодействия водорослей с повреждающими факторами. Наиболее часто для оценки влияния загрязняющих веществ контролируют рост культур и темпы деления микроводорослей.

Приоритетные задачи наших исследований состояли в поиске механизмов для повышения адаптационного потенциала и определении границ устойчивости микроводорослей к повреждающим факторам фенольной природы, а с другой стороны, для оценки характера адаптаций водорослей к условиям питания.

Работы проведены на альгологически чистых культурах динофитовых (Dinophyceae) микроводорослей *Prorocentrum pusillum* (Schiller) Dodge & Bibby и *Prorocentrum cordatum* (Ostenfeld) J. D. Dodge 1975. Водоросли взяты из коллекции отдела экологической физиологии водорослей Института биологии южных морей НАН Украины (ныне ФГБУН ИМБИ РАН). Культуры выращивали на фильтрованной и пастеризованной морской воде. Для определения концентрации клеток в культуре микроводорослей использовали колориметрический метод. В качестве модельных токсических загрязнителей использовали фенольные соединения (фенол, флороглюцин и гидрохинон), в концентрациях 1, 10 и 100 мг·л⁻¹.

Высокие концентрации фенола (100 мг·л⁻¹) были токсичными для исследованных видов водорослей. Следует отметить, что даже при такой концентрации фенола в первые трое суток эксперимента был отмечен незначительный рост водорослей. При продолжении эксперимента наблюдали снижение темпа деления и отмирание культур. Более низкие концентрации фенола (1–10 мг·л⁻¹) стимулировали рост культуры *P. cordatum*. Как стимулирующее, так и ингибирующее влияние фенола на рост культур микроводорослей зависели от концентрации токсиканта.

В опытах по исследованию влияния двухатомного фенола гидрохинона на рост культуры *P. cordatum* было показано, что это соединение проявляет сильную токсичность при всех исследованных концентрациях и даже добавки гидролизата мидий не позволяют адаптироваться культурам к такому классу токсикантов. На этом основании было решено прекратить дальнейшие опыты с гидрохиноном.

Еще одну серию опытов проводили с использованием трехатомного фенола флороглюцина. Было установлено, что флороглюцин в концентрации 10–100 мг·л⁻¹ являлся токсичным для водорослей *P. cordatum* и подавлял рост по сравнению с ростом культуры в контроле на чистой морской воде. Концентрация флороглюцина 1 мг·л⁻¹ стимулировала рост культур *P. cordatum* и *P. pusillum* по сравнению с контролем на морской воде. Полученные данные свидетельствуют, что токсичность флороглюцина для исследованных культур ниже по сравнению с фенолом. Флороглюцин не оказывал ингибирующего влияния на рост *P. pusillum*, а степень угнетения роста *P. cordatum* определялась концентрацией токсиканта. Даже высокая концентрация флороглюцина 100 мг·л⁻¹ не оказывала токсического воздействия на *P. pusillum*.

В настоящее время не представляется возможным выбрать функциональные реакции водорослей, которые бы объективно отражали влияние фенолов на водоросли. Основная причина заключается в недостаточно изученных механизмах взаимодействия продуктов окисления фенолов и различных функциональных систем клетки.

При проведении исследований с фенолом, гидрохиноном и флороглюцином не учитывали активности промежуточных продуктов окисления. Фенолы представляют собой производные бензола с одной или несколькими гидроксильными группами. Хорошо известно, что как простые, так и многоатом-

ные фенолы сильно подвержены химическому окислению. Конечными продуктами деструкции являются пирокатехин или протокатеховая кислота, которые могут включаться в метаболизм клеток и по-видимому оказывают стимулирующее влияние на их рост. Однако промежуточные продукты деструкции фенольных соединений могут быть очень токсичными. Обычно токсичность повышается в результате изменения биохимических процессов микрофлоры при низких температурах и недостаточном насыщении воды кислородом.

Токсичность фенолов для микроводорослей может снижаться по ряду причин. Например, известно, что в морской воде фенольные соединения находятся не только в свободном состоянии, но и в виде фенолятов и фенолят-ионов. Кроме того, они активно вступают в реакции полимеризации и конденсации. При этом образуются сложные гумусоподобные устойчивые соединения.

Пути метаболизма фенольных соединений динофлагеллят пока остаются неизвестными, однако можно утверждать, что их влияние на рост культур водорослей определяется не только природой и химической структурой соединения, но и видовой принадлежностью микроводорослей.

По результатам исследований, при воздействии фенолов и других органических поллютантов показано, что чувствительными характеристиками являются показатели функционирования энергопроизводящего аппарата (содержание АТФ, пигментов, активность АТФ-азы, интенсивность люминесценции окисленных флавопротеинов и восстановленных пиридиннуклеотидов и др.). Содержание белка практически не изменялось, поэтому эти величины использовали наряду с сухой массой водорослей для расчета относительных значений.

Ранее, одним из авторов была показана возможность оценки функциональной активности макрофитов – многоклеточных водорослей при фенольной интоксикации (Ерохин, Карнаухов, 1981). Работа была выполнена с применением метода микроспектрофлуорометрии. При этом исходили из того, что восстановленные пиридиннуклеотиды (НАДН и НАДФН) обладают собственной люминесценцией в области 465–480 нм. При переходе в окисленное состояние, способность к люминесценции утрачивается. Окисленные формы флавинмононуклеотида (ФМН) и флавинаденидинуклеотида (ФАД) обладают люминесценцией в области 520–530 нм. Нами был предложен безразмерный коэффициент ξ , с помощью которого можно было судить об изменении энергетического обмена клеток на его терминальной стадии и проводить объективную оценку адаптации энергопроизводящего аппарата макрофитов к воздействию фенолов:

$$\xi = I_{530} - 0,5 I_{465} / I_{465}.$$

Несколько иной подход был применен для оценки функционального состояния сине-зеленых водорослей (Кузьменко, 1981). Автором было использовано суммарное соотношение интенсивности флуоресценции в диапазоне излучения восстановленных пиридиннуклеотидов и окисленных флавопротеинов к интенсивности флуоресценции хлорофилла «а» и его производных,

так называемый коэффициент гетеротрофной (автотрофной) активности $K_2 = I_{460-530\text{нм}} / I_{680\text{нм}}$.

Известно применение люминесцентного микроспектрального анализа для контроля за состоянием систем энергетического обмена клеток растений в целях биомониторинга (Карнаухов, 2001). При этом было показано, что в качестве характеристических параметров, отражающих соотношение фотоавтотрофной и гетеротрофной компонент системы энергообеспечения фотосинтезирующих клеток высших растений и некоторых водорослей, может быть использовано отношение интенсивности люминесценции хлорофилла в длине волны $\lambda = 680$ нм (I_{680}) к интенсивности люминесценции окисленных флавопротеинов митохондриальной (гетеротрофной) системы энергообеспечения в длине волны $\lambda = 530$ нм (I_{530}):

$$\chi = I_{680} / I_{530}.$$

Кроме того, для описания физиологического состояния клеток водорослей использовали соотношения:

$$\varphi = I_{680} / I_{643};$$

$$\psi = I_{680} / I_{572} \text{ (3), где:}$$

I_{680} – интенсивность полосы излучения хлорофилла в $\lambda = 680$ нм;

I_{643} – интенсивность полосы излучения фикоцианина в $\lambda = 643$ нм;

I_{572} – интенсивность полосы излучения фикоэритрина в $\lambda = 572$ нм.

При расчете коэффициентов гетеротрофной активности мы использовали следующие отношения интенсивностей люминесценции:

– восстановленные пиридиннуклеотиды ($I_{465-480}$) и хлорофилл «а»

$$I_{680} - I_{460} / I_{680};$$

– окисленные формы флавопротеинов ($I_{520-530}$) и хлорофилл «а»

$$I_{680} - I_{520} / I_{680};$$

– восстановленные пиридиннуклеотиды ($I_{465-480}$) и окисленные формы флавопротеинов $I_{520-530} - I_{460} / I_{520}$.

Для измерения люминесцентных характеристик культур микроводорослей использовали спектрофлюорофотометр «RF 5000» фирмы «Shimadzu» (Япония). Аликвоту культуральной жидкости объемом 4 мл (с оптической плотностью не более 0,2 отн. ед. при длине волны 670 нм) помещали в специальную нефлуоресцирующую кювету с длиной оптического пути 10 мм и без предварительной выдержки регистрировали спектр люминесценции *in vivo*. Возбуждение осуществляли излучением ксеноновой лампы высокого давления (150 W) в длине волны 365 нм (щель 5–10 нм). Интенсивность люминесценции окисленных флавопротеинов измеряли при 530 нм. Для хлорофилла измерения проводили при 682–684 нм. По полученным данным рассчитывали параметр χ . При обработке и анализе полученных результатов использовали стандартные статистические методы.

Выполненные исследования по адаптации водорослей к различным питательным субстратам показали (Минюк и др., 2008), что динамика коэффициентов гетеротрофности существенно отличается для микроводорослей, вы-

рашиваемых на минеральных и органо-минеральных средах. Увеличение во времени коэффициентов гетеротрофности – I_{520} / I_{680} и I_{460} / I_{680} при культивировании *Haematococcus pluvialis* на органо-минеральных средах может свидетельствовать о переходе культур на миксотрофный рост. Коэффициент гетеротрофности I_{520} / I_{680} удовлетворительно коррелирует ($r = 0,81-0,90$) с содержанием сухого вещества в клетках (нг на клетку), выращенных на органо-минеральных средах. На минеральных средах и при добавке гидролизата мидий корреляция была менее выражена.

Интенсивность люминесценции в полосе излучения восстановленных пиридиннуклеотидов ($I_{465-480}$) коррелировала ($r = 0,74$; $r = 0,84$; $r = 0,91$) с содержанием сухого вещества в клетках (нг на клетку) культур, выращенных на органо-минеральных средах.

Измерение интенсивности люминесценции микроводорослей *H. pluvialis* показало, что этот параметр удовлетворительно отражает изменения физиолого-биохимического состояния клеток микроводорослей в выращиваемых на различных питательных средах культурах. Полученные данные согласуются с результатами прямых измерений динамики численности клеток, содержания в них сухого вещества, хлорофилла «а», а также визуальными наблюдениями за морфо-физиологическим состоянием клеток микроводорослей в культурах.

Возможность контролирования интенсивности люминесценции восстановленных пиридиннуклеотидов имеет большое значение для понимания механизмов физиолого-биохимического состояния микроводорослей, т. к. дегидрогенизация различных субстратов приводит к восстановлению коэнзимов НАДН и НАДФН.

Известно, что окисление НАДН является основной задачей тканевого терминального окисления, а НАДФН почти полностью используется в различных синтетических процессах и не окисляется молекулярным кислородом. Динамика интенсивности люминесценции в полосе излучения хлорофилла «а» также позволяет судить о физиологической активности фотосинтетического аппарата микроводорослей.

На основе установленных экспериментальных данных была определена динамика коэффициентов степени гетеротрофности культур на разных стадиях их развития при различных условиях питания. Зарегистрирован переход культур *H. pluvialis* с автотрофного на гетеротрофный режим энергообеспечения. При стимулировании каротиногенеза высокими концентрациями ацетата и хлорида натрия, а также изменением освещения и температуры, наблюдали выраженное изменение физиолого-биохимического состояния культур.

Полученные результаты указывают на возможность использования люминесцентного спектрального анализа культур *in vivo* для объективной оценки характера адаптаций ключевых центров автотрофного и гетеротрофного метаболизма в клетках *H. pluvialis* к условиям питания и для подбора источников органического углерода для питательных сред, обеспечивающих высокую продуктивность вегетативных клеток.

Резюмируя изложенные данные, следует подчеркнуть, что оценка физиолого-биохимических характеристик водорослей позволяет осуществлять контроль над функциональным состоянием культур при воздействии повреждающих факторов и адаптации к условиям питания. Путем регулярной регистрации и анализа спектров люминесценции культивируемых водорослей можно будет корректировать технологический режим выращивания водорослей.

Литература

Ерохин В. Е., Карнаухов В. Н. Состояние энергетического аппарата макрофитов в норме и при фенольной интоксикации // Экология моря. 1981. Вып. 6. С. 61–66.

Карнаухов В. Н. Спектральный анализ в клеточном мониторинге состояния окружающей среды. М.: Наука, 2001. 186 с.

Кузьменко М. И. Миксотрофизм сине-зеленых водорослей и его экологическое значение. Киев: Наук. думка, 1981. 212 с.

Минюк Г. С., Ерохин В. Е., Гордиенко А. П., Терентьева Н. В., Чубчикова И. Н., Дробецкая И. В. Физиолого-биохимические и биофизические характеристики зеленой одноклеточной водоросли *Haematococcus pluvialis* Plotow (*Chlamidomonadales*) – перспективного источника природного астаксантина // Микроводоросли Черного моря: проблемы сохранения биоразнообразия и биотехнологического использования. Севастополь: ЭКОСИ-гидрофизика, 2008. С. 353–381.

МОНИТОРИНГ МАКРОФИТОБЕНТОСА МОРСКОЙ ПСЕВДОЛИТОРАЛИ В РАЙОНЕ г. АЛУШТА

Т. В. Белич, С. Е. Садогурский, С. А. Садогурская
Никитский ботанический сад – Национальный научный центр,
tbelich@yandex.ru

Формирование и сохранение биоразнообразия в прибрежной зоне морей в значительной мере определяется процессами в полосе контакта «суша-море», в зонах «амфибиотической жизни» в супра- и псевдолиторали (Еременко, 1967). Именно эта зона испытывает наибольшие антропогенные нагрузки, и рассматривается, поэтому как «экологически неустойчивая». С учетом быстро меняющихся условий среды проведение длительного стационарного мониторинга за состоянием донных сообществ прибрежных акваторий позволяет оценить долговременные изменения, происходящие в фитоценозах. Наряду с видовым составом водорослей большое значение в оценке долговременных изменений, имеют количественные данные о структуре сообществ, полученные в разные интервалы времени.

Восточнее г. Алушта в зоне рекреационного использования в 1991 г. был заложен мониторинговый стационар для наблюдения за альгоценозами псевдолиторали. Берег между Алуштой и Судакским районом однообразный на десятки километров тянется ровная линия активного клифа, вырезанного в таврийских сланцах. Общая протяженность плавной дуги этого берега составляет около 40 км (Зенкович, 1958). Для побережья этого района характерны каменисто-галечные пляжи с одиночно расположенными большими валу-

нами. Водоросли-макрофиты поселяются на поверхности таких валунов. Объектом наших наблюдений были бентосные водоросли (Chlorophyta, Ochrophyta (Phaeophyceae), Rhodophyta) псевдолиторальной зоны. Для анализа видового состава использованы эколого-флористические характеристики водорослей по сводке (Калугина-Гутник, 1975); сапробиологическая характеристика – по неопубликованным данным А. А. Калугиной-Гутник. На отдельных валунах ширина зарослей псевдолиторальной растительности достигает 0,5 м. Величина проективного покрытия не превышает 10%. Видовой состав беден в летний период в среднем 13 видов. Коротковегетирующие Rhodophyta составляют абсолютное большинство, как по количеству видов, так и по биомассе. Среди сапробиологических группировок по количеству видов доминируют олигосапробы, а по биомассе мезосапробы.

Анализ многолетней динамики (1991–2012 гг.) видового состава и структуры растительности естественных пляжей показал, что, не смотря на высокую гидродинамику и подвижность грунта, а также стихийную рекреацию, общее количество видов и биомасса макрофитов в сообществах псевдолиторали достаточно стабильны, коэффициент флористической общности превысил 50%. Наибольшие изменения выявлены в соотношении систематических и сапробиологических групп. В пять раз уменьшилась биомасса Chlorophyta, в то время как биомасса Rhodophyta выросла в три раза на фоне значительного разрастания Cyanoprokaryota. Биомасса мезосапробов увеличилась более чем в 2 раза. Общая биомасса сообщества сохраняется на уровне начала 90-х.

Таким образом, на данном этапе альгоценозы естественных галечных пляжей к востоку от г. Алушты, перестроив структуру, адаптировались к антропогенному влиянию, однако для обеспечения их дальнейшего существования необходимы контроль и регулирование рекреационной нагрузки.

Литература

Еременко Т. И. Макрофитобентос // Биология северо-западной части Черного моря. К.: Наук. думка, 1967. С. 126–143.

Зенкович В. П. Берега Черного и Азовского морей. М.: Географическая литература, 1958. 373 с.

Калугина-Гутник А. А. Фитобентос Чёрного моря. К.: Наук. думка, 1975. 248 с.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА *JUNIPERUS COMMUNIS* (CUPRESSACEAE)

Н. В. Герлинг, В. В. Пунегов, И. В. Груздев

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Gerling1@rambler.ru

Можжевельник обыкновенный *Juniperus communis* L. – единственный вид рода *Juniperus*, распространенный в северном и южном полушариях Земли (Adams, Pandey, 2003). По обилию выделяемых в воздух бактерицидных эфирных веществ он превосходит другие древесные виды растений таежной зоны (Лесная ..., 1986). Эфирное масло можжевельника обыкновенного про-

являет антифунгальную активность (Cavaleiro et al., 2006), а женские шишки («шишкоягоды») являются официальным лекарственным сырьем (Государственная ..., 1987). Цель настоящей работы заключалась в изучении сезонной динамики качественного и количественного состава эфирного масла охвоенных побегов можжевельника обыкновенного, произрастающего под пологом ельника чернично-сфагнового подзоны средней тайги.

Исследования проводили с марта по октябрь 2012 г. в ельнике чернично-сфагновом ($62^{\circ}16'03''$ с. ш., $50^{\circ}41'07''$ в. д.) на территории Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН, расположенного в подзоне средней тайги (Коренные еловые леса ..., 2006). Можжевельник обыкновенный под пологом ельника чернично-сфагнового произрастает в форме куста высотой 2–2,4 м. Сбор образцов проводили в марте. Побеги 1–4 года жизни отбирали из средней части кроны с 5 кустов в полуденные часы (11–12 ч). Эфирное масло *J. communis* выделяли методом гидродистилляции по способу II ГФ СССР (11-е издание) (Государственная ..., 1987). Практический выход эфирного масла определяли гравиметрически. Эфирное масло в пентане подвергли газохроматографическому анализу (ГХ) и хромато-масс-спектрометрическому (ГХ/МС) анализу. Компонентный состав эфирного масла можжевельника обыкновенного определяли методами ГХ с пламенно-ионизационным детектором (ПИД) и ГХ/МС. Газохроматографический анализ выполняли на хроматографе «Кристалл 2000 М» (Хроматэк, Россия) с пламенно-ионизационным детектором, совмещенным с системой сбора и обработки хроматографической информации «Хроматэк Аналитик 2.5». Идентификацию веществ проводили на хромато-масс-спектрометре TRACE DSQ фирмы Thermo (газовый хроматограф TRACE GC Ultra и масс-спектрометр DSQ) в режиме полного ионного тока (энергия электронов 70 эВ).

Эфирное масло можжевельника обыкновенного представляет собой жидкость светло-желтого цвета, в котором было идентифицировано 44 компонента. Массовая доля этих компонентов в составе эфирного масла составила около 90%. Наибольшее содержание (в процентах от масс) принадлежало фракции низкокипящих терпеновых углеводородов – монотерпенов 78,3%, к которым относятся α -пинен (25,5–49,3%), β -пинен (7,9–23,2%), α -фелландрен (6,5–17,4%) и β -фелландрен (3,9–9,1%). Сесквитерпены составляли 0,4% от общего состава эфирного масла. В этой фракции преобладает 4,9-кадинадиен (0,1–0,16%) и гермакрен D (0,02–0,12%). Среди группы терпеноидов наибольшая массовая доля принадлежала спиртам – 5,4%.

В течение сезона содержание эфирного масла в побегах можжевельника обыкновенного менялось от 0,18 до 0,81%. Наибольшее содержание эфирного масла отмечено в мае, после схода снега. В дальнейшем (по июль) выход масла снижается, а с августа по октябрь вновь увеличивается. Нами была установлена тесная корреляционная связь между выходом эфирного масла можжевельника и интенсивностью ФАР ($r = 0,95$). Это указывает на прямую связь синтеза эфирного масла с фотосинтетическими процессами в хвое. С темпе-

ратурой и влажностью воздуха в кроне выход эфирного масла можжевельника имеет отрицательную корреляционную зависимость – 0,61 и – 0,75 соответственно.

По компонентному составу эфирного масла у можжевельника обыкновенного доминирует фракция монотерпенов. Коэффициент вариации значений для этой фракции в сезонной динамике не высокий (6,6%), наибольшее содержание в эфирном масле отмечается в апреле и июле. Сесквитерпены в эфирном масле можжевельника обыкновенного составляют 0,2–0,6%, и в сезонной динамике их концентрация меняется значительно (коэффициент вариации 29,2%). Больше всего в эфирном масле их содержится в августе, а минимальное содержание отмечено в мае. Спирты и эфиры также отличаются высокой вариабельностью в течение сезона (коэффициент вариации содержания спиртов – 30%, эфиров – 50%).

Таким образом, в результате анализа эфирного масла можжевельника обыкновенного выявлено 44 компонента веществ, которые составляют 90% состава. Основную долю в эфирном масле занимают монотерпены, меньше содержание спиртов, эфиров и сесквитерпенов. Из монотерпенов преобладают α -пинен и β -пинен. В сезонной динамике максимальный выход эфирного масла отмечен в мае, в период активного роста в июне–июле выход масла снижался. С августа по октябрь наблюдалось увеличение выхода эфирных масел. Установлена тесная корреляционная связь между выходом эфирного масла можжевельника и интенсивностью ФАР в дни отбора проб.

Литература

- Государственная фармакопея СССР. XI изд. Вып. 1. М., 1987.
Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Отв. ред. К. С. Бобкова, Э. П. Галенко. СПб., 2006. 337 с.
Лесная энциклопедия. Т. 2. М., 1986. 631 с.
Adams R. P., Pandey R. N. Analysis of *Juniperus communis* and its varieties based on DNA fingerprinting // Biochem. Syst. Ecol. 2003. V. 31. P. 1271–1278.
Cavaleiro C., Pinto E., Gonçalves M. J., Salgueiro L. Antifungal activity of Juniperus essential oils against dermatophyte, Aspergillus and Candida strains // J. Appl. Microbiol., 2006. Vol. 100. P. 1333–1338.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛЛЕКЦИЙ ОРАНЖЕРЕИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ДЛЯ ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ

А. В. Вокуева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, avokueva@ib.komisc.ru

Более семидесяти лет функционирует Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН на Европейском северо-востоке России. Он занимает площадь около 18 га, на его территории располагаются оранжерея, кол-

лекционные участки травянистых и древесных растений, подсобные помещения. Коллекционный фонд ботанического сада насчитывает около 3000 таксонов (декоративные древесные и травянистые растения открытого и закрытого грунта, кормовые, лекарственные и плодово-ягодные). В Красные книги различного ранга (России, РК) (Красная книга..., 1998; 2008) занесены 220 видов травянистых и древесных растений (Редкие..., 2009).

Ботанический сад является базой для научных экспериментов по интродукции и акклиматизации растений. Коллекционный фонд Сада используется в качестве материала для курсовых, дипломных работ и кандидатских диссертаций, а также в учебных целях. Ежегодно в саду проводятся обзорные и тематические экскурсии для школьников, студентов высших и средних специальных заведений, а также для жителей Республики Коми. Ботанический сад проводит обмен делектусами и рассылку семян с садами России и различных стран мира. Наиболее интересные и устойчивые по отношению к местным условиям виды и сорта растений предлагаются для озеленения городов республики.

Однако функции и роль ботанических садов в обществе в последние годы существенно изменились. Так, в «Глобальной Стратегии сохранения растений» в числе основных задач содействия охране растений отмечается важность образовательной работы с разными группами населения, в том числе и со взрослыми – и с властными структурами, и другими категориями взрослого населения (Глобальная..., 2009). Экологическое образование в различных ботанических садах мира, а также и в России проходит в разных формах: лекционные курсы (для студентов и любителей-садоводов); подготовка циклов радиопередач, телевизионных программ, статей по проблемным вопросам, волнующих население; консультативная деятельность; участие в специализированных выставках; проведение экскурсий.

Велико научно-просветительское значение коллекций тропических и субтропических растений, служащих прекрасным иллюстративным материалом к курсу ботаники для студентов биологических и экологических факультетов, школьников, специалистов-озеленителей и большого количества любителей комнатного цветоводства.

Коллекция оранжерейных растений ботанического сада уникальна для северной Республики Коми, где климат характеризуется долгой суровой зимой и коротким, зачастую холодным летом, так что в течение длительного времени единственная доступная глазу зелень – это комнатные растения, зимние сады и оранжереи. Коллекция начала создаваться в 1984 году, когда была пущена в эксплуатацию трехсекционная политермическая теплица. В настоящее время она насчитывает около 650 видов и форм теплолюбивых растений, относящихся более чем к 280 родам из 93 семейств. Среди них имеются декоративные, пищевые, лекарственные, технические и другие полезные виды растений. Коллекционные растения оранжереи демонстрируют богатство растительного мира, представляют различные флоры Земли и разные жизненные формы: древесные и древовидные, травянистые корневищ-

ные, луковичные, клубнелуковичные и клубневые, лианы и эпифиты. Наличие в коллекциях оранжереи разнообразных в таксономическом, географическом, экологическом и эволюционном плане растений значительно расширяет возможности ботанического сада по использованию живых растений в учебном процессе ВУЗов, техникумов, колледжей и школ. И самое главное преимущество в том, что работу в оранжерее можно проводить круглогодично, не дожидаясь теплого времени года, что немаловажно в наших северных условиях.

В основе научного комплектования и изучения коллекции оранжерейных растений – сбор представителей максимального числа семейств из различных флористических областей для демонстрации богатства растительного мира планеты; отбор растений разных жизненных форм; подбор видов и форм растений, ценных по декоративным качествам и жизнестойких в различных условиях для озеленения помещений различного типа. Еще один из критериев включения нового вида в коллекцию – редкость в природе или культуре. Также желательно, чтобы растение обладало «легендой» (т. е. про него было бы интересно рассказывать).

В 2010 г. в ботаническом саду был введен в действие новый оранжерейный комплекс общей площадью 1040 м², что позволило создать экспозиции для ознакомления с богатством и разнообразием мировой флоры. При создании экспозиций были использованы растения фондовых коллекций. Все имеющиеся в оранжерее растения объединены в три группы: засухоустойчивые растения пустынь и полупустынь, тропические растения и растения субтропиков. Внутри этих групп они располагаются согласно географическому распространению. Экспозиции представляют собой имитацию фрагментов соответствующих растительных формаций. За основу разработки дизайна посадок взят ландшафт той или иной местности. Основу каждой экспозиции составляют эдификаторы растительности той или иной климатической зоны. Их дополняют интересные в хозяйственном, декоративном, морфологическом или филогенетическом аспектах виды. Каждая из экспозиций передает структуру, характер и содержит основные жизненные формы тропических и субтропических растительных формаций.

Экспозиция «Тропики» разделена на растения неотропиков (Южная и Центральная Америка) и растения палеотропиков (Африка и Юго-Восточная Азия). Каждая из растительных групп содержит характерные жизненные формы тропиков: деревья, кустарники, лианы и травы. Здесь же размещена экспозиция эпифитов, которая представлена растениями соответствующей жизненной формы из семейств ароидные, бромелиевые, орхидные. Большинство растений этой группы нуждается в определенных условиях: высокой влажности и постоянно высокой температуре. Основная экспозиция сформирована на грунтовой площадке.

Для растений субтропиков характерен период покоя в зимнее время и соответствующий природному температурный и влажностный режим содержания. Акцент здесь сделан на декоративность посадок. Большинство расте-

ний этой экспозиции листопадные, поэтому она особенно декоративна весной, в период цветения. В японской группе размещается коллекция азалий.

Растения пустынь и полупустынь, произрастающие в условиях высоких дневных температур, обилия солнечного света, малого количества осадков и низкой влажности воздуха, выработали способность накапливать и сохранять влагу на период засухи, а затем экономно ее расходовать. Эти сочные растения, так называемые суккуленты, запасают воду в стеблях – стеблевые суккуленты (кактусовые, молочайные) или в листьях (толстянковые, агавовые, аизовые). Поскольку суккулентные растения требуют значительного пространства вокруг себя, в экспозицию включено небольшое количество видов. Посадка в данной экспозиции разреженная, имитирующая особенности природных местообитаний.

Большое внимание при создании экспозиций мы уделяем растениям, имеющим пищевое значение, т.к. именно эти растения вызывают несомненный интерес у цветоводов-любителей, а также школьников и студентов, приезжающих на экскурсии. В коллекции оранжереи они представлены такими видами, как кофе арабийское (*Coffea arabica* L.), лимон (*Citrus limon* (L.) Burm.), грейпфрут (*Citrus x paradisiaca* Macf. ex Hook.), мандарин (*Citrus reticulata* Blanco), апельсин (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck.), мурайя (*Murraya exotica* L.), банан (*Musa x paradisiaca* L.), олива (*Olea europea* L.), евгения (*Eugenia uniflora* L.), псидиум (*Psidium littorale* var. *cattleianum* Sabine), лавровишня (*Laurocerasus officinalis* M. Roem.), гуайява (*Psidium guajava* L.), ананас (*Ananas bracteatus* (Lindl.) Schult), хурма (*Diospyros kaki* Thunb.), авокадо (*Persea americana* Mill.), финик (*Phoenix canariensis* Hort. et Chabaud), монстера (*Monstera deliciosa* Liebm.), инжир (*Ficus carica* L.), мушмула (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.), аннона, или нойна (*Annona squamosa* L.), гранат (*Punica granatum* L.) и другие виды, а также пряные и ароматичные растения – кардамон (*Elettaria cardamomum* (L.) White et Maton), гедихиум (*Hedychium gardnerianum* (Roscoe) Wall.) и лавр (*Laurus nobilis* L.). Многие из них достигли генеративной фазы развития в условиях оранжереи. Впервые в 2012 г. зацвела и дала многочисленные плоды папайя, или дынное дерево (*Carica papaya* L.) после пересадки в Зимний сад.

На базе дендрокolleкции ботанического сада ежегодно проводятся летние практические занятия со студентами Сыктывкарского лесного института по декоративной дендрологии. Студенты знакомятся с экзотами древесных декоративных растений из различных флор мира, составляют гербарий. Студентов знакомят с формой роста интродуцентов и появлением новых жизненных форм в условиях культивирования, способами воспроизводства растений. В зимнее время экскурсии проводятся в оранжерее. С недавнего времени начались занятия для студентов очной и заочной формы обучения Сыктывкарского лесного Института по цветоводству. Помимо лекций на разнообразные темы по строению растений, агротехнике выращивания различных групп декоративных растений, проводятся лабораторные и практические занятия в оранжерее ботанического сада, где студенты осваивают различные методы

размножения декоративно-лиственных и красивоцветущих растений, основные приемы и агротехнику выращивания, а также разнообразие растений тропической и субтропической флоры.

Основные тематические направления экскурсий для студентов: 1) систематика различных групп растений (коллекции близкородственных растений и принципы объединения их в таксономические группы, или выделение в коллекции монотипных семейств и родов, имеющих только по одному роду или виду); 2) изменчивость морфологии вегетативных органов (например, среди имеющихся в коллекции оранжереи представителей семейства Ароидных можно найти все возможные для этого семейства жизненные формы); 3) географическая ботаника (на материале сезонно-сухих лесов Южного полушария Земли прослеживается огромное разнообразие морфологического строения и видоизменений побегов).

Экскурсии для школьников строятся по несколько другому принципу, в основе которых лежат просветительские задачи. В первую очередь, заинтересовать и удивить, а уже потом, пользуясь этим, познакомить с жизнью растений, различными местообитаниями Земли, объяснить, как тесно связано все живое на Земле. Основные темы экскурсий для школьников «Разнообразие растительного мира Земли», «Пищевые плодовые растения тропиков», «Комнатные растения».

На протяжении длительного времени проводились занятия по цветоводству в детском доме № 1 им. Католикова, где учащиеся осваивали азы комнатного цветоводства. Дети принимали участие в уходе за растениями, получали навыки выращивания растений в культуре. Мы старались привить им любовь к прекрасному, бережное отношение ко всему живому.

Детям очень нравилось ездить в оранжерею Института биологии, которая по своим площадям и количеству растений превосходит во много раз оранжерею в Детском Доме. Особенно их интересовал Зимний сад, где некоторые растения достигали вершины купола, т. е. 5 м (например, фикус Бенжамина, архонтофеникс Каннингейма). Рассказывая ученикам о тропических и субтропических растениях, мы всегда старались показать им не только как выглядит растение, но и как оно цветет (по возможности) и как потом развиваются на растении плоды, особенно, если это известное пищевое растение, и у юных ботаников, несомненно, появлялись интерес и желание вырастить самим что-нибудь подобное. Так, мы с учениками сажали лимоны, апельсины, финики и другие. С большим интересом они наблюдали, у кого же быстрее прорастет семечко, как быстро будет развиваться новое растение и т. д.

На занятиях учащиеся узнавали, что экологические условия формируют специфическую форму растений (например, у кактусов, лиан и т. д.). К окончанию учебного года пятиклассники с легкостью определяли, к какой экологической группе относится растение. Спецкурс расширяет представления учащихся о жизни растений, у детей возрастает интерес к исследовательской деятельности, к созданию творческих работ разного характера.

О результатах своих исследований учащиеся делают сообщения на заседаниях научных кружков, на школьных областных, региональных и Всероссийских научных конференциях, а также излагают полученные данные с соответствующей обработкой в виде рефератов, тезисов докладов, творческих проектных работ. Наиболее глубокое ознакомление с проблемой и проведение экспериментальных исследований позволяют ученикам активно участвовать в городских, областных и Всероссийских олимпиадах по биологии и экологии, способствует в будущем в выборе профессии и вообще помогает в жизни.

Таким образом, разработка образовательных программ в ботанических садах, которые являются интродукционными, научно-исследовательскими, природоохранными и образовательными центрами, может стать сферой интеграции науки и образования. Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН, имеющий богатый потенциал специалистов и уникальный коллекционный фонд растений имеет все предпосылки для постепенного его развития в центр экологического образования для устойчивого развития в северном регионе.

Литература

- Глобальная стратегия сохранения растений. М., 2009. 791 с.
Красная книга Республики Коми. М.; Сыктывкар: 1998. 528 с.
Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2008. 855 с.
Волкова Г. А., Скупченко Л. А., Вокуева А. В., Скромная О. В., Моторина Н. А., Рябинина М. Л. Редкие виды растений в культуре на Европейском Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 155 с.

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ШТАММА *CHLOROMONAS CF. RETICULATA* (GOROSCHANKIN) GOBI, ВЫЗЫВАЮЩЕГО ЦВЕТЕНИЕ СНЕГА НА ПРИПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

Е. Д. Хозяинова¹, И. В. Новаковская²

¹ *Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
tigerslipknot@inbox.ru*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, novakovskaya@ib.komisc.ru*

Водоросли являются древнейшей формой жизни на Земле. В процессе своего исторического развития они приспособились к существованию в разнообразных местах обитания, в том числе экстремальных арктических. Криофильные водоросли – активно живут на поверхности снега и льда при 0 °С, способны переносить очень низкие температуры и резкие её колебания, длительный дефицит или избыток света, выдерживать сильное ультрафиолетовое облучение. Благодаря наличию пигментов водоросли могут вызывать цветение снега различных оттенков. Чаще всего наблюдается красное окрашивание снега, которое фиксируют на высотах до 4500 м над уровнем моря. Подобным

водорослям, обитающим в различных экстремальных условиях, способным быстро накапливать биомассу и синтезировать различные БАВ, в последнее время уделяется особое внимание. Одним из таких видов является зеленая водоросль *Chloromonas cf. reticulata*, способная накапливать астаксантин – каротиноид обладающий мощными антиоксидантными свойствами (Минюк и др., 2008).

Цель работы – подбор оптимальных условий для культивирования и изучение морфологических особенностей и количественных показателей штамма *Chloromonas cf. reticulata* из коллекции живых культур Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Исследованный штамм *Chloromonas cf. reticulata* был отобран сотрудниками Института биологии в июле 2010 г. с окрашенного в красный цвет снега из гольцового пояса на Приполярном Урале в окрестностях озера Грубепендиты (1047 м над уровнем моря; 65° 13' 49.5" с. ш., 60° 13' 19,4" в. д.). В лабораторных условиях проводили культивирование штамма на агаризованной среде 3N-BBM. На протяжении двух месяцев исследовали морфологические особенности штамма, каждую неделю измеряли длину и ширину клеток (брали по 100 клеток). Вычисляли средние размеры клеток. Количественный счет клеток водорослей проводили с помощью камеры Горяева. Размеры клеток определены с использованием программы AxioVision Rel. 4.7. Определение биомассы и число клеток в одном литре было проведено с помощью программы, разработанной М. Д. Сивковым «Программа для определения биомассы».

Chloromonas reticulata – одноклеточная зеленая водоросль. Вегетативные клетки двухжгутиковые, эллипсоидной или яйцевидной формы, 11–20 мкм длиной и 5–15 мкм шириной. Клетки содержат одно ядро по центру, хлоропласт с нерегулярными перфорациями на поверхности. Стигма D-образная или палочковидная состоит из двух слоев глобул. Бесполое размножение происходит с помощью формирования преимущественно четырех или восьми двухжгутиковых зооспор в родительской клеточной стенке (Болдина, 1998; Ettl, Gdrtner, 1995; Matsuzaki и др., 2012).

В ходе исследования штамма, были получены данные по длине и ширине клеток на разных этапах жизненного цикла (рис.). В конце первой недели наблюдались самые мелкоклеточные формы и максимальное количество активно делящихся клеток. Резкий скачок роста клеток происходил со второй по третью неделю. В конце месяца длина клеток осталась прежней, а ширина несколько увеличилась. Через 1 месяц и неделю после посева, наблюдались крупные округлившиеся клетки, уменьшилось число зооспорангиев. Размеры увеличились до 1,5 месяцев. К концу второго месяца в культуре были отмечены округлившиеся клетки с утолщенной клеточной оболочкой, наблюдалось уменьшение размеров клеток, что связано с истощением питательной среды.

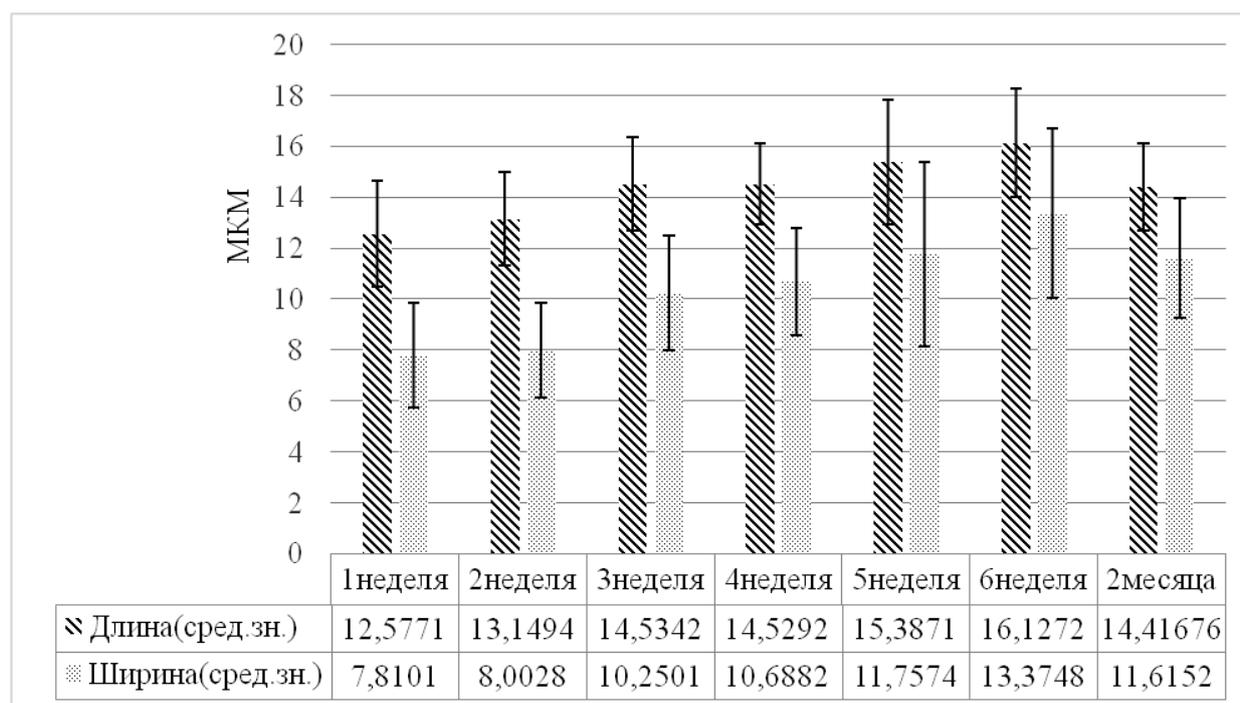


Рис. Распределение средних значений длины и ширины *Chloromonas cf. reticulata* в ходе эксперимента

За два месяца культивирования численность *Chloromonas cf. reticulata* составила $0,2-0,7 \cdot 10^9$ клеток/л, биомасса колебалась в пределах от 93 до 831 мг/л. На третьей неделе наблюдалось максимальное число клеток и максимальная биомасса. Затем произошло постепенное снижение прироста биомассы и числа клеток в 1 литре к концу эксперимента, что видно из таблицы.

Таблица

Изменение количественных показателей *Chloromonas cf. Reticulate* в ходе эксперимента

Показатель	Первая неделя	Вторая неделя	Третья неделя	Четвертая неделя	Пятая неделя	Шестая неделя
Объем одной клетки, мкм ³	528,746082	451,193057	1200,67811	678,433351	1409,97361	1384,79218
Число клеток в 1 л, млрд	0,2	0,4	0,7	0,4	0,4	0,3
Биомасса клеток в 1 л, мг	93	161	831	246	508	381

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что штамм *Chloromonas cf. reticulata* легко культивируется на стандартной среде 3N-BBM, без привлечения специфических условий. По морфологическим характеристикам исследованный штамм соответствует описанию, приведенному Matsuzaki et al. (2012), но отличается по размерному диапазону: исследованные клетки достигали размеров 25 мкм длины и ширины, что несколько больше описанных Matsuzaki et al. (2012). Исследованный штамм обладает высоким биотехнологическим потенциалом и представляет интерес не только

для эколого-физиологических исследований, как вид устойчивый к экстремальным факторам среды, но и для промышленных задач.

Литература

Болдина О. Н. Об ультраструктуре одноклеточной зеленой водоросли рода *Chloromonas* (Chlamydomonadaceae, Chlorophyta) // Ботанический журнал. 1998. Т. 83. № 4. С. 61–65.

Минюк Г. С., Дробецкая И. В., Чубчикова И. Н., Терентьева Н. В. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс: обзор // Морской экологический журнал. 2008. Т. VII. № 2. С. 5–23.

Ettl H., Gdrtner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen // Auflage, 1995. P. 773.

Matsuzaki R. et al. A taxonomic revision of *Chloromonas reticulata* (Volvocales, Chlorophyceae), the type species of the genus *Chloromonas*, based on multigene phylogeny and comparative light and electron microscopy // Phycologia. 2012. Volume 51 (1). P. 74–85.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО

О. Н. Малыгина

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
malygina-olga@mail.ru*

По хозяйственному значению в мировой экономике бобовые культуры уступают только злаковым. Представители данного семейства – это не только пищевые растения, с древнейших времен составляющие весомую часть рациона питания человека, но и кормовые, медоносные, декоративные, лекарственные и технические культуры, а также источники ценной древесины.

Травянистые представители семейства, способные к симбиотической фиксации атмосферного азота, считаются основными растениями, которые используются при рекультивации земель. Кроме того, корни бобовых растений рыхлят почву, делая её структуру пористой и защищая поверхность почвы от водной и ветровой эрозии.

Повысить уровень урожайности растений и увеличить масштабы накопления «биологического» азота в почве позволяет использование биопрепаратов.

Целью данного исследования является изучение возможности использования различных биопрепаратов при выращивании лядвенца рогатого.

При выполнении работы были поставлены следующие задачи:

- 1) исследовать возможность и эффективность применения биопрепарата на основе бактерий рода *Rhizobium* при выращивании лядвенца рогатого;
- 2) изучить эффективность использования комбинированных биопрепаратов.

В настоящее время биопрепараты прочно вошли в арсенал сельскохозяйственных средств защиты растений и микробиологических удобрений. В середине 50-х годов прошлого века разработана концепция фитосанитарной оптимизации растениеводства. Она пришла на смену интенсивной химической защите на основе использования пестицидов. Новая концепция преду-

смачивает предпочтительное использование нехимических методов, а именно природных агентов (энтомофаги, гербифаги и микроорганизмы), регулирующих численность фитофагов, возбудителей болезней растений и сорняков в естественных биоценозах.

Микробиологические препараты – это живые клетки отселектированных по полезным свойствам микроорганизмов, которые находятся в культуральной жидкости. Такой препарат позволяет создать огромную концентрацию полезных форм микроорганизмов в нужном месте и в нужное время. За счёт этого внесенные формы могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой и захватывать экологические ниши, предоставляемые им растением (Чеботарь, 2007).

Источником получения исходных штаммов микроорганизмов служит, как правило, природная среда: активное начало биопрепаратов выделяют из почвы, с поверхности растений, из больных и погибших насекомых.

На сегодняшний день разработаны новые подходы к применению микробных препаратов, в основе которых лежит стимуляция микробно-растительных взаимодействий. Этот процесс был изучен в ассоциациях бобовых растений с клубеньковыми бактериями, которые относятся к симбиотическим азотфиксирующим микроорганизмам.

Клубеньковые бактерии усваивают атмосферный азот. При симбиозе с бобовыми растениями они переводят его в доступные растению соединения. Усвоенный азот бактерии в значительных количествах передают растению. После запашки пласта, занятого посевом бобовых или травосмесью, в которой они являются составной частью, почвенный слой обогащается легкоминерализуемыми соединениями азота. Полезные последствия выращивания бобовых растений отмечаются в течение нескольких лет (Гусев, Минеева, 1992; Практикум..., 2005).

Необходимость обработки семян бобовых растений бактериями р. *Rhizobium* была доказана ещё в XIX веке. С той поры в различных странах мира был налажен выпуск биоудобрений с различными штаммами этого рода.

На базе научной биотехнологической лаборатории Вятской государственной сельскохозяйственной академии было создано малое инновационное предприятие ООО МИП «Биориз-Вятка», выпускающее биопрепарат «Ризоверм», представляющий собой культуру живых клеток бактерий р. *Rhizobium*. Уникальность данного микробного препарата в высокоэффективных штаммах клубеньковых бактерий, в новой удобной форме выпуска (полужидкий гель) и упаковке, представляющую пластиковые контейнеры. Препарат легко разбавляется водой и наносится на семена.

Первые полевые опыты биопрепарата на лядвенце рогом проводились 2 года, были выбраны сорта Солнышко и Смоленский 1. Проводился подробный анализ корневой системы. Морфометрические показатели показали, что количество клубеньков у обоих сортов в контрольном варианте (без инокуляции) было ниже, чем при обработке препаратом. На второй год жизни растений наблюдения были продолжены. При сопоставлении данных по общей

массе надземных органов можно наблюдать преимущество инокулированных растений, выражающееся в повышенном накоплении ими сухого вещества (ксеромассы). Так, бактеризация семян увеличила накопление сухого вещества на 20,8% у сорта Смоленский 1 и на 9,8% у сорта Солнышко.

Нестабильность обработки семян ризобияльными препаратами обусловлена различными причинами: генотипом растений и азотфиксирующих микроорганизмов, конкуренцией производственных штаммов ризобий с аборигенными популяциями этих бактерий. Последние настолько активны, что 100% клубеньков бывает сформировано «местными» штаммами микроорганизмов, которые, как правило, обладают низким потенциалом симбиотической азотфиксации. Другая причина – поиск подходящей почвенной микрофлоры, в которой интродуцируемые бактерии могли бы сохранять свою жизнедеятельность длительное время.

В искусственных консорциумах цианобактерии (ЦБ) являются носителем и экологической нишей для своего партнёра, обеспечивают защиту его от аборигенной микрофлоры. Также ЦБ оказывают огромное влияние на почву и растение в качестве сильного азотфиксатора, стимулятора роста корней и ингибитора грибной инфекции.

На кафедре ботаники, физиологии растений и микробиологии ВГСХА в 2008 году были проведены работы по изучению искусственных консорциумов между чистыми культурами ЦБ *Nostoc paludosum*, *Nostoc linckia* с видом *Rhizobium leguminosarum* и *Nostoc paludosum* с видом *Mesorhizobium loti* (ранее известный как *Rhizobium loti*). Именно эти опыты положили начало дальнейшим исследованиям.

Недавно выделенный из почвы штамм азотфиксирующей ЦБ *Fischerella muscicola* в серии лабораторных испытаний показал более значительное ростактивирующее воздействие на различные растения, по сравнению с ЦБ рода *Nostoc*. Поэтому исследования наши были направлены на изучение возможности использования данного штамма ЦБ совместно с бактериями рода *Rhizobium*.

Семена лядвенца имеют твёрдую оболочку, поэтому практикуют различные приёмы её повреждения. В данном опыте проводили скарификацию семян с использованием наждачной бумаги, а также запариванием семян кипятком, т.е. использовали методы механической и тепловой скарификации. После этого определяли численность эпифитной микрофлоры семян методом посева на питательные среды (МПА – для аммонифицирующих бактерий и Чапека – для грибов).

Численность почвенных микроорганизмов определяли методом разведения с последующим посевом на агаризованные питательные среды, а также методом прямого микроскопического учёта на мазках.

Всхожесть растений определяли в лабораторном опыте на 7-е сутки методом чашечных культур.

В полевом опыте посев семян проводился на микроделанки площадью 0,25 м² в 3-х кратной повторности 20 мая 2014 г. с производственной нормой

высева 15,2 кг/га. Опыт был заложен на дерново-подзолистой, среднесуглинистой почве. Прореживание посевов, определение количества образовавшихся клубеньков на корнях, степени нодуляции и ксеромассы надземной части растений проведено через 1,5 месяца в период бутонизации и начала цветения лядвенца (Домрачева и др., 2014). В этот же период определяли степень влияния интродуцированных МО на состояние аборигенной микрофлоры.

Определение морфометрических показателей растений и урожая проводили после 1-го укоса через 4 месяца после посева.

Для проведения полевых опытов с цианоризобиальной инокуляцией семян выбрали способ механической скарификации, так как он увеличивает всхожесть семян лядвенца рогатого на 10%, по сравнению с контролем, тогда как запаривание снижает всхожесть на 12%.

В контрольном варианте семена лядвенца высевались скарифицированными, но не инокулированными. В опытных вариантах применяли одинарную и бинарную инокуляцию.

Первая серия опытов была направлена на изучение стимулирующей способности ЦБ *Fischerella muscicola* при её воздействии на рост и развитие лядвенца рогатого в условиях ризобиальной инокуляции. Самым эффективным оказался вариант с одновременной обработкой семян ризобием и фишереллой: количество клубеньков в среднем на 1 корень превышает данный показатель в контроле, при этом нодуляция происходит на корнях всех растений, в отличие от контроля, где растения с клубеньками на корнях составляют менее 50% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние цианоризобиальной инокуляции на интенсивность образования клубеньков на корнях лядвенца рогатого

Вариант	Количество клубеньков, шт./ 1 растение	Количество растений с клубеньками, %
Контроль (без обработки)	0,67±0,04	43,3
<i>Rhizobium loti</i>	1,23±0,04	66,7
<i>Rhizobium loti</i> + <i>Fischerella muscicola</i>	7,10±0,55	100,0

Во второй серии опытов изучали состояние микробных комплексов почвы после интродукции в неё определённых групп микроорганизмов. Отбор почвенных образцов для микробиологического анализа произведён одновременно с отбором растений через 1,5 месяца после посева. Изучение состояния аборигенной микрофлоры после интродукции различных групп микроорганизмов (*Rhizobium loti* и *Fischerella muscicola*), попавших в почву в результате предпосевной инокуляции семян лядвенца рогатого, показало, что в составе микробных комплексов происходят определённые изменения. Микромицеты при учёте на питательной среде Чапека отвечают повышением численности при всех видах микробной интродукции, особенно данная реакция выражена в случае предпосевной инокуляции семян лядвенца бинарной смесью.

Определение численности гетеротрофных бактерий и грибов, выросших на питательных средах, показало, что численность бактерий максимальная в варианте *Rhizobium loti* + *Fischerella muscicola*. К значительному снижению численности этой группы микроорганизмов приводит интродукция монокультуры *Rhizobium loti* (табл. 2).

Таблица 2

Влияние микробной интродукции на численность бактерий и грибов

в почве

Вариант	Бактерии (МПА), · 10 ⁶ КОЕ/г	Грибы (Чапек), · 10 ⁵ КОЕ/г
Контроль	5,2±0,7	4,4±0,7
<i>Rhizobium loti</i>	1,5±0,7	10,3±1,6
<i>Rhizobium loti</i> + <i>Fischerella muscicola</i>	5,9±0,5	16,4±0,5

В случае грибов чётко прослеживается тенденция увеличения их численности во всех вариантах с микробной интродукцией. При этом максимальные показатели (превышающие в 4 раза показатели контроля) отмечены в варианте с *Rhizobium loti* + *Fischerella muscicola*. Вероятно, этот факт (стимуляция размножения грибов) можно объяснить увеличением объёма корневых выделений или увеличением корневого и листового опада в этих вариантах.

Изучение влияния микробной интродукции на фототрофные популяции показало, что численность фототрофов является максимальной в тех вариантах, где происходила инокуляция семян *Rhizobium loti* + *Fischerella muscicola* и связана с размножением ЦБ. При этом в варианте с *Rhizobium loti* и в контроле численность водорослей практически была одинаковой. Вегетация ЦБ в варианте *Rhizobium loti* + *Fischerella muscicola* явно обусловлена цианобактериальной интродукцией и непосредственным размножением только *Fisch. muscicola*.

Появление в фототрофном микробном комплексе цианобактериального компонента приводит в конечном итоге к изменению структуры альгоценозов (табл. 3, рис. 1).

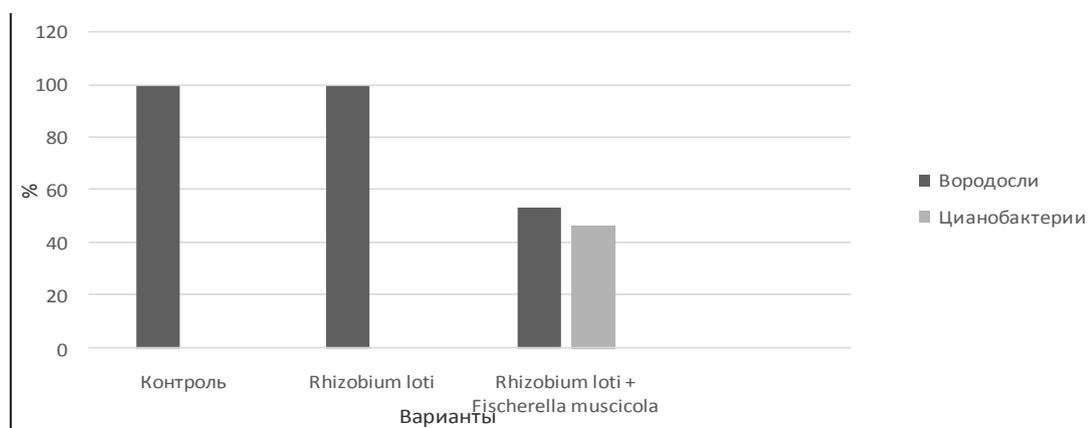


Рис. 1. Влияние микробной интродукции на структуру фототрофных популяций (%)

Влияние микробной интродукции на количественные показатели фототрофной микрофлоры

Варианты	Численность фототрофов, тыс. кл./г				Всего
	Зелёные водоросли	Диатомовые водоросли	Водоросли	Цианобактерии	
Контроль	800±0	200±0	1000±0	не обнаружено	1000±0
<i>Rhizobium loti</i>	800±100	230±50	1030±150	не обнаружено	1030±150
<i>Rhizobium loti</i> + <i>Fischerella muscicola</i>	800±0	200±0	1000±0	930±150	1930±150

Таким образом, результаты проведённых исследований показывают, что при микробной интродукции в почве происходят определённые изменения количественных показателей и структуры микробных комплексов. Существуют косвенные доказательства приживаемости интродуцированных микроорганизмов. Свидетельством этому является увеличение числа клубеньков на корнях лядвенца и степени нодуляции в вариантах с внесением *Rhizobium loti*; массовое развитие ЦБ в варианте с цианоризобиальной инокуляцией. Единственной группой изучаемых микроорганизмов, на которую микробная интродукция не оказала никакого влияния, являются водоросли, численность которых во всех вариантах практически одинаковая.

В ходе исследований было доказано, что при использовании различных биопрепаратов лядвенец даёт значительный прирост урожайности уже в первый год вегетации, увеличиваются морфометрические показатели культуры (высота растений, количество цветков и плодов), увеличивается содержание сухого вещества.

Бинарный цианоризобиальный консорциум показал высокую эффективность по сравнению со стандартным приёмом обработки семян ризобиальным препаратом. Обработка консорциумом стимулировала развитие растений, улучшая показатели: уровень нодуляции (в 2 раза при обработке монокультурой *Rhizobium loti* и в 12 раз при обработке консорциумом *Rhizobium loti* + *Fischerella muscicola*), мощность растений, ветвление и облиственность, что дало значительную прибавку в урожайности по отношению к обработке одним ризобииумом. В представленной работе доказывается, что цианобактерии могут образовывать стойкие ассоциации, с помощью которых можно усилить действие уже применяемых микробных популяций.

Литература

- Гусев М. В., Минеева Л. А. Микробиология: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1992. 448 с.
 Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Трефилова Л. В., Горностаева Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 3. С. 8–16.

Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

Чеботарь В. К., Завалин А. А., Кипрушкина Е. И.. Эффективность применения био-препарата экстрасол. М.: Изд. Россельхозакадемии, 2007. 216 с.

ПОВЫШЕНИЕ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПУТЕМ ГЕННОЙ ИНЖЕНЕРИИ АНТИОКСИДАНТОВ

А. В. Бакулина

*НИИСХ Северо-Востока, drugaeann1@rambler.ru,
Вятский государственный университет*

Условия Северо-Востока Нечерноземья России характеризуются как зона рискованного земледелия, где возделываемые культуры испытывают воздействие различных неблагоприятных факторов среды. Проблема повышения стрессоустойчивости растений на современном этапе становится особенно актуальной в связи с глобальным изменением климата и техногенным загрязнением окружающей среды. Использование, наряду с традиционными методами селекции, генной инженерии (ГИ) для получения стрессоустойчивых форм растений позволяет значительно расширить спектр доноров генов устойчивости, а также создать генотипы, обладающие устойчивостью одновременно к нескольким стрессовым воздействиям. Особое значение конструирование трансгенных растений с генами и комбинациями генов, связанных с устойчивостью к различным стрессовым факторам, имеет для фундаментальных исследований: трансгенные растения служат экспериментальными моделями для изучения разнообразия механизмов стрессоустойчивости в физиологии растений.

Одним из возможных подходов для повышения толерантности растений к абиотическим стрессам является усиление антиоксидантной защиты за счет встраивания в растительный геном генов антиоксидантов. Механизм устойчивости в этом случае основан на уменьшении токсического действия активных форм кислорода (АФК), продукция которых является наиболее ранней реакцией растительных клеток на большинство стрессов (Mittler, 2002). Избыточная генерация АФК вызывает повреждения мембран, макромолекул, нарушение протекания биохимических реакций и способна привести клетку к неминуемой гибели, поэтому клетка нуждается в строгом контроле над продукцией и своевременном удалении данных радикалов.

К антиоксидантам (нейтрализаторам АФК) относят такие ферменты как каталаза, супероксиддисмутаза (SOD), аскорбатпероксидаза (APX), глутатионредуктаза, молекулы небелковой природы: аскорбиновая кислота, глутатион, каротиноиды, антоцианы, и некоторые другие соединения, такие как осмолиты, белки (пероксиредоксин), амфифильные молекулы (токоферол, убихиноны, витамин К) (Колупаев и др., 2011). Исследования, выполненные на модельных культурах, показывают правомочность подхода, основанного на использовании генов, кодирующих антиоксидантные ферменты и протектив-

ные соединения для повышения неспецифической устойчивости генотипов к абиотическим стрессам. Трансгенные линии табака, экспрессирующие к-ДНК фермента, обладающего активностью глутатион-S-трансферазы и глутатионпероксидазы (GST/GPX), показали устойчивость к низкой температуре и солевому стрессу (Roxas et al., 2000). Аналогичные результаты были получены при трансформации арабидопсиса геном GST (Qi et al., 2010). Трансгенные линии томата, экспрессирующие чужеродный ген APX, отличались повышением устойчивости к высокой температуре (Wang et al., 2006).

К повышению стрессоустойчивости растений различных видов приводила трансформация генами SOD (Gusta et al., 2009). SOD, являющаяся ключевым ферментом антиоксидантной защиты клеток (тканей) растений, катализирует диспропорционирование супероксидных анион-радикалов до молекулярного кислорода и перекиси водорода. В растительной клетке SOD существует в виде нескольких изоформ, различающихся ионами металлов в активном центре фермента и внутриклеточной локализацией (Колупаев и др., 2011). Но независимо от источника выделения все SOD представляют собой мультимерные металлопротеины, чрезвычайно эффективные в устранении супероксидных анионов (Getzoff et al., 1983). Суперэкспрессия генов SOD в трансгенных растениях ряда культур способствовала возникновению у них устойчивости как к окислительному стрессу, индуцируемому внесением гербицида метилвиологена, так и различным стрессовым воздействиям абиотической природы (табл.).

Таблица

**Повышение устойчивости к абиотическим стрессам
у трансгенных растений, экспрессирующих гены супероксиддисмутаз**

Экспрессируемый фермент	Культура	Повышение устойчивости к	Ссылка
Mn-SOD	рапс	засухе и температурному стрессу	Gusta et al., 2009
		алюминию	Basu et al., 2001
	арабидопсис	солевому стрессу	Gao et al., 2003
	табак	низкой температуре	Павлючкова, 2012
	люцерна	засухе, низкой температуре	McKersie et al., 1996
Cu, Zn-SOD	табак	солевому стрессу, водному дефициту	Badawi et al., 2004
		низкой температуре, высокой интенсивности освещения и гербициду метилвиологену	Gupta et al., 1993
	картофель	гербициду метилвиологену	Perl et al., 1993
Fe-SOD	кукуруза		Breusegem et al., 1999
	люцерна	низкой температуре	McKersie et al., 2000
	томат	солевому стрессу, действию ультрафиолета	Серенко и др., 2009; Baranova et al., 2010
		низкой температуре	Баранова и др., 2015
	табак	низкой температуре	Павлючкова, 2012
		гербициду метилвиологену	Van Camp et al., 1996
алюминию		Широких и др., 2015	

В наших исследованиях было установлено, что встраивание гена Fe-супероксиддисмутазы 1 арабидопсиса (*Fe-SOD1*) в геном картофеля сорта Беллароза приводило к повышению суммарной активности SOD у растений-трансформантов. В условиях моделируемого стресса, обусловленного действием ионов алюминия в кислой питательной среде, это превышение обеспечило достоверное увеличение морфометрических показателей растений линии Trf 1, экспрессирующих ген *Fe-SOD1*, по сравнению с исходными растениями картофеля (Широких и др., 2014).

Таким образом, для генов, кодирующих супероксиддисмутазы, имеется достаточное количество успешных работ по изучению влияния их экспрессии в трансгенных растениях при разнообразии стрессовых воздействий. Это делает гены SOD перспективными целевыми генами для повышения стрессоустойчивости растений. В целом, установленные положительные эффекты при манипуляциях с механизмом детоксикации АФК доказывают правомочность данного подхода и возможность его использования для получения линий сельскохозяйственных культур растений с устойчивостью к нескольким стрессовым воздействиям.

Литература

Баранова Е. Н., Кононенко Н. В., Куренина Л. В. и др. Индукция окислительного стресса, вызываемого конститутивной экспрессией гена Fe-зависимой супероксиддисмутазы у томата способствует формированию устойчивости к абиотическим и биотическим стрессовым факторам // *Фундаментальные и прикладные проблемы современной экспериментальной биологии растений: Матер. Всерос. науч. конф. с междунар. уч. М., 2015. С. 76–79.*

Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В., Обозный А. И. Антиоксидантная система растений: участие в клеточной сигнализации и адаптации к действию стрессоров // *Вестник Харьковского национального аграрного университета. Серия биология. 2011. Вып. 1 (22). С. 6–34.*

Павлючкова С. М. Динамика окислительных процессов в трансгенных по Fe-SOD и Mn-SOD растениях табака в условиях низкотемпературного стресса и в постстрессовый период [Электронный ресурс]: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/44394/1-Pavluchkova.pdf>

Серенко Е. К., Овчинникова В. Н., Куренина Л. В. Получение трансгенных растений томата с геном Fe-зависимой супероксиддисмутазы // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009. № 4. С. 12–14.*

Широких И. Г., Бакулина А. В., Огородникова С. Ю. и др. Влияние встройки Fe-SOD1 гена на рост, перекисный гомеостаз и состояние пигментного комплекса трансгенных растений картофеля // *Агрехимия. 2014. № 8. С. 72–78.*

Широких И. Г., Огородникова С. Ю., Баранова Е. Н. и др. Трансформанты табака с геном Fe-SOD1 как модель для формирования алюмоустойчивости // *Агрехимия. 2015. № 2. С. 79–85.*

Badawi G. H., Yamauchi Y., Shimada E. et al. Enhanced tolerance to salt stress and water deficit by overexpressing superoxide dismutase in tobacco (*Nicotiana tabacum*) chloroplasts // *Plant Sci. 2004. V. 166. №. 4. P. 919–928.*

Baranova E. N., Serenko E. K., Balachnina T. I. et al. Activity of the photosynthetic apparatus and antioxidant enzymes in leaves of transgenic *Solanum lycopersum* and *Nicotiana tabacum* plants, with FeSOD1 gene / *Russ. Agricult. Sci. 2010. V. 36. P. 242–249.*

Basu U., Good A. G., Taylor G. J. Transgenic Brassica napus plants overexpressing aluminium-induced mitochondrial manganese superoxide dismutase cDNA are resistant to aluminium // Plant, Cell & Environment. 2001. V. 24. № 12. P. 1278–1269.

Breusegem Van F. Overproduction of Arabidopsis thaliana FeSOD confers oxidative stress tolerance to transgenic maize // Plant and cell physiol. 1999. V. 40. № 5. P. 515–523.

Gao X., Ren Z., Zhao Y., Zhang H. Overexpression of SOD2 increases salt tolerance of Arabidopsis // Plant Physiol. 2003. V. 133. № 4. P. 1873–1881.

Getzoff E. D., Tainer J. A., Weine, P. K. Nature (London), 1983. V. 306. P. 287–290.

Gupta A. S., Webb R. P., Holaday A. S., Allen R. D. Overexpression of superoxide dismutase protects plants from oxidative stress (induction of ascorbate peroxidase in superoxide dismutase-overexpressing plants) // Plant Physiol. 1993. V. 103. № 4. P. 1067–1073.

Gusta L. V., Benning N. T., Wu G. Superoxide dismutase: an all-purpose gene for agri-biotechnology // Mol. Breeding. 2009. V. 24. P. 103–115.

McKersie B. D., Bowley S. R., Harjanto E., Leprince O. Water-deficit tolerance and field performance of transgenic alfalfa overexpressing superoxide dismutase // Plant Physiol. 1996. V. 111. № 4. P. 1177–1181.

McKersie B. D., Murnaghan J., Jones K. S., Bowley S. R. Iron-superoxide dismutase expression in transgenic alfalfa increases winter survival without a detectable increase in photosynthetic oxidative stress tolerance // Plant Physiol. 2000. V. 122. P. 1427–1437.

Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance // Trends Plant Sci. 2002. V. 7. P. 405–410.

Perl A., Perl-Treves R., Galili S. Enhanced oxidative-stress defense in transgenic potato expressing tomato Cu,Zn superoxide dismutases // Theor. and Appl. Genet. 1993. V. 85. P. 568–576.

Qi Y.C., Liu W.Q., Qiu L.Y. et al. Overexpression of glutathione-S-transferase gene increases salt tolerance of Arabidopsis // Russ. J. Plant Physiol. 2010. V. 57. № 2. P. 233–240.

Roxas V. P., Lodhi S. A., Garret D. K. Stress tolerance in transgenic tobacco seedlings that overexpress glutathione S-transferase/glutathione peroxidase // Plant and Cell Physiol. 2000. V. 41(11). P. 1229–1234.

Van Camp W., Capiau K., Van Montagu M. Enhancement of oxidative stress tolerance in transgenic tobacco plants overproducing Fe-superoxide dismutase in chloroplasts. Plant Physiol. 1996. V. 112 P. 1703–1714.

Wang Y., Wisniewski M., Meilan R. Transgenic tomato (Lycopersicon esculentum) overexpressing cAPX exhibits enhanced tolerance to UV-B and heat stress // J. Appl. Hortic. 2006. V. 9. P. 1–5.

АДАПТАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К СТРЕССОВЫМ УСЛОВИЯМ

А. А. Кузина, И. В. Сергеева, Ю. М. Мохонько, Ю. М. Андриянова
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н. И. Вавилова, kuzinaanastas21@mail.ru

Изучение механизмов адаптации растений к изменяющимся условиям среды тесно связано с решением проблемы устойчивости и интродукции растений. Повышение устойчивости сельскохозяйственных культур к болезням и другим неблагоприятным факторам является одной из важнейших проблем растениеводства [1].

В последнее время все большее внимание обращают на индуцирование естественной устойчивости растений к заболеваниям грибной этиологии. Это направление защиты растений очень перспективно, так как заблаговременно активизируются защитные механизмы растений, что позволяет растению быстрее и намного эффективнее подавлять внедрившийся патоген [4].

Учет головневых заболеваний приурочивают к определенным фазам вегетации, когда проявление болезни наиболее сильно выражено на растениях: в посевах пшеницы, ржи, ячменя и овса – конец молочной – начало восковой спелости зерна, что совпадает с проведением апробации посевов. На участках от 200 до 450 га отбирают не менее, чем в 100 точках по 10–15 стеблей, до 200 га – от 100 до 1000 стеблей. При анализе подсчитывают количество здоровых и пораженных стеблей и определяют процент заражения культуры по каждому виду головки [3].

Учет распространенности пыльной головки пшеницы позволил сделать следующий вывод: в контрольном варианте распространенность пыльной головки равна 1,2% (рис. 1, вариант 1) В варианте при применении иммуноцитифита распространенность болезни на 52,6% ниже, чем в контрольном варианте (вариант 2).

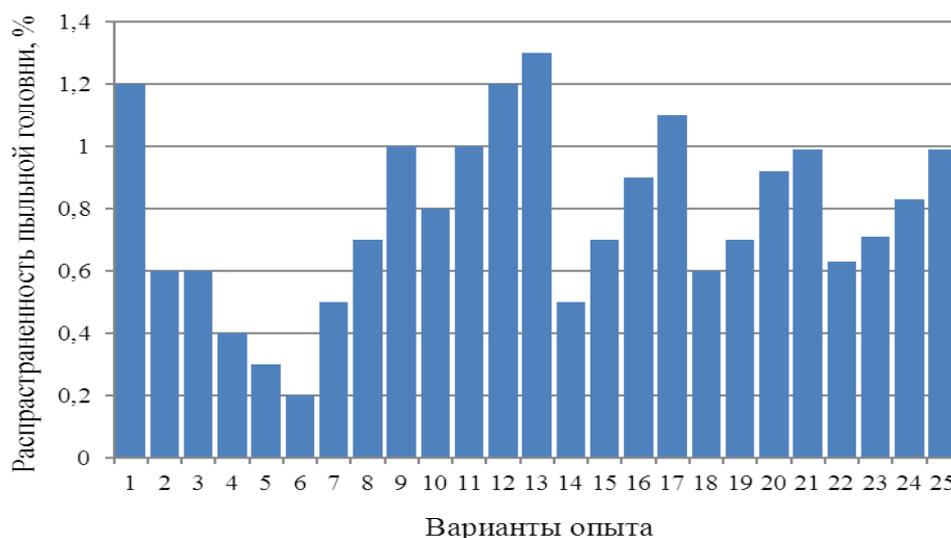


Рис. 1. Влияние БАВ (2–4), ионов свинца (II) (5–8), и их сочетаний (9–25) на распространенность пыльной головки пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Использование биологически активных веществ позволило снизить распространенность пыльной головки на 81,6 (ДФП) – 97,4% (ДХБФМ) (варианты 3–4). Применение ионов свинца (II) увеличило распространение пыльной головки пшеницы на 4,2% ($Pb^{+2} \cdot 10^{-6}\%$) – 37,8% ($Pb^{+2} \cdot 10^{-3}\%$) по сравнению с контролем (варианты 9–6). Иммуноцитифит и препарат цисс-ОПП не проявили нивелирующего действия по отношению к ионам свинца (II) во всем диапазоне концентраций (варианты 10–13 и варианты 22–25). Обработка семян раствором ДФП+ Pb^{+2} способствовала уменьшению негативного действия ионов свинца (II) на увеличение распространенности пыльной го-

ловни пшеницы в среднем за 3 года и снизила распространенность на 5,3 ($C = 10^{-3}\%$) – 36,8% ($C=10^{-6}\%$) и 31,6 ($C=10^{-3}\%$) – 71,1% ($C=10^{-6}\%$) по сравнению с контролем соответственно (варианты 14–17).

Оценку поражения всеми видами ржавчины, кроме стеблевой, проводят в период налива молочной спелости зерна. Стеблевую ржавчину учитывают одновременно с головневыми заболеваниями при апробации. На полях площадью до 100 га берут 20 проб по 10 стеблей в каждой. Определение интенсивности поражения растений ржавчиной осуществляют по специальным шкалам, в которых степень его выражена в виде условных процентов площади листа или стебля, занятых пустулами гриба. У пшеницы и овса поражение листовой (бурой) ржавчиной учитывают по интенсивности покрытиями пустулами верхнего и второго листа [5].

Проведенная фитосанитарная диагностика посевов пшеницы позволила сделать заключение: в контрольном варианте развитие бурой ржавчины равно 12% (рис. 2, вариант 1).

При применении иммуноцитифита развитие болезни на 83% ниже, чем в контрольном варианте (вариант 2). Использование биологически активных веществ позволило уменьшить развитие бурой ржавчины на 60 (ДФП) – 43% (ДХБФМ) (варианты 3–4).

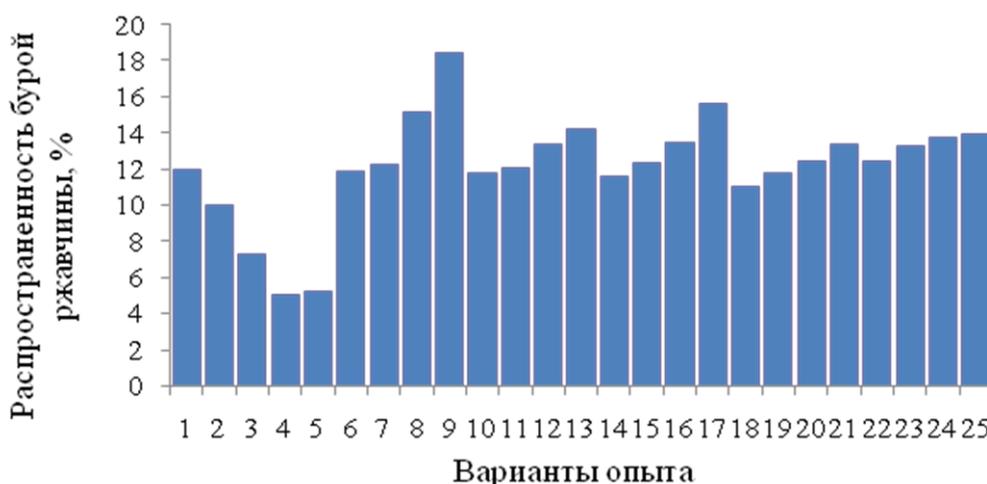


Рис. 2. Влияние БАВ (2–4), ионов свинца (II) (5–8), и их сочетаний (9–36) на развитие бурой ржавчине пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Применение ионов свинца (II) увеличило развитие изучаемой болезни на 97 ($Pb^{+2} \cdot 10^{-3}\%$) – 99% ($Pb^{+2} \cdot 10^{-5}\%$) по сравнению с контролем соответственно (варианты 6–8). Обработка семян ионами свинца (II) в концентрации $10^{-6}\%$ снижает развитие бурой ржавчины на 1,5% по сравнению с контролем соответственно (вариант 9).

Иммуноцитифит не проявил нивелирующего действия по отношению к ионам свинца (II) во всем диапазоне концентраций (варианты 10–13). Препарат ДФП не оказывал нивелирующего действия по отношению к ионам свинца (II) ($Pb^{+2} \cdot 10^{-3}\%$ и $Pb^{+2} \cdot 10^{-4}\%$), при $Pb^{+2} \cdot 10^{-5}\%$ и $Pb^{+2} \cdot 10^{-5}\%$ отмечен небольшой нивелирующий эффект по отношению к контролю соответственно

(варианты 14–17). Обработка семян раствором ДХБФМ+Pb⁺² способствовала снижению негативного действия ионов свинца (II) на увеличение развития бурой ржавчины пшеницы в среднем за 3 года, и снизила ее развитие на 45(C=10⁻⁴%) – 52% (C=10⁻⁶%) по сравнению с контролем соответственно (вариант 19–21).

Таким образом, эффективность применения биологически активных веществ в борьбе с болезнями растений определяется сопоставлением двух показателей: процента пораженных растений и интенсивности, или степени поражения. Биологически активные вещества активно участвуют в окислительно-восстановительных процессах в клетке и усиливают защитные свойства растений [2].

Литература

1. Андриянова Ю. М., Сергеева И. В., Гусакова Н. Н. Минимизация антропогенных воздействий на агрофитоценозы овса Среднего Поволжья (монография). Саратов: Буква, 2014. 128 с.
2. Андриянова Ю. М., Сергеева И. В., Гусакова Н. Н., Мохонько Ю. М. Роль антистрессовых адаптогенов в повышении урожайности яровой пшеницы (монография). Саратов: ООО «Амирит», 2016. 114 с.
3. Андриянова Ю. М., Сергеева И. В., Гусакова Н. Н., Мохонько Ю. М. Получение экологически безопасной зерновой продукции на антропогенно-загрязненных территориях Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2016. № 3. С. 8–13.
4. Андриянова Ю. М., Сергеева И. В., Гусакова Н. Н., Мохонько Ю. М. Устойчивость растений овса к фитопатогенным заболеваниям грибной этиологии в различных экологических условиях // Аграрный научный журнал. 2016. № 5. С. 3–9.
5. Андриянова Ю. М., Сергеева И. В., Гусакова Н. Н., Мохонько Ю. М. Экологические аспекты влияния азотсодержащих биологически активных веществ на рост и развитие некоторых зерновых культур Поволжья // Аграрный научный журнал. 2016. № 8. С. 3–12.

ПОРАЖАЕМОСТЬ МУТАНТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ КОРНЕВЫМИ ГНИЛЯМИ

М. В. Черемисинов, Р. С. Гайтукаев

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Ячмень относится к числу основных полевых культур Российской Федерации. Вместе с тем, формирование высокопродуктивных ячменных агроценозов невозможно без разработки интегрированной системы защиты растений, в том числе и от различных инфекционных болезней.

К числу наиболее распространенных и вредоносных болезней ячменя относятся корневые и прикорневые гнили различной этиологии, развитие которых, особенно в последние годы, часто носит эпифитотийный характер. Исследования по изучению поражаемости корневыми гнилями проводятся на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА (Помелов, Балахонцева, 2004).

Экологические и биологические особенности патогенов, вызывающих корневые гнили ячменя, а также сам характер течения инфекционного процесса при таких заболеваниях, предполагают разработку комплексных систем их контроля на основе концепции управления агроэкосистемами.

Применение новых классов протравителей семян и регуляторов роста позволит эффективнее использовать потенциал современных интенсивных сортов культурных растений, снизить пестицидную нагрузку на агрофитоценозы, значительно повысить урожайность и стабилизировать продукционный процесс.

Однако применяемые препараты-протравители семян могут оказывать на растения ячменя мутагенное действие (Дудин и др., 2008).

Повышение устойчивости растений к корневым гнилям селекционным методом считается экологически наиболее эффективным в управлении патологическим процессом. Данное обстоятельство позволяет применять ресурсосберегающие, биологизированные технологии создания устойчивых и высокопродуктивных агрофитоценозов.

Цель исследований: изучить полученные мутанты от обработки протравителями семян на поражаемость корневыми гнилями в период вегетации и при проведении фитоанализа.

В связи с этим были поставлены следующие задачи:

1. Провести фитопатологическую экспертизу семян полученных мутантов;
2. Изучить поражаемость полученных мутантов к корневым гнилям.

В ходе полевого опыта определялось развитие и распространенность корневых гнилей, элементы структуры продуктивности, уровень урожайности по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Уборка проводилась вручную.

Для оценки влияния изучаемых препаратов на рост и развитие растений, а так же на элементы продуктивности учёты проводились на учетных делянках по 1 м².

Пораженность корневыми гнилями оценивалась по 5 балльной системе Гоймона.

Проводился фитопатологический анализ в четырёх кратной повторности. Для закладки опыта на фитопатологический анализ использовались семена полученных мутантов.

Фитопатологический анализ на зараженность семян ячменя поверхностной и внутренней инфекцией (гельминтоспориозной, фузариозной, альтернариозной) определяли методом влажной камеры с применением рулонов.

Учёты на корневые гнили проводились в фазу восковой спелости на естественном фоне в четырехкратной повторности, выборка составила 10 растений с каждой делянки. Данные по поражаемости гнилями приведены в таблице.

Поражаемость мутантов ячменя корневыми гнилями

Мутант	Поражение корневыми гнилями		Распространение, %	Развитие, %
	1 балл	2 балла		
Контроль Нур	6	4	90	15
2-1	5	3	80	34
2-3	6	0	60	31
2-4	6	3	90	33
2-5х	7	0	70	28
2-8	5	2	30	16
3-1	5	4	90	36
4-3	5	3	80	34
4-4	7	2	90	30
5-1	5	2	70	32
5-3	5	3	80	34
5-6	6	2	80	31
5-7	4	4	80	75
7-1	4	1	50	30
8-2	4	2	60	33
8-4	7	2	90	30
8-5	7	1	80	28
9-3	5	3	80	14
9-5	6	4	90	15

Выделились мутантные образцы, которые меньше поражались корневыми гнилями это номера: 2-5х распространение составило 70% в контроле 90% , 2-8: 30%; 7-1: 50%, 8-2 60%.

Сильно поражались корневыми гнилями следующие мутанты: 4-4; 5-3; 5-5; 5-6; 8-4; 9-5 распространения корневых гнилей составило от 80 до 90%.

По результатам фитопатологического анализа видно, что семена были в очень слабой степени поражены грибами рода Гельминтоспориум и лишь некоторые мутанты несли на себе эту инфекцию: 2-3 (4%), 8-4 (2%), 4-3 (0,5%), 7-1 (0,5%). Также семена контрольных растений сорта Нур были поражены бактериозом 12,7%, а мутант 7-1 на 18,5%.

Кроме фитопатогенных грибов на семенах присутствовали сапрофиты. Максимальный процент сапрофитов отмечен в контроле 22%, 2-4 (18-%), 2-5 (17%).

Таким образом, выделены мутантные образцы, которые меньше поражались корневыми гнилями, это номера: 2-5; 2-8; 7-1; 8-2. Выявлены формы, достоверно превышающие по урожайности исходную форму сорт Нур это номера 5-1 (35,8 ц/га), 5-6 (34,2 ц/га), 2-5х (31,2 ц/га) 2-8 (28,6 ц/га), 7-1 (26,8 ц/га).

Семена были в очень слабой степени поражены грибами рода Гельминтоспориум 2-3 (4%), 8-4 (2%), 4-3 (0,5%), 7-1 (0,5%).

Высокой продуктивностью и меньшей поражаемостью корневыми гнилями обладают мутанты 2-5х, 2-8, 7-1, 8-2, 8-3, 8-5.

Литература

Помелов А. В. Мутагенное действие фунгицидов – протравителей семян на культуру ячменя. Сб.: Материалов науч. сессии. Кировский филиал РАН, Кировское областное отделение РАН. Киров, 2004. С. 204–206.

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

Дудин Г. П., Помелов А. В., Черемисинов М. В., Емелев С. А. Оценка мутагенной активности химических факторов на яровом ячмене // Сибирский вестник с.х. наук. 2008. № 6. С. 26–31.

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЛИСТЬЕВ ГРУШ НА ТЕРРИТОРИИ НИИ «ЖИГУЛЕВСКИЕ САДЫ»

А. Б. Петрова¹, А. П. Кравцева²

¹ Самарский университет, *viksian@yandex.ru*

² Самарская государственная областная академия, *kravceva89@mail.ru*

Среди вегетативных органов растений именно листья представляют собой структуру, наиболее активную в метаболическом отношении и разнообразную морфологически. Структурно-функциональное единство листа, обеспечивающее его эффективность в выполнении функций фотосинтеза, газообмена, транспирации, достигается путем реализации программы развития в конкретных условиях окружающей среды (Смирнов и др., 2005). Среди структурно-функциональных особенностей растений, определяющих их принадлежность к экологической группе и возможность адаптироваться к различным условиям местообитания, наиболее важны показатели водного режима (Слейчер, 1970). Так, например одним из важнейших показателей является водоудерживающая способность листьев растений, которая характеризуется их устойчивостью к неблагоприятным условиям среды. Менее выносливым растениям часто характерен более низкий уровень данного показателя (Таренков, Таренкова, 1985; Таренков, Иванова, 1990).

Хотелось бы отметить особенности климата территории, где проводилось наше исследование. Как известно, климатические условия Самарской области формируются под влиянием воздушных масс суши и представляют собой континентальный климат умеренных широт (Розно, Кавеленова, 2007). Его основными чертами являются засушливость, высокая континентальность, большая изменчивость по годам, в первую очередь по количеству выпадающих осадков. В целом климат области характеризуется контрастными температурами, относительно резким переходом от жаркого лета к холодной зиме в сочетании с дефицитом влаги, который в отдельные годы становится критическим. Весенний сезон короткий, особенно в южных районах. В отдельные годы отклонения от средних месячных температур зимой достигают 3 °С, летом от 1,5 до 2 °С, в отдельные годы температурный режим характеризуется отклонениями от среднегодовых от 8 °С до 10 °С – зимой и от 3 °С до 6 °С – летом. Заморозки наступают в начале октября. Окончание заморозков

обычно отмечается в первой или второй декадах мая. Таким образом, продолжительность безморозного периода составляет 4–5 месяцев.

Возникновение засушливых условий в весенний – летне-осенний период в зависимости от года бывает выражено либо сравнительно кратким отрезком вегетационного периода, сроки наступления которого год от года не совпадают, либо может захватить почти весь вегетационный период.

Напротив, вегетационные периоды могут характеризоваться избытком осадков на всем либо почти всем протяжении. При этом количество выпадающих осадков может многократно превысить среднемноголетнюю норму, а температурные условия будут соответствовать формированию суммы активных температур, существенно отстающей от уровня нормы.

Для региона характерны также особенности осенне-зимних периодов, способные резко ухудшать переживание древесными растениями периода покоя. Среди них перечислим наблюдаемые в наших условиях в отдельные годы:

- поздний осенний дефицит влаги, который затрудняет подготовку растений к зимовке и усугубляет риск повреждений низкими температурами при наступлении морозной погоды при иссушенной почве, без снегового покрова;
- экстремально низкие зимние температуры в различные месяцы, особенно в конце зимы;
- затяжные сильные оттепели, которые могут приводить к сходу снегового покрова в середине зимы и следующие за этим резкие понижения температур.

Протекание весеннего сезона может затрудняться возвратом холодов, ранним наступлением высоких температур при дефиците, либо, напротив, избыточно длительным поддержанием прохладной погоды. Эти негативные факторы становятся особо значимыми в годы с неблагоприятными условиями зимовки растений. При этом повреждения в период зимовки усугубляются невозможностью восстановления или дополнительными весенними повреждениями (Кавеленова, 2011).

Наше исследование проводилось в течение нескольких вегетационных периодов, которые имели свои особенности в отношении количества осадков и отличались различным температурным режимом.

Вегетационный период 2012 г. характеризовался значительным объемом выпавших осадков, дефицита влаги практически не наблюдалось, обильное выпадение осадков в осенний период способствовало полноценной подготовке растений к перезимовке.

В 2013 г. жаркая погода весной способствовала быстрому прохождению начальных фаз вегетации, позднее развитие растений затруднил июньский дефицит влаги, обильное выпадение осадков в августе–сентябре и длительное сохранение положительных температур способствовали затягиванию завершения вегетационного периода.

Прохладная затяжная весна 2014 г. сменилась летним периодом с заметной выраженностью влагодефицита в июле и особо засушливой осенью, когда в сентябре практически не выпадало осадков. Эти различия погодных

условий не могли не отразиться на оценивавшихся нами показателях фитомассы. Мы учитывали их, сопоставляя показатели листовой массы изучавшихся объектов для различных лет. В дальнейшем, сравнивая показатели для различных лет исследований, мы условно оценивали вегетационный период 2012 г. как наиболее благоприятный, а 2013 и 2014 гг. – периоды с различной выраженностью стрессовых условий для древесных растений.

Объектами нашего исследования были сорта груш, созданные селекционерами плодовых культур Самарской области и проходящие сортоизучение в НИИ «Жигулевские сады»: Александра, Болеро, Волшебница, Галиана, Жигулинка, Журавлинка, Краса Жигулей, Кристина, Лакомка, Лебедушка, Осенняя крупная, Ранняя, Румяная Кедрина, Самарская Жемчужина (Зимняя), Самарская красавица, Самарянка, Скромница, Средневожская, Усолка, Чижовская, Маршал Жуков, Воложка, Герда, Даренка. Листья отбирались ежемесячно с июня по сентябрь в вегетационные периоды 2012, 2013 и 2014 гг., помещались в отдельные для каждого сорта пластиковые пакеты, снабженные этикетками, и немедленно передавались для последующего лабораторного изучения. В лаборатории методом повторного взвешивания определялись такие показатели как суточные потери, общая оводненность и водоудерживающая способность листьев. После получения первичных данных и проведения их статистической обработки были составлены иллюстрирующие полученные результаты диаграммы (рис. 1, 2).

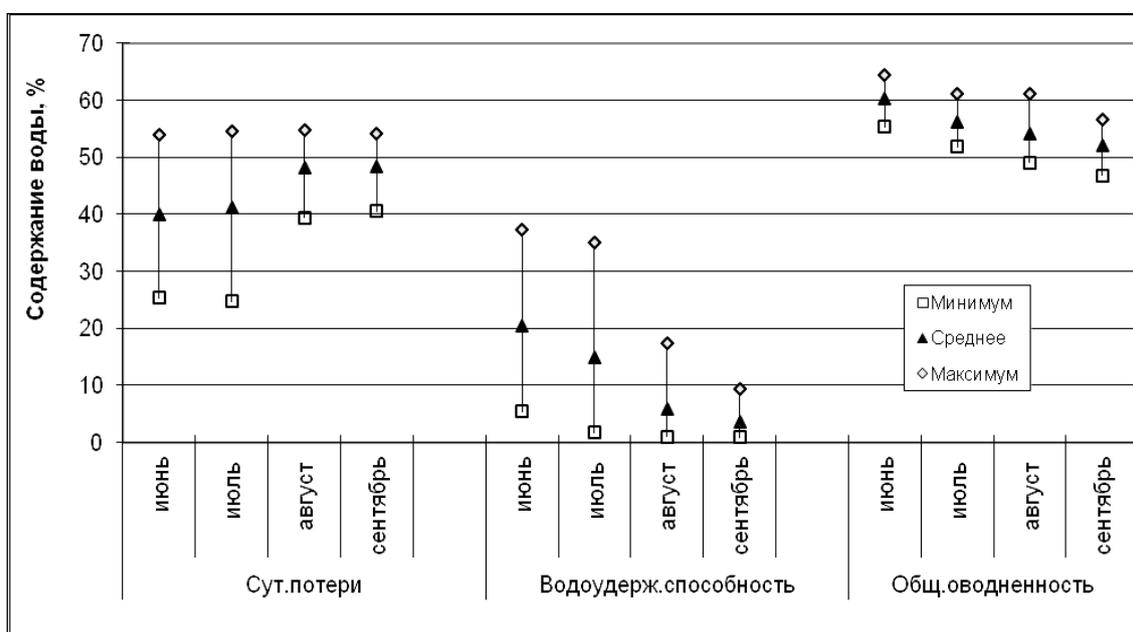


Рис. 1. Средние показатели суточных потерь, водоудерживающей способности, и общей оводненности листьев груш за вегетационные периоды 2012–2014 гг.

Предметом нашего исследования было сравнение трех показателей водного режима (суточные потери, общая оводненность, водоудерживающая способность) за все три вегетационных периода. Было выявлено, что общая оводненность листовых пластинок от июня к сентябрю слабо уменьшилась

при сравнительно небольшом диапазоне изменчивости признака в группе анализируемых сортов. Суточные потери воды листьями у различных сортов возрастали от июня к сентябрю, но диапазон варьирования показателя у разных сортов при этом сокращался. Водоудерживающая способность листьев, напротив, снижалась от июня к сентябрю, при этом варьирование между сортами также уменьшалось. Данное изменение можно объяснить старением листьев к осеннему периоду и меньшей способностью накапливать и удерживать влагу. Повышенная изменчивость значений водоудерживающей способности и суточных потерь воды в июне и июле, как мы считаем, объясняется наличием в анализируемой группе сортов груши, различных по срокам созревания плодов. Вероятно, достижение зрелого метаболического состояния и способность листьев адаптироваться к особенностям погоды у этих сортов также неодинаковы.

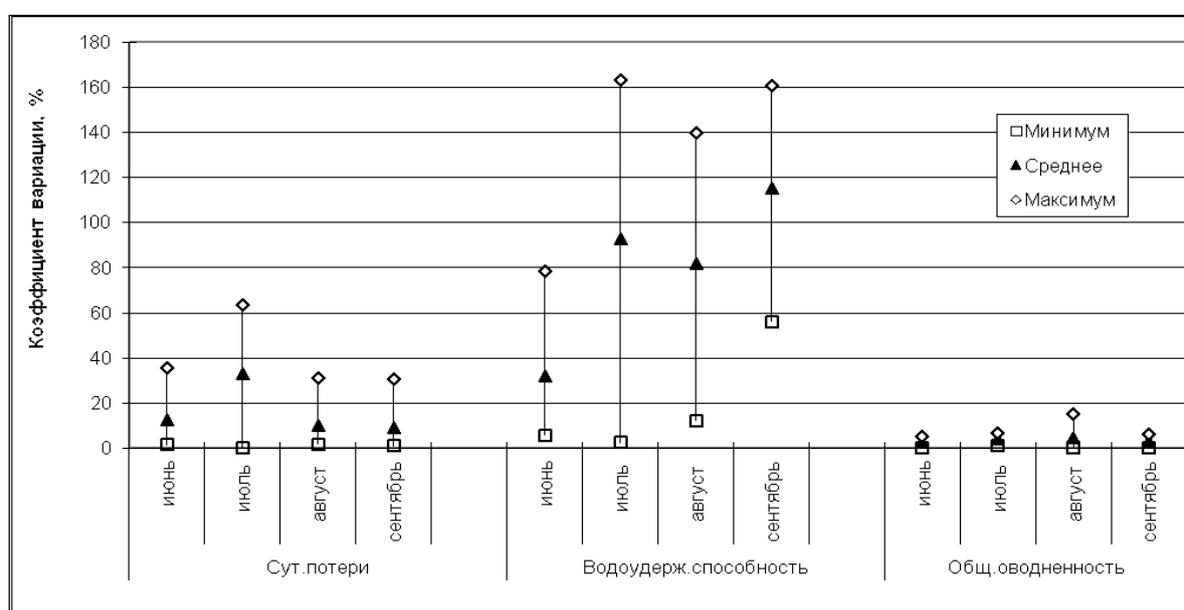


Рис. 2. Средние значения коэффициента вариации для показателей суточных потерь, водоудерживающей способности, и общей оводненности листьев груш за вегетационные периоды 2012–2014 гг.

Исследуя коэффициент вариации всех трех показателей (рис. 2), мы можем отметить наименьший уровень изменчивости у значений общей оводненности (ниже 20%), что соответствует нормальной изменчивости признака. Суточные потери воды листьями имели средний уровень значений коэффициента вариации. Что касается показателя водоудерживающей способности, он довольно сильно варьировал в течение всего вегетационного периода, на максимальном уровне – с июля по сентябрь, что может быть связано с различным характером реакции зрелых листьев изучавшихся сортов на изменчивые погодные условия вегетационных периодов 2012–2014 гг.

Практическим выводом из нашей работы может быть то, что снижение водоудерживающей способности у зрелых листьев груши демонстрирует ее повышающуюся уязвимость к воздействию засушливых условий в конце пе-

риода вегетации. При наступлении подобных неблагоприятных условий деревьям потребуется дополнительный полив для успешного формирования урожая и подготовки к перезимовке.

Литература

Кавеленова Л. М. К особенностям экологических условий произрастания плодовых культур в Среднем Поволжье (на примере Самарской области) // Проблемы садоводства в Среднем Поволжье. Самара, 2011. С. 109–116.

Розно С. А., Кавеленова Л. М. Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья. Самара: Издательство: Самарский университет, 2007. 228 с.

Слейчер Р. Водный режим растений. М.: Мир, 1970. 356 с.

Смирнов Ю. В., Киреева Ю. В., Розно С. А., Кавеленова Л. М. К особенностям водного режима листьев древесных растений в городских и пригородных насаждениях в лесостепи // Экология фундаментальная и прикладная. Матер. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2005. С. 314–315.

Таренков В. А., Иванова Л. Н. Вододерживающая способность листьев боярышников в связи с устойчивостью к засухе // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. Куйбышев, 1990. С. 3–9.

Таренков В. А., Таренкова З. Г. Общая оводненность – важный показатель водообмена растений // Интродукция, акклиматизация, охрана и использование растений. Куйбышев, 1985. С. 18–23.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКООБРАЗНОГО ПРЕПАРАТА ЯГЕЛЯ (*CLADONIA RANGIFERINA* L.) ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

*М. В. Лукьянова*¹, *Н. В. Верховцева*¹, *Е. Б. Пашкевич*¹, *В. В. Аньшакова*²

¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,

²Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова,

marina.ostraeva@gmail.com, verh48@list.ru, pashkevich05@list.ru

anshakova_v@mail.ru

В настоящее время актуальной и практически значимой идеей является разработка альтернативных путей повышения устойчивости культурных растений к фитопатогенной инфекции без потери их качества. Не менее важной проблемой является насыщение кормовой базы, а через неё и пищевой цепочки физиологически активными соединениями, которые имеют лекарственный эффект на организм животных и человека. К таким соединениям относятся лишайниковые кислоты – группа вторичных метаболитов лишайников, природных соединений, которые не встречаются у других групп организмов. Всего известно около 800 соединений лишайниковых веществ (Cocchietto et al., 2002). Наиболее хорошо среди них изучена усниновая кислота (Дембицкий, 2005), которая в достаточно высокой концентрации (1,6–1,7%) содержится в талломах лишайника. Самое интересное и значимое свойство усниновой кислоты её антибиотическая активность (Cocchietto et al., 2002). В настоящее время налажено производство ряда пищевых биологически активных

добавок («Ягель», «Ягель-ДЕТОХ»), применение которых позволяет получить продукты повышенного срока хранения при заготовке, переработке и доведении до потребителя, кроме того оказывает оздоровительный эффект (Аньшакова, 2013; Кершенгольц и др., 2010). Таким образом, лишайниковые вещества интересны как с медицинской точки зрения, так и в фитопатологии. В первом названном направлении исследования проводятся достаточно активно (Аньшакова, 2015), второе направление менее разработано (Фандеева, 2014). Это связано с неразработанностью методики применения препаратов лишайников для повышения устойчивости растений к фитоинфекции. Существенным положением, которое препятствует такому продвижению работ в этом направлении, является то, что как считается, лишайниковые кислоты оказывают тормозящее действие на прорастание семян и развитие проростков (Федоров, 1977). Механизм этого торможения не описан, а также нет данных о том, какие именно растения ему подвергаются на стадиях прорастания и развития.

Цель работы – оценить влияние опудривания семян ячменя (*Hordeum vulgare* L.) и редиса (*Raphanus sativus* L.) ягелем порошкообразным ультрадисперсным. В своем исследовании мы искали ответ на вопрос: оказывает ли опудривание порошкообразным ягелем угнетающий эффект на развитие семян культурных растений – зерновых и овощных.

Экспериментальная часть. В качестве объектов исследования были выбраны две культуры: ячмень сорта Михайловский (*Hordeum vulgare* L.) и редис сорта Заря (*Raphanus sativus* L.).

Для опудривания семян использовали препарат «Ягель-ДЕТОХ» – ультрадисперсный порошок механообработанного лишайника *Cladonia rangiferina* L. (Аньшакова, 2013). Опудривание производили в дозе 5 г препарата на 1 кг семян непосредственно перед началом эксперимента.

Для определения всхожести и энергии прорастания отбирали четыре пробы по 100 семян в каждой серии для контрольного и обработанного вариантов опыта. Проращивание производили в пластиковых планшетах для проращивания семян размером 20×20 см на подложке из фильтровальной бумаги (рис.). Условия проращивания: температура 20 °С, без освещения, свободный доступ кислорода, поддержка влажности (проверяли состояние увлажненности ложа 2 раза в сутки, при необходимости смачивали дистиллированной водой, не допуская переувлажнения) (Межгосударственный стандарт, 1996).

Энергию прорастания определяли как отношение количества проросших семян на третьи сутки (в %), умноженного на количество суток, к количеству семян (в %), проросших на седьмые сутки для ячменя и шестые сутки для редиса. Всхожесть определяли на седьмые и шестые сутки, соответственно для ячменя и редиса. Кроме того, были измерены длины корня и побега, а также масса растений. Каждая выборка составляла по 400 семян в каждой серии.

Для обработки данных использовали программы STATISTICA 10 и SigmaPlot 11.0.

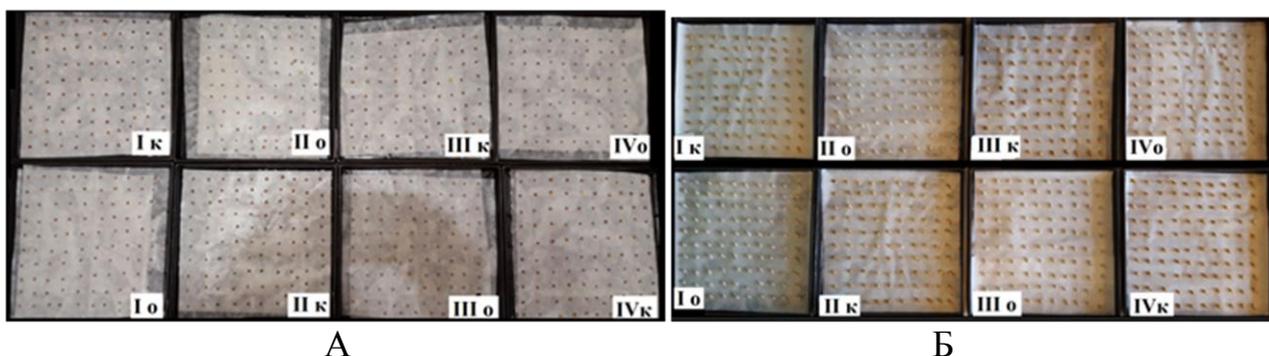


Рис. Пластиковые планшеты для проращивания семян:
А – редиса, Б – ячменя

Исследования показали, что эффект опудривания семян ячменя порошком ягеля выражается в незначительном угнетении их развития. Опудривание редиса показало ту же тенденцию к незначительному подавлению развития растений, что выражалось в уменьшенной по сравнению с контрольным вариантом опыта длиной побега и биомассой редиса. Энергия прорастания семян редиса оставалась без изменения (табл.). Всхожесть ячменя и редиса при опудривании по сравнению с контролем не изменилась. Воздействие ягеля на семена редиса проявилось в меньшей степени, чем на зерна ячменя, как по показателю длины корней и побегов, так и по показателю энергии прорастания. По-видимому, это связано с разным биохимическим составом семян зерновых и овощных культур, субстратом для дыхания прорастающего семени и соответствующим развитием корней и побегов. Однако все отмеченные отклонения в ростовых характеристиках тестируемых растений статистически неразличимы.

Таблица

Определение ростовых характеристик развития *Hordeum vulgare* и *Raphanus sativus* при обработке семян порошком механообработанного лишайника *Cladonia rangiferina*

Вариант опыта	Длина корня, мм		Длина побега, мм		Энергия прорастания, сут		Всхожесть, %		Масса, г	
	среднее	ст. откл.	среднее	ст. откл.	среднее	ст. откл.	среднее	ст. откл.	среднее	ст. откл.
Ячмень контроль	57,10	6,74	49,31	4,64	3,0	0,11	95,25	3,5	16,92	1,81
Ячмень опудренный	51,45	4,49	47,90	3,77	2,0	1,02	95,75	1,50	15,65	1,46
Редис контроль	71,77	3,66	59,98	4,89	2,9	0,00	98,00	1,29	15,90	3,03
Редис опудренный	73,85	4,15	54,68	5,59	2,9	0,00	98,00	0,82	14,28	1,09

Так, сравнение двух выборок для ячменя и для редиса (опудренный и контроль) с помощью t-критерия Стьюдента показало, что наблюдаемые различия между средними значениями сравниваемых выборок являются случайными и не вызваны эффектом опудривания семян (табл.). Поэтому, для того, чтобы получить полную информацию о воздействии порошка ягеля при опудривании семян сельскохозяйственных культур, необходимы дальнейшие исследования с доведением культур до полного физиологического развития.

Таким образом, наши исследования показали, что опудривание порошкообразным ягелем семян зерновых и овощных растений не оказывает угнетающего эффекта на развитие растений. Однако, кроме биотестирования по влиянию обработки ягелем на фазу прорастивания, требуются дальнейшие исследования по фазам развития растений.

Литература

Аньшакова В. В., Комплексные препараты на основе возобновляемого природного сырья Республики Саха (Якутия): промышленная технология и эффективность применения. Дис. ... канд. наук, 2015. 252 с.

Аньшакова В. В., Биотехнологическая механохимическая переработка Лишайников рода *Cladonia*. М., 2013. 116 с.

Жизнь растений. Т. 3. Водоросли. Лишайники / Под ред. А. А. Федорова. М.: Просвещение, 1977. 487 с.

Дембицкий В. М., Толстиков Г. А. Органические метаболиты лишайников. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. 135 с.

Кершенгольц Б. М., Журавская А. Н., Хлебный Е. С., Шеин А. А., Филиппова Г. В., Шашурин М. М., Аньшакова В. В. Биопрепараты из природного арктического биосырья в сохранении здоровья населения в условиях изменений климата (обзор) // Экология человека. 2010. № 3. С. 8–15.

Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. 1996. 41 с.

Фандеева Я. Д., Щегорец О. В. Использование природных биоресурсов для повышения урожайности картофеля в условиях крайнего севера Дальневосточного региона // Дальневосточный аграрный вестник. 2014. № 2 (30). С. 27–32.

Cocchietto M., Skert N., Nimis P. L., Sava G. A review on usnic acid, an interesting natural compound // Naturwissenschaften. 2002. Vol. 89. P. 137–146.

ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВОЙ МАССЫ ФЕСТУЛОЛИУМА В ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ С КЛЕВЕРОМ ЛУГОВЫМ

А. П. Кислицына^{1,2}, В. А. Фигурин¹

¹ НИИСХ Северо-Востока, niish-SV@mail.ru

² ФГБОУ ВО Вятская ГСХА

В связи с глобальным потеплением климата в начале вегетационного периода во многих регионах северо-востока Европейской части России, в том числе в Кировской области, увеличилась частота засух: атмосферных, почвенных или атмосферных и почвенных одновременно. Соответственно, воз-

ника необходимость введения в кормовые травостой засухоустойчивых видов растений. В последние годы распространение в производстве получил межвидовой гибрид фестулолиум (*Festulolium F.*), который отличается высокой урожайностью, зимостойкостью, засухоустойчивостью, способностью к быстрому отрастанию, повышенному содержанию сахаров и переваримостью органических веществ.

Цель исследований – определить продуктивность и питательную ценность кормовой массы культуры фестулолиум в одновидовых и смешанных посевах с сортами клевера лугового разных сроков созревания.

Для создания экспериментальных травостоев был выбран районированный в области сорт Синта, из клеверов – позднеспелый сорт клевера Кировский 159 (стандарт), раннеспелый сорт Кретуновский, из злаковых трав – традиционная культура для посева с клеверами тимофеевка луговая, сорт Ленинградская 204.

Исследования проводились в полевом опыте, заложенном в 2012 г. на опытном поле НИИСХ Северо-Востока.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднесуглинистая, с повышенным содержанием фосфора и средним калия, реакция почвенной среды – среднекислая.

Результаты эксперимента представлены в таблице.

Таблица

Продуктивность фестулолиума в одновидовом и смешанных агрофитоценозах с клевером луговым (1-я закладка)

Варианты опыта	1 год пользования		2 год пользования		В сумме за 2 года	
	С.В, т/га	ОЭ, Гдж/га	С.В, т/га	ОЭ, Гдж/га	С.В. т/га	ОЭ, Гдж/кг
Тимофеевка луговая, N ₀	4,4	41,5	1,25	12,9	5,65	54,4
Фестулолиум, N ₀	2,1	19,8	1,98	18,66	4,08	38,46
Фестулолиум, N ₄₅	5,1	50,9	2,79	27,95	7,89	78,85
Клевер луговой Кретуновский	7,3	75,4	6,06	65,37	13,36	140,77
Клевер Кетуновский +timoфеевка	7,8	78,2	5,73	59,96	13,53	138,16
Клевер Кретуновский +фестулолиум	7,7	80,5	5,77	60,39	13,47	140,89
Клевер луговой Кировский 159	8,5	87,3	5,11	53,9	13,61	141,2
Клевер Кировский 159+ тимофеевка	7,7	77,9	5,18	54,3	12,88	132,2
Клевер Кировский 159+ фестулолиум	8,1	82,3	4,97	49,6	13,07	131,9
НСР ₀₅	0,99		0,96		1,39	

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования культуры фестулолиум для посева в смеси с раннеспелыми и позднеспелыми сортами клевера.

По выходу обменной энергии (ОЭ) с одного гектара в первый год использования все травосмеси с клевером луговым обоих сортов превосходили запланированные показатели (60–65 ГДж/га), во второй – только одновидовые посевы клевера.

В экстремальных погодных условиях (недостаточная влагообеспеченность) по сбору сухого вещества за два года хозяйственного использования травосмеси клевера лугового с фестулолиумом не уступали смешанным посевам клевера с тимофеевкой луговой.

СЕКЦИЯ 6

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ И МЕХАНИЗМЫ ИХ АДАПТАЦИИ К СРЕДЕ ОБИТАНИЯ

ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА РАЗМЕРНЫЕ ПРИЗНАКИ ЖУЖЕЛИЦ

А. Р. Гараева, Р. А. Суходольская

*Институт проблем экологии и недропользования АН Республики Татарстан,
albina.garaeva2010@mail.ru*

Большая половина населения Земли проживает в городах, развитие общества характеризуется повышенными темпами урбанизации. Антропогенно трансформированные территории преобладают над нетронутыми территориями. Это вынуждает виды приспосабливаться к чрезвычайно динамичным, новым в эволюционном отношении условиям урбанизированной окружающей среды.

Урбанизация – процесс, полностью изменяющий окружающую среду. Постройка зданий, прокладка улиц, коммуникаций в городах приводит к уничтожению природной среды (почвенного и растительного покрова, животного населения), нарушает водный режим. Последствия воздействия человека на окружающую его среду наблюдаются повсеместно, особенно на территориях, плотно населенных человеком – крупных промышленных мегаполисах.

В настоящее время проблемы экологического контроля состояния среды, особенно урбоценозов, привлекают все большее внимание ученых разных стран (Vennetal., 2003; Lindenmayer, Likens, 2009). Новой средой обитания животных, являются города, где биоценозы представлены островными структурами (Колесникова, Мольков, 2008). На животных с малыми миграционными способностями особенно сказывается такая фрагментация мест обитания. Жуки-жужелицы (Coleoptera, Carabidae) чутко реагируют на антропогенные воздействия изменением структуры сообществ, сменой видов доминантов, снижением обилия, они давно включены в число видов биоиндикаторов антропогенного воздействия (Автаева, 2006; Богданов, Хабибуллина, 2008). В условиях антропогенной нагрузки происходит перестройка функциональной структуры сообществ, направленная на снижение доли крупных зоофагов (специализированные хищники) и возрастание ее у мелких зоофагов, что может быть использовано в качестве критерия степени нарушения природной среды. Но мало работ, посвященных исследованиям внутривидовой изменчивости размеров жужелиц. Поэтому, целью нашего исследования было – оценить изменчивость жужелиц *Pseudoophonus rufipes* (Carabidae, Coleoptera) по

шести мерным признакам в популяциях, обитающих в городе и естественном биотопе.

Материал был получен из четырех точек Республики Башкортостан: г. Нефтекамск (центр; окраина) и садоводческое товарищество «Белая поляна» (поле; огород) Краснокамского района.

В Нефтекамске жужелицы собирались в Центральном парке культуры и отдыха, а также на окраине города вблизи Николо-Березовского шоссе. В садоводческом товариществе жуки собирались в саду, а также в поле, неподалеку от озера.

В каждом биотопе, в общей сложности, было по 10 ловушек. Проверка ловушек проводилась не чаще, чем через 5 суток. Общее количество собранного материала составляет 856 особей разного вида жужелиц. Учёты относятся к периоду с 20 июня по 26 августа 2016г.

Жуки собирались с помощью почвенных ловушек Барбера. Основное положительное качество ловушек – это автоматичность лова и возможность применения в течение продолжительного времени во многих биотопах одновременно. Для определения распределения ловушки ставились в линию на расстоянии приблизительно 10 м друг от друга.

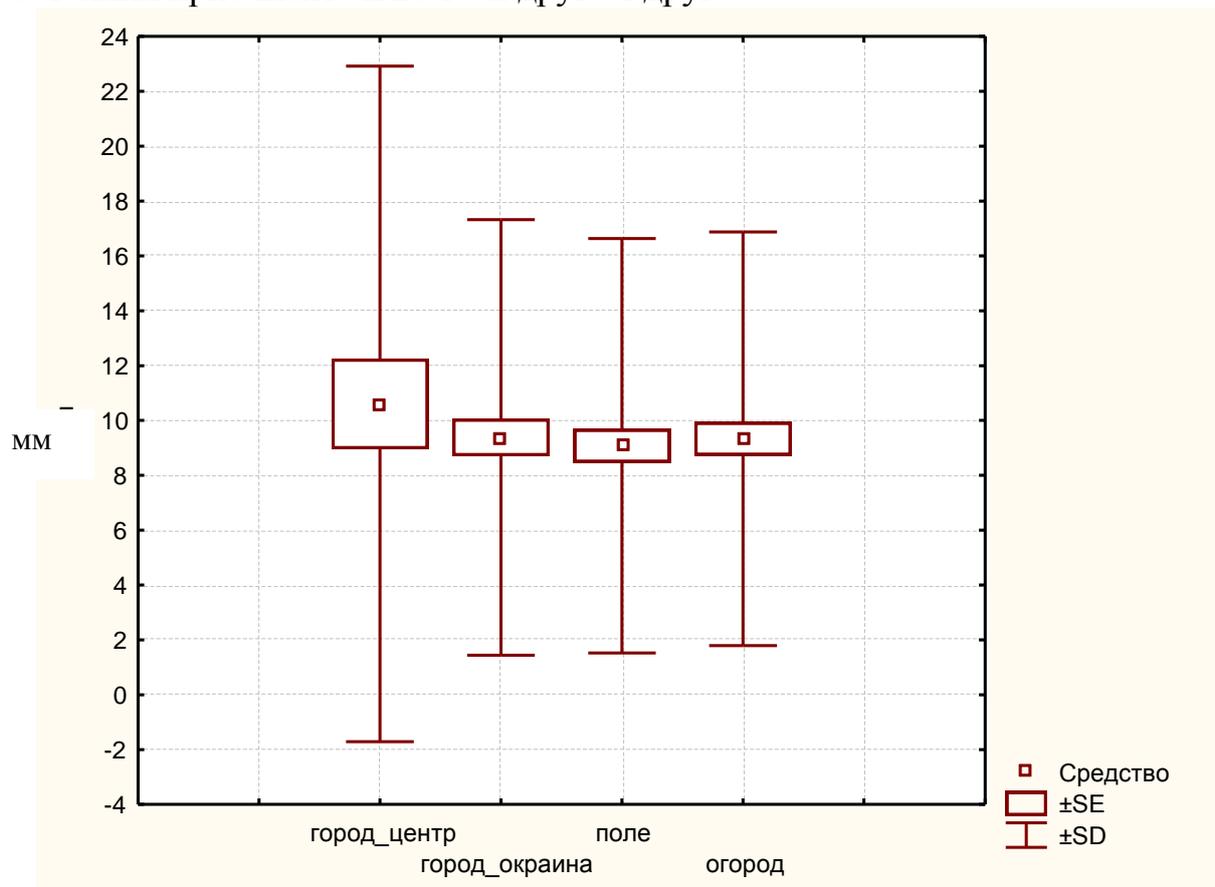
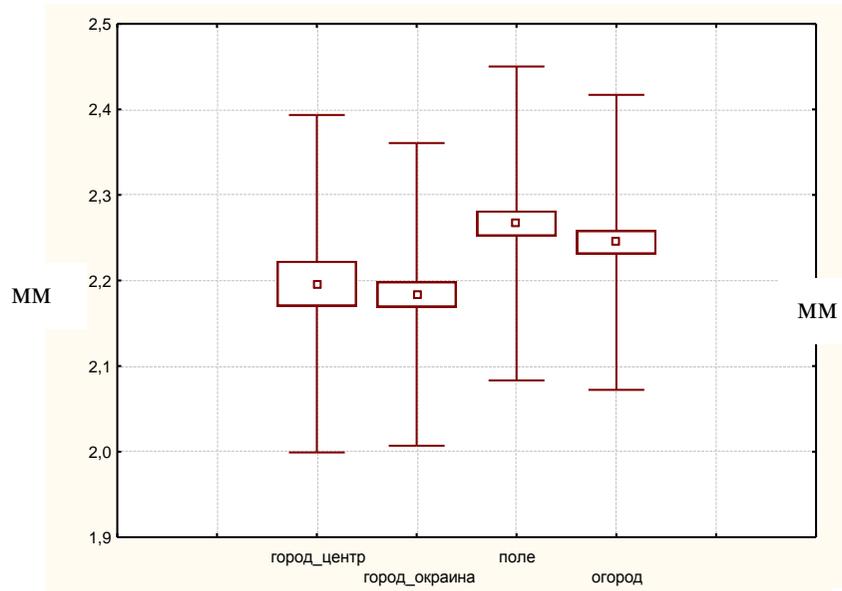
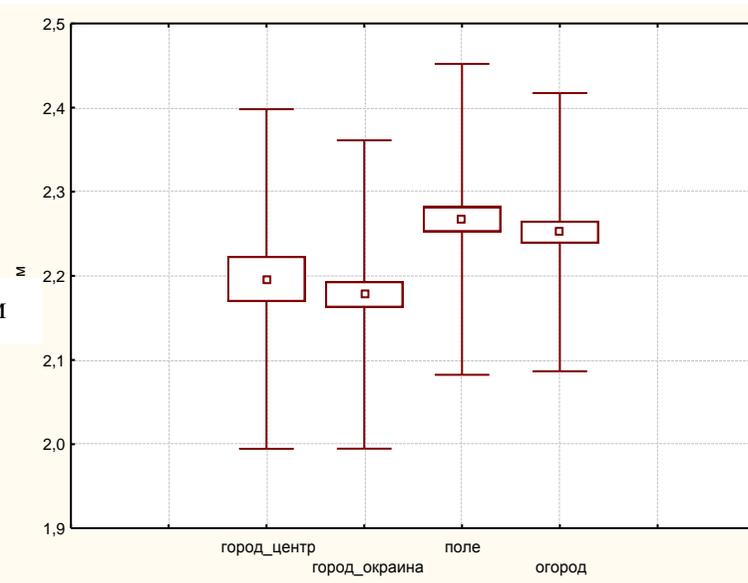


Рис. 1. Длина надкрылий в популяциях *Ps. rufipes*.

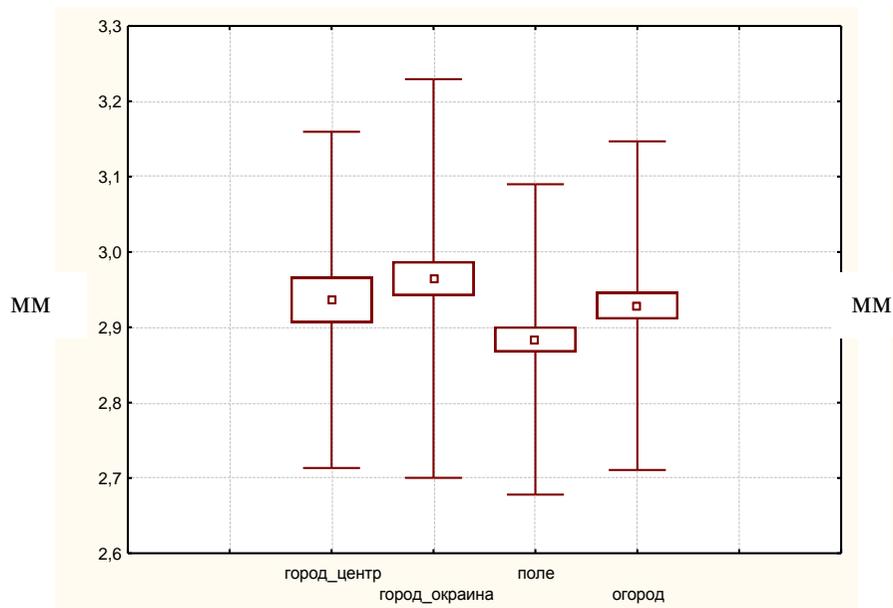
Здесь и далее приняты следующие обозначения: \square – среднее, \square – стандартная ошибка, — – стандартное отклонение.



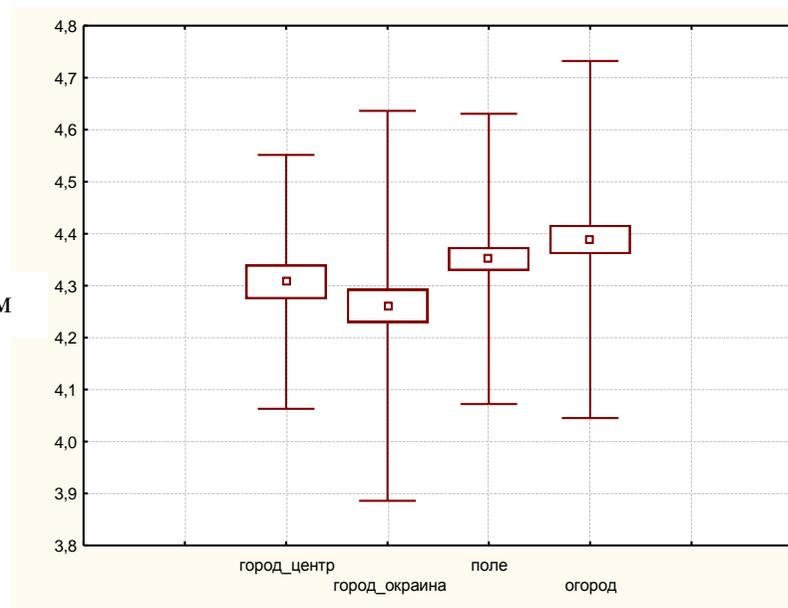
Ширина левого надкрылья



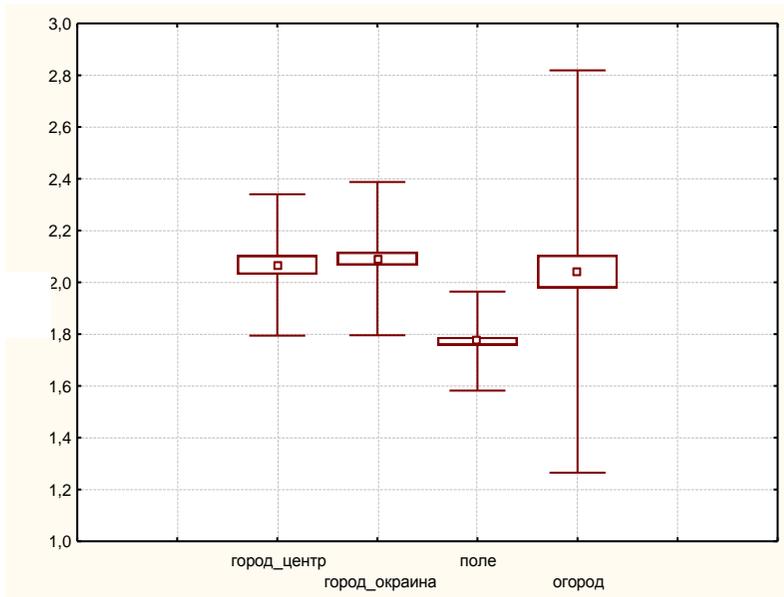
Ширина правого надкрылья



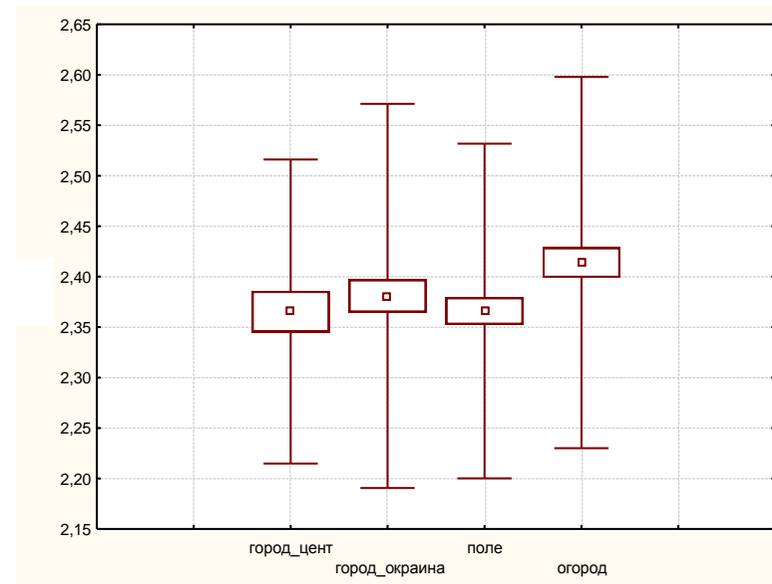
Длина переднеспинки



Ширина переднеспинки



Длина головы



Расстояние между глазами

Рис. 2. Морфометрические признаки жужелиц в популяции *Ps. rufipes* по 6-ти мерным признакам

Содержимое ловушек перемещалось в ёмкость со спиртом или ацетоном, для усыпления. После, жуки перемещались на ватные матрасики. После того, как была определена видовая принадлежности, отобрали жуков изучаемого вида. Жуков дифференцировали по полу по ширине члеников передней лапки. Затем под биноклем МБС-9 при увеличении (8·10) с помощью окуляр-микрометра проводили индивидуальный обмер 6 мерных признаков:

А – длина надкрылий – расстояние по шву от середины бортика до вершины;

Б – ширина левого надкрылья – расстояние между плечевым углом левого надкрылья до середины бортика;

В – ширина правого надкрылья – расстояние между плечевым углом правого надкрылья до середины бортика;

Г – длина переднеспинки – расстояние по средней линии от основания до вершины;

Д – ширина переднеспинки – ширина основания;

Е – длина головы – расстояние от шеи до верхней губы;

Ж – расстояние между глазами.

Все данные приведены в единицах мерной линейки стандартного окуляр-микрометра. Статистическая обработка материала проведена в программах Microsoft Excel-97 и Statistica 6.0.

В ходе морфометрических промеров, были получены результаты, представленные на рис. 1, 2.

Как видно из приведенных данных, значимых различий в размерах мерных признаков между популяциями *Ps. rufipes*, обитающих в городе и за городом нет. Наблюдается тенденция, что жуки в центре города по длине надкрылий больше, чем на окраине, также расстояние между глазами у жуков в огороде больше, чем в поле и в городе.

Более ранними работами было показано, что в зоне города и пригорода жуки самые мелкие и имеют меньшие коэффициенты вариации. Самые крупные особи обитают в агроценозах, но изменчивость их ниже, чем в других зонах. По-видимому, на жуков в исследованных зонах действует антропогенный пресс, который в агроценозах имеет несколько меньшую силу (Суходольская и др., 2008). По направлению к центру города жуки становятся меньше, но в нашем исследовании наблюдается обратная тенденция.

Литература

Автаева Т. А. Влияние разных типов загрязнения почв на структуру населения жуков-жужелиц в условиях города Грозного: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2006. 26 с.

Богданов А. В., Хабибуллина Н. Р. Мезофауна почв г. Казани // Урбоэкология: проблемы, перспективы развития. Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Ишим, 2008. С. 165–167.

Колесникова А. А., Мольков О. И. Почвенные беспозвоночные в городской среде // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2008. № 12 (134). С. 16–20.

Суходольская Р. А., Тимофеева Г. А., Хабибуллина Н. Р. Биоценотические и популяционные показатели почвенной мезофауны г. Казани // Урбоэкология: проблемы и перспективы развития. Матер. III междунар. науч.-практ. конф. Ишим, 2008. С. 2–4.

Lindenmayer D. V., Likens G. E. Adaptive monitoring: a new paradigm for long – term research and monitoring // Trends of ecology and evolution. 2009. Vol. 24. Is. 9. P. 482–486.

Venn S. J., Kotze D. J., Niemela J. Urbanization effects on carabid diversity in boreal forests // European Journal of Entomology. 2003. Vol. 100. P. 73–80.

ПАРАЗИТОФАУНА ГОЛЬЯНА *RHOXINUS RHOXINUS* (LINNAEUS, 1758) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОТОКА НЕФТЬЮ

Г. Н. Доровских, В. Г. Степанов

*Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
dorovskg@mail.ru, vgstepanov@rambler.ru*

Осенью 1994 г. на участке нефтепровода «Возей – Головные Сооружения» на территории Усинского р-на Республики Коми произошла крупная авария, связанная с утечкой нефти, приведшая к загрязнению нижних 80-ти км русла р. Колвы. Это вызвало серьезные изменения среды обитания рыб и водных беспозвоночных. В 1995–1998 гг. была изучена первичная реакция рыбного населения и водных беспозвоночных на загрязнение поверхностных вод, в 2005–2007 гг. – выяснен ответ сообществ водных организмов на мероприятия по ликвидации основных очагов загрязнений (Сообщества ..., 2011). Однако реакция паразитов рыб на загрязнение водотока нефтью осталась за рамками проведенных работ.

Цель исследования – рассмотреть особенности паразитофауны гольяна из участков водотока, имеющих разную степень загрязнения нефтью.

Сбор материала произведен по общепринятой методике в июне 1992 г. и июле 1996 г. из 5 участков русла р. Колвы, относящейся к бассейну р. Усы. Участок «Водозабор» самый верхний экологически чистый район, расположен на 1 км выше пос. Харьягинский; участок русла реки напротив названного поселка, загрязняется коммунальными стоками; русло в районе устья ручья Синашор, расположенное на 5 км ниже по течению, имеет небольшое нефтяное загрязнение; в 130 км ниже по течению в районе устья ручья № 5 отмечено умеренное нефтяное загрязнение; на 48 км от устья р. Колвы в нее впадает ручей Безымянный, по которому нефть и сопутствующие поллютанты проникли в ее магистральное русло.

Всего у гольяна из р. Колвы нашли 24 вида паразитов (таблица). Их число у рыбы из разных участков водотока колеблется от 9 до 16 видов. Наибольшее число видов паразитов обнаружено у хозяина из самого верхнего, экологически благополучного, участка реки и из района устья ручья синашор, где имеется небольшое нефтяное загрязнение. У гольяна из всех обследованных участков реки найдены *Muxobolus lomi*, *Gyrodactylus aphyae*, *Diplostomum phoxini*, *Rhipidocotyle campanula*, *Argulus coregoni*, возможно, образующие ядро его паразитофауны. В 4-х пунктах зарегистрированы *Thelohanellus oculileucisci*, *Dactylogyrus borealis*, *G. macronychus*, *Raphidascaaris acus*. В 3-х

пунктах присутствует *g. Laevis* и *Neoechinorhynchus rutili*. Остальные виды отмечены в одном двух пунктах.

Обеднение паразитофауны наблюдается в направлении от верхних участков реки к нижним. В наиболее загрязненных нижних пунктах уменьшается число специфичных для гольяна видов паразитов (виды паразитов, встречающиеся только у рыб одного вида, рода или даже семейства), возрастает доля видов, активно заражающих хозяина. Наибольшая представленность метацеркариев *D. phoxini* и *R. campanula* отмечена в составе паразитофауны этого вида рыб в районе устья ручья № 5.

У гольяна из районов устьев ручьев № 5 и Безымянный, т. е. в наиболее загрязненных участках водотока, в полости тела и стекловидном теле глаза найдены развитые особи *R. campanula*. Эти черви были без цист. Размеры найденных особей совпадают с размерами взрослых трематод (Определитель..., 1987). Эти гельминты в норме паразитируют у гольяна на стадии метацеркария. Наблюдаемое явление, возможно, говорит о сокращении в указанном районе численности хищных рыб, которые служат окончательным хозяином для этой двуустки. Метацеркарии, долго находясь в промежуточном хозяине, практически достигают зрелости. Видимо, имеет место явление прогенеза. Подобное иногда наблюдают у паразитов, находящихся в крупных недоступных хищникам рыбах.

Воздействие нефти сказалось не только на паразитах, паразитофауне, но и на состоянии организма гольяна.

У рыбы из района устья ручья Синашор, где отмечено небольшое нефтяное загрязнение, наблюдали усиление отделения кожными покровами слизи, а у 4.4% обследованных рыб из участка реки напротив устья ручья № 5 имелись поражения кожных покровов в виде овальных язв с ровными краями. Ранки располагались в области брюшных плавников, имели размеры 2.3x3.3 мм, глубину до 0.5 мм. Ранки кровоточили. Происходил лизис эпителиальных и мышечных тканей, из язв виднелись концы ребер. У других экземпляров гольяна имелись разрастания кожных покровов в виде шаровидных образований в области анального плавника.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о нарушении гидробиоценоза р. Колвы в нижнем участке проведения работ.

В направлении от верхних, экологически благополучных, отрезков водотока к нижним, наиболее загрязненным, отмечено обеднение видового состава паразитофауны гольяна, при сохранении ядра видов, уменьшение числа специфичных паразитов, увеличение доли видов активно заражающих хозяина.

Таблица

Паразитофауна гольяна из р. Колва

Вид паразита	Водозабор 26.07.1996 n = 29	Пос. Харьягинский 27.06.1992 n = 80	Синашор 29.07.1996 n = 31	№ 5 21.07.1996 n = 68	Безымянный 22.07.1996 n = 30
<i>Thelohanellus oculileucisci</i> (Trojan, 1909)	6(19,3)	21(4,0)	13(18,0)	-	10(6,3)
<i>T. pyriformis</i> (Thelohan, 1892)	3(2,6)	-	-	-	-
<i>Myxidium macrocapsulare</i> Auerbach, 1910	-	1(0,2)	-	-	-
<i>Myxobolus lomi</i> Donec et Kulakowskaja, 1962*	3(2,0)	8(0,4)	3(0,4)	6(2,4)	4(0,7)
<i>M. muelleri</i> Butschli, 1882	3(0,2)	-	-	-	-
<i>M. musculi</i> Keysselitz, 1908	-	-	1(0,4)	2(0,6)	-
<i>Dactylogyrus borealis</i> Nybelin, 1936*	-	3(0,1)	3(0,2)	6(0,4)	6(0,8)
<i>Pellucidhaptor merus</i> (Zaika, 1961)*	1(0,1)	-	-	2(0,03)	-
<i>Gyrodactylus aphyae</i> Malmberg, 1957*	2(0,1)	8(0,3)	2(0,1)	6(0,1)	5(0,2)
<i>G. macronychus</i> Malmberg, 1957*	2(0,13)	2(0,10)	1(0,1)	-	4(0,1)
<i>G. laevis</i> Malmberg, 1957*	1(0,04)	-	3(0,2)	-	-
<i>G. limneus</i> Malmberg, 1964*	1(0,04)	3(0,2)	1(0,03)	-	-
<i>G. pannonicus</i> Molnar, 1968*	-	1(0,04)	-	-	-
<i>G. magnificus</i> Malmberg, 1957*	-	-	4(0,3)	1(0,02)	-
<i>Diplostomum phoxini</i> Faust, 1918 larvae*	15(15,0)	40(3,8)	12(9,6)	15(11,4)	15(10,5)
<i>Rhipidocotyle campanula</i> (Dujardin, 1845) larvae	12(3,6)	42(13,0)	15(4,5)	12(4,8)	15(5,3)
<i>Phyllodistomum folium</i> (Olbers, 1926)	-	2(3,0)	1(0,07)	-	-
<i>P. elongatum</i> Nybelin, 1926	3(0,2)	-	-	-	-
<i>Allocreadium isoporum</i> (Olbers, 1926)	3(0,4)	-	-	-	-
<i>Rhabdochona phoxini</i> Moravec, 1968	7(3,0)	-	2(0,07)	-	-
<i>Raphidascaris acus</i> (Bloch, 1779) larvae	9(1,6)	24(0,6)	13(3,2)	12(2,2)	-
<i>Neoechinorhynchus rutili</i> (Müller, 1780)	-	5(0,2)	-	3(0,4)	3(0,2)
<i>Unionidae gen. sp.</i>	-	-	15(5,0)	-	-
<i>Argulus coregoni</i> Thorell, 1864	4(0,2)	5(0,2)	5(0,4)	9(0,7)	14(0,8)

Примечание. За скобками число зараженных данным видом паразита рыб; в скобках – индекс обилия; ? – паразиты собраны из осадка в материальной банке, в которой рыба хранилась до вскрытия; * - паразиты специфичные для гольяна.

Негативное влияние загрязнения водоема сырой нефтью и нефтепродуктами, а также бытовыми стоками, смывами удобрений с сельскохозяйственных полей и дачных участков на состав паразитофауны рыб наблюдали и ранее (Доровских, 1996). Реакция паразитофауны на воздействие перечисленных загрязнителей одинакова и носит неспецифический характер, отличаясь степенью своей выраженности в зависимости от силы (концентрации) и продолжительности воздействия соответствующего загрязнителя. С прекращением поступления в водоем даже части этих загрязнителей и некоторым восстановлением качества среды паразитофауна восстанавливает свою структуру (Доровских и др., 2008). Действительно, спустя 10 лет после аварийного разлива нефти структура донных сообществ р. Колвы приблизилась к естественной (Лоскутова, 2008; Сообщества ..., 2011).

Приведенные и опубликованные данные позволяют заключить, что высокие концентрации загрязняющих веществ действуют разрушающе на природные системы и в тоже время инициируют процессы самоорганизации, ведущие к изменению структуры сообщества.

Результаты работы в целом подтвердили выявленные ранее закономерности для паразитофауны рыб в зонах действия отходов разных отраслей народного хозяйства.

Литература

Доровских Г. Н. Наблюдения над паразитами рыб водоемов, расположенных вблизи и в черте городов северо-востока Европейской части России // Паразитологические проблемы больших городов. Тезисы докладов. СПб, 31., 47 (2). 1996. С. 113–122.

Доровских Г. Н., Степанов В. Г., Голикова Е. А., Вострикова А. В. Структура компонентных сообществ паразитов гольяна *Phoxinus phoxinus* (L.) из экологически благополучных и загрязненных водоемов // Паразитология, 42 (4). 2008. С. 280–291.

Лоскутова О. А. Состояние зообентоса реки Колва спустя 10 лет после аварии на нефтепроводе // Труды Коми научного центра Уральского отделения Российской АН, 184. 2008. С. 118–128.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Л., Наука, 3. 1987. 583 с.

Сообщества гидробионтов нефтезагрязненных акваторий бассейна реки Печора. Коллектив авторов: / Захаров А. Б., Лоскутова О. А., Фефилова Е. Б., Хохлова Л. Г., Шубин Ю. П. Сыктывкар, Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2011. 268 с.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННУЮ ДИНАМИКУ АРЕАЛОВ ДНЕВНЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA, RHORALOCERA) НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

О. И. Кулакова, А. Г. Татарин

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, iduna@rambler.ru

Наблюдаемые границы распространения видов представляются сложное явление, они дают непрерывную гамму постепенных переходов от зоны оптимума с наиболее многочисленными популяциями до зоны пессимума с

наиболее низкой численностью. Кроме того, границы ареала динамичны и способны значительно изменяться в периоды расселения и вымирания видов (Городков, 1986). В настоящее время динамику видовых ареалов обычно связывают с сокращением численности и площади распространения видов, вызванных антропогенным воздействием на окружающую среду. Однако у многих видов различных таксономических групп животных отмечено расширение границ распространения под влиянием антропогенных преобразований ландшафтов и региональных и глобальных изменений климата. Это явление наблюдается и у представителей фауны дневных чешуекрылых на территории Республики Коми.

Темпы расширения ареалов различны у разных видов, и это связано как с особенностями среды обитания, так и с характером самих видов. Способность видов к расселению (вагильность) зависит от их структурных, популяционных и других свойств, а также определяется целым комплексом внешних факторов: абиотических, биотических, фауногенетических и антропогенных, действующих в разных сочетаниях и соотношениях (Чернов, Пенев, 1993). Среди биотических факторов определенное значение могут иметь, например, трофические связи (Богачева, 1997), однако их влияние на географическое распространение видов менее значимо в сравнении с климатическими параметрами среды, что установлено, в том числе, и для чешуекрылых (Virtanen, Neuvonen, 1999). Для отдельных групп наземных членистоногих была показана зависимость распространения видов от температурных показателей (Чернов, 2002). На территории Республики Коми также выявлено заметное влияние тепловых условий на распространение булавоусых чешуекрылых, что в конечном отношении отражается на видовом богатстве локальных фаун. В ходе многолетних исследований в регионе нами была установлена сильная, положительная и достоверная корреляция числа видов булавоусых чешуекрылых в локальных фаунах со средними температурами января и июля, среднегодовой температурой воздуха и продолжительностью безморозного периода. От значений минимальных температур зависит успешность зимовки видов, особенно на стадиях куколки и яйца. Максимальные, среднегодовые температуры и продолжительность безморозного периода обычно определяют у дневных бабочек возможность прохождения полного цикла развития (Данилевский, 1949). Например, распространение в республике бархатницы *Hyponephele lycaon* совпадает со среднеиюльской изотермой 17 °С, сенницы *Coenonympha glycerion* – с изотермой 16 °С, со среднегодовой изотермой –2 °С четко коррелирует распространение в регионе парусника *Driopa tnetosyne*. Показатели зависимости распространения видов дневных чешуекрылых от влажности на территории Республики Коми оказались низкими и недостоверными.

Связь с антропогенными условиями является мощным фактором расширения северных пределов распространения наземных животных. Отмечено, что повышенные значения видового богатства булавоусых чешуекрылых характеризуют локальные фауны крупных населенных пунктов и их окрест-

ностей. Объясняется это не столько многолетними наблюдениями, которые, как известно, пополняют фаунистические списки в основном за счет случайных заносов и сезонных мигрантов, сколько сетью агроценозов, рудеральных участков и прочих антропогенно трансформированных сообществ. В таежной и тундровой зонах они значительно расширяют площади и спектр местообитаний коренных популяций дневных чешуекрылых и способствуют быстрому закреплению новых видов. Так, голубянка *Glaucopsyche alexis* впервые была обнаружена в окрестностях Сыктывкара в 1950-х гг. (Седых, 1974), но в последствии на протяжении полувека здесь не регистрировалась. С 2004 г. многочисленная группировка вида вновь наблюдается в городе. Местами обитания бабочкам служат, в основном, заброшенные и мало используемые ж.-д. пути, густо поросшие донником, клевером и горошками. Значительная прогреваемость на солнце деревянных и металлических конструкций, насыпей из песка и щебня вероятно способствует образованию более теплого и сухого микроклимата (своеобразного суррогата открытых суббореальных местообитаний), а также более мягкие городские условия в зимнее время обеспечивают выживание этой голубянки в средней тайге. К 2013 г. голубянка *Glaucopsyche alexis* достигла границы с северной тайгой, где так же строго придерживается антропогенных местообитаний.

Видовое богатство булавоусых чешуекрылых заметно выше и на территориях, на которых развит комплекс линейных хозяйственных сооружений. Это актуально для Республики Коми, территорию которой почти в меридиональном направлении пересекают ж.-д. магистраль Котлас – Воркута, нефте-, газопроводы, ЛЭП, автомобильные трассы. Аналогично речным долинам они выполняют функцию квазиприродных коридоров, по которым бабочки расселяются из других, главным образом южных, областей.

Активно осваивают антропогенные местообитания средней тайги червонец *Lycaena dispar*, толстоголовка *Thymelicus sylvestris*, продвинувшиеся за последние десятилетия на десятки и даже сотни км к северу. В последние годы наблюдается быстрое распространение по региону короткохвостки *Cupido argiades*. В 2007 г. она впервые зарегистрирована в северной полосе южной тайги, в 2011 г. в значительной численности достигла Сыктывкара, а в 2012 г. была обнаружена уже в 50 км к северу от города. На северо-западе Русской равнины данный вид также активно осваивает местообитания таежной зоны.

Представители суббореальной лесной группы булавоусых чешуекрылых в настоящее время активно продвигаются на север за счет антропогенной трансформации коренных темнохвойных сообществ во вторичные мелколиственные и хвойно-мелколиственные леса и увеличения на водоразделах опушечных и кустарниковых местообитаний. Особенно это заметно в равнинной части региона. В этом отношении очень показательна история распространения перламутровки *Argynnis paphia*. До последней четверти 20 в. она встречалась только в подзоне южной тайги, что подтверждается многолетними наблюдениями. К середине 1980-х гг. данный вид достиг широты г. Сыктывкара (~ 61° с. ш.), в 1989 г. его первая группировка была зафиксиро-

вана на лесных вырубках в окрестностях г. Ухты (~ 63° с. ш.) на границе средней и северной тайги. В настоящее время это довольно обычный, местами многочисленный вид региональной фауны, распространенный до крайне-северной тайги включительно. Экспансия вида на север наблюдается также на северо-западе Русской равнины и на Урале. По нашим последним наблюдениям он уже встречается на Приполярном Урале (бассейн р. Вангыр), а единичные бабочки ранее были зафиксированы на восточном макросклоне Полярного Урала. Не исключено, что при сохранении подобной тенденции к расширению ареала, в ближайшие годы *Argynnis raphia* надо будет переводить в категорию широко лесных видов.

Таким образом, очень мощное влияние на распространение дневных бабочек в Республике Коми в настоящее время оказывает человеческая деятельность, что значительно расширяет спектр и площади местообитаний видов на таежных и тундровых водоразделах, способствует активному освоению ими новых территорий и в итоге нивелирует различия в их ландшафтно-зональном распределении. В общем, можно прогнозировать, что динамика ареалов и эколог-хорологические отношения булавоусых чешуекрылых в целом в регионе в дальнейшем практически полностью будут определяться антропогенным влиянием на природные сообщества.

Литература

Богачева И. А. Факторы, ограничивающие распространение насекомых-филлофагов на север: случай с бруквенницей и капустницей // Экология. 1997. № 4. С. 293–296.

Городков К. Б. Трехмерная климатическая модель потенциального ареала и некоторые ее свойства. II // Энтومол. обозр., 1986. Т. 45. Вып. 1. С. 81–95.

Данилевский А. С. Зависимость географического распространения насекомых от экологических особенностей их жизненных циклов // Энтومол. обозр., 1949. Т. 30. Вып. 3–4. С. 194–207.

Чернов Ю. И. Биота Арктики: таксономическое разнообразие // Зоол. журн., 2002. Т. 81. № 12. С. 1411–1431.

Чернов Ю. И., Пенев Л. Д. Биологическое разнообразие и климат // Успехи современной биологии. 1993. Т. 113. Вып. 5. С. 515–531.

Virtanen T., Neuvonen S. Climate change and macrolepidopteran biodiversity in Finland // Chemosphere: Global Change Science, 1999. V. 1. P. 439–448.

РАЗВИТИЕ ПЧЕЛ ВИДА *APIS MELLIFERA CARPATHICA* В МАГНИТОПАТОГЕННЫХ ЗОНАХ

Г. В. Ломаев¹, М. С. Емельянова¹, Н. В. Бондарева²

¹ *Ижевский государственный технический университет
им. М. Т. Калашникова,*

² *Российский государственный аграрный заочный университет*

Магнитопатогенные зоны – это зоны с искажением магнитного поля (МП) Земли. Биосистемы, находящиеся в таких зонах, испытывают негативное влияние (Ломаев, Бондарева, 2012).

Цель работы: определить пределы толерантности пчел на стадии «личинка-имаго» к вариациям магнитного поля Земли в условиях повышенного содержания железа в корме.

В задачи нашего исследования входило определение отклонений в онтогенезе пчел от яйца до имаго. Регистрировались сроки минерализации биомангнетита пчел на различных стадиях развития. Появление биомангнетита регистрировалось пондеромоторным методом (Ломаев, Бондарева, 2012).

Образцами служили как взрослые насекомые, так и особи, находящиеся на предимагинальных стадиях развития (яйцо, личинка, предкуколка и куколка), отобранные из пчелиных семей.

Семья № 1 развивались в естественных условиях. Семьи № 5, 6 в условиях высокого содержания железа в корме (2 месяца). Семьи № 7 – в условиях ослабленного магнитного поля, а семьи № 8, 9, 10 – в условиях усиленного соответственно в 2, 5 и 10 раз магнитного поля Земли.

Результаты исследований приведены в таблице (образование биомангнетита отмечено значком «+»).

Таблица 1

Регистрация биомангнетита пчел

Стадия	Возраст	Семья пчел						
		1 контр	5 Fe*5	6 Fe*10	7 H=0	8 H*2	9 H*5	10 H*10
Имаго		+	+	+	+	+	+	+
Куколка	12-21	+	+	+	+	+	+	+
Предкуколка	11	+	+	+	-	+	+	+
	10	+	+	+	-	+	+	+
Личинка	9	-	+	+	-	-	-	-
	8	-	+	+	-	-	-	-
	4-7	-	-	-	-	-	-	-
Яйцо	1-3	-	-	-	-	-	-	-

Динамика накопления концентрации железа в онтогенезе пчел и начало минерализации приведены на рисунке ниже. Крупным маркером отмечена стадия появления биомангнетита.

Опыты с печатным расплодом в гипогеомагнитных (ГГМП) полях проводились по методике, изложенной в работах авторов (Ломаев, Емельянова 2015). Магнитное поле Земли в эксперименте было ослаблено в 2 раза.

В качестве биообъекта был выбран разновозрастный печатный расплод. Для проведения эксперимента был взят расплод с двух рамок, каждый из которых в последующем был разделен на две части. Одна часть помещалась в контрольный инкубатор, другая – в опытный. В процессе эксперимента регистрировались следующие параметры: количество пчел на стадии имаго (ежедневно); количество запечатанных ячеек (на первый и тринадцатый (заключительный) день эксперимента).

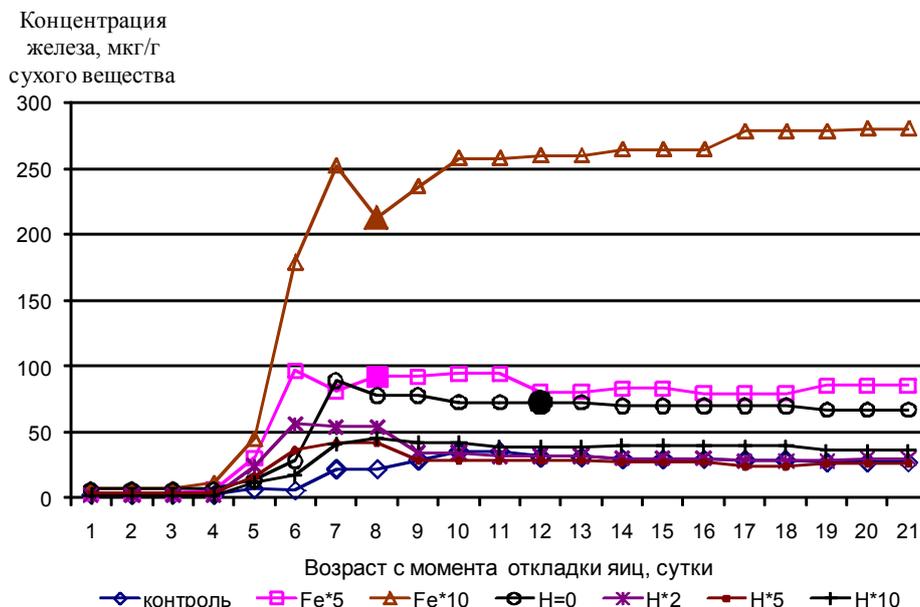


Рис. Динамика накопления концентрации железа в онтогенезе пчел

Количественный анализ полученных результатов показал равномерную динамику выхода пчел из ячеек в контрольной группе. В опытной группе количество молодых пчел, вылупившихся после шестых суток от момента закладки эксперимента, в два раза меньше, чем в предыдущие дни. В связи с этим количество запечатанных ячеек (не вышедших пчел) на последний день эксперимента в опытной группе в два раза превышает количество запечатанных ячеек в контроле.

Анализ особей оставшихся в нераспечатанных ячейках показал динамику угнетения на разных стадиях онтогенеза (от 11 до 20 дня развития предкуколки).

В исследовании влияния ГГМП на эмбриогенез в эксперименте с *Apis Mellifera Carpathica* показал равномерную динамику выхода пчел из ячеек в контрольной группе. В опытной группе количество молодых пчел, вышедших из ячеек после шестых суток от момента закладки эксперимента, значительно меньше, чем в предыдущие дни. Как видно из таблицы ниже общее количество запечатанных ячеек (не вышедших пчел) на заключительный день эксперимента в опытной группе более чем в два раза превышает количество запечатанных ячеек в контроле.

Таблица 2

**Количество печатного расплода (не вышедших пчел)
на конец эксперимента**

Контрольный инкубатор		Опытный инкубатор	
Контрольная рамка № 1	Контрольная рамка № 2	Опытная рамка № 1	Опытная рамка № 2
150	48	260	203
Итого: 198		Итого: 463	

Морфологический анализ молодых пчел опытной группы характеризуется более темной окраской тельца, что обусловлено практически полным от-

сутствием волосяного покрова, а также более агрессивным, по сравнению с контролем, поведением. Анализ особей оставшихся в нераспечатанных ячейках показал динамику угнетения на разных стадиях онтогенеза (от 11 до 20 дня развития предкуколки). По итогам полученных результатов можно предположить, что гипогомагнитное поле увеличивает возможность появления нарушений на стадии онтогенеза от предкуколки до имаго.

Выводы:

1. Вариации поля Земли в сторону его уменьшения и увеличенное содержание железа в корме пчел оказывают негативное воздействие на онтогенез пчел на стадии «личинка-имаго».

2. Ослабленное МП угнетает онтогенез, начиная с самых ранних сроков развития. Время личиночной стадии увеличивается при уменьшении МП до нуля – до двух суток. Уменьшается выход пчел из печатного расплода, ухудшаются качественные показатели жизнеспособности.

3. Ослабление магнитного поля Земли в два и более раз является пределом толерантности.

4. В условиях повышенного поступления железа минерализация ферромагнитного материала обнаруживается на двое суток раньше, чем в контроле, что свидетельствует о хорошем развитии магниторецепции у пчел.

Литература

Ломаев Г. В., Бондарева Н. В. Динамика железа в онтогенезе пчел *Apis mellifera L.* в условиях изменения величины геомагнитного поля и вариаций концентрации элемента в корме // Магнитные явления: Сб. статей / Под ред. проф. Г. В. Ломаева. Вып. 4. Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2012. 153 с.

Ломаев Г. В., Емельянова М. С. Влияние вариаций магнитного поля земли на эмбриональное развитие *G. gallus* // Интеллектуальные системы в производстве, 2014. № 1. (23). С. 127–131.

Ломаев Г. В., Емельянова М. С. Развитие печатного расплода пчел в гипогомагнитном поле // Пчеловодство, 2015. № 10. С. 8–10.

МИКРОМАСШТАБНАЯ ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ КОЛЛЕМБОЛ В ПОДЗОНЕ ЮЖНЫХ ТУНДР РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Е. А. Мандрик¹, А. А. Таскаева², Т. Н. Конакова²

¹ Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
mandrik_ekaterina@rambler.ru,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Неравномерность пространственного распределения животных является неотъемлемой частью почвенной экосистемы. Однако в исследованиях недостаточно раскрыта связь пространственного распределения организмов с биотическими отношениями между ними, которые могут в большей степени определять неоднородность пространственного распределения почвенной био-

ты. Тем более, экологические факторы в природе действуют на живые организмы одновременно и имеют сложное взаимовлияющее соотношение (Покаржевский и др., 2007). Так же, закономерность формирования разнообразия многих групп организмов при данном распределении до сих пор остаются плохо изученным. В связи с этим целью исследования стало изучение микропространственной структуры сообществ почвообитающих коллембол южных тундр Республики Коми.

Исследования были проведены в июле 2015 г. В районе большеземельской тундры. Отобранные участки находились в окрестностях г. Воркута. Количественные учеты проведены в следующих растительных ассоциациях: ивняковой ерниково-моховой тундре (ИЕМТ; 67°31'445" с. ш., 64°08'127" в. д.), ерниковой кустарничково-моховой тундре (ЕКМТ; 67°25'516" с. ш., 63°50'176" в. д.) и кустарничковой лишайниково-моховой тундре (КМЛТ; 67°26'294" с. ш., 63°48'390" в. д.). Для отражения различных вариантов микропространственной структуры сообществ коллембол исследования проводили в нескольких аспектах. Во-первых, рассматривали, каким образом изменяются таксоцены ногохвосток в соответствии с существующей внутрипарцеллярной гетерогенностью тундровых экосистем. Для этого в каждом биотопе были отобраны моховые подушки, куртины лишайников и смешанные образцы (травянистые растения, мхи, лишайники, подстилка). Во-вторых, изучали закономерности пространственного распределения различных групп микроартропод в зависимости от влажности почвы на уровне биотопов в разных типах тундр. Для решения данной задачи в каждом типе тундры были выделены участки 25x20 м, на каждом из которых по регулярной сетке с шагом 5 м было отобрано 25 почвенных проб 10x10 см. Наконец, выясняли, насколько расстояние между пробами в масштабах 5 м, 20 м, 10000 м влияет на гетерогенность сообществ почвообитающих коллембол.

Для анализа гетерогенности распределения почвенных организмов был применен индекс Кэйси (Сараева и др., 2015), который оценивали для различных парцелл (моховых подушек, куртин лишайников, смешанных образцов), а также с учетом масштаба, т. е. отдельно для участков 5 м², 20 м² и 10000 м². Для характеристики вариабельности определяемых параметров использовали коэффициент вариации (CV, %). Достоверность различий между интегральными характеристиками сообществ в разных местообитаниях биотопах рассчитывали с использованием критерия Манна-Уитни с поправкой Бонферрони для множественных сравнений при $p < 0,05$. Для выявления основных закономерностей изменчивости сообществ проводили их ординацию методом анализа главных компонент. Все расчёты вели при помощи пакета программ PAST 1.89 и Statistica 6.0.

При исследовании внутрипарцеллярной структуры сообществ коллембол тундровых экосистем Республики Коми было обнаружено, что видовое богатство, видовое разнообразие, выравненность видовой структуры, гетерогенность пространственной структуры, состав доминирующего комплекса

видов не изменяются достоверно в различных местообитаниях (Таскаева и др., 2016).

Почвы исследуемых тундр характеризуются невысокой влажностью, особенно ивняковая тундра, однако именно в ней отмечен наибольший коэффициент варьирования (43%). Индекс Кейси (табл.) свидетельствует о равномерном распределении влажности на участках. С увеличением увлажнения происходит увеличение численности коллембол, панцирных клещей, достигающих максимального значения в почве кустарничковой мохово-лишайниковой тундры (КМЛТ). Наибольшая плотность мезостигматических клещей зарегистрирована в почве ерниковой тундры. Вариации данного показателя для всех групп микроартропод на всех участках имели невысокие значения. Для всех исследуемых почвенных беспозвоночных в тундрах отмечено агрегированное распределение, о чем свидетельствует индекс Кэйси. Однако наибольшая пространственная неоднородность присуща всем группам микроартропод, населяющих ивняковую тундру (ИЕМТ), что обусловлено, по видимому, влиянием влажности. Исключение составляет таксоцэн панцирных клещей кустарничковой тундры, где их распределение скорее случайное.

Таблица

Влажность и численность (тыс. экз./м²) микроартропод в исследуемых тундрах

Параметры	Ср.	CV, %	min–max	Индекс Кэйси
Ивняковая ерnikово-моховая тундра (ИЕМТ)				
Полевая влажность, %	47,7±1,9	23,9	26,8–65,3	0,04
Численность коллембол	9,8±1,3	64,7	1,6–22,5	0,42
Численность орибатид	14,3±2,6	92,3	2,0–49,2	0,85
Численность мезостигмат	1,2±0,2	80,4	0–3,5	0,65
Ерниковая кустарничково-моховая тундра (ЕКМТ)				
Полевая влажность, %	63,3±2,6	24,6	24,8–86,2	0,03
Численность коллембол	25,3±2,6	50,6	1,1–51,1	0,26
Численность орибатид	36,2±4,0	54,9	1,2–74,2	0,30
Численность мезостигмат	3,1±0,4	65,3	0,1–8,8	0,42
Кустарничковая мохово-лишайниковая тундра (КМЛТ)				
Полевая влажность, %	67,6±1,8	16,3	42,6–84,7	0,01
Численность коллембол	43,9±4,4	50,5	0,5–90,0	0,25
Численность орибатид	57,4±15,6	135,7	1,3–400,0	> 1
Численность мезостигмат	2,1±0,2	57,1	0–4,8	0,32

В составе населения коллембол изученных тундр доминируют *Folsomia quadrioculata* (22,8% в среднем по всем биотопам), *Tetracanthella whalgreni* (14,2%), субдоминируют *Protaphorura subarctica* (11,8%), *Willemia anophthalma* (7,3%), *Pachyotoma spp.* (5,6%), *Isotomiella minor* (5,1%), *Parisotoma notabilis* (4,0%). Семь видов являются малочисленными, относительные обилия остальных видов не превышают 1,3% в среднем по всем биотопам. Главные отличия сообществ коллембол из разных типов тундр связаны с перекомбинацией доминантов и субдоминантов: в ерниковой тундре больше

T. whalgreni, *W. anophthalma*, *P. subarctica*. Интересно, что различия между сообществами по структуре доминирующего комплекса не связаны с типом микробиотопа (лишайник, мох, подстилка). Так, все массовые виды могут развиваться во всех местообитаниях. Различия между масштабами оказались недостоверными. Более того, отмечается слабо выраженная тенденция убывания уровня гетерогенности видового состава в больших масштабах по сравнению с меньшими. Следовательно, можно заключить, что выбранный нами объект исследования (сообщества почвообитающих коллембол в тундрах) не изменяет своих характеристик при увеличении площади исследования в диапазоне пространственных масштабов от пяти метров до десятков километров.

Литература

Покаржевский А. Д., Гонгальский К. Б., Зайцев А. С., Савин Ф. А. Пространственная экология почвенных животных. М.: Т-во научных изданий КМК Москва. 2007. 174 с.

Сараева А. К., Потапов М. Б., Кузнецова Н. А. Разномасштабное распределение коллембол (*Collembola*) в однородном напочвенном покрове: сфагновый мох // Зоологический журнал. 2015. Т. 94. № 5. С. 517–537.

Таскаева А. А., Конакова Т. Н., Мандрик Е. А. Особенности микропространственного распределения коллембол в южных тундрах Республики Коми // Актуальные проблемы экологии и биологии. 2016. С. 84–87.

ГИДАТИГЕРОЗ (СТРОБИЛОЦЕНКОЗ) И ЕГО ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА НА УБРАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

О. В. Масленникова

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgamaslen@yandex.ru

Цестода *Hydatigem taeniaeformis* (Batsch, 1786) (син. *Taenia taeniaeformis*) и ее личинка (стробилоцерк – *Strobilocercus fasciolaris*) являются возбудителями соответственно гидатигероза (тениоза) и стробилоцеркоза животных и человека. Облигатные дефинитивные хозяева этого ленточного червя — хищные млекопитающие. Цестода *H. taeniaeformis* – специфический паразит кошачьих, один из распространенных гельминтов кошек. Обнаружена она также у псовых и куньих в разных частях ареала (Абуладзе, 1964). Жизненный цикл осуществляется с участием промежуточных хозяев – грызунов (основные хозяева), насекомоядных и зайцеобразных, у которых личинки локализуются преимущественно в печени. Распространен паразит почти повсеместно и встречается в ареалах обитания его дефинитивных и промежуточных хозяев. Эта цестода может паразитировать в организме человека, как в половозрелом состоянии, так и на стадии личинки (Абуладзе, 1964; Шималов, 2009).

Впервые стробила цестоды *Hydatigera taeniaeformis* была обнаружена в 20-х годах XX века у 5-летнего ребёнка в Аргентине (Буэнос-Айресе) при проведении дегельминтизации. Вышла цестода длиной 30 см, состоящая из

208 члеников. Сколекс достигал 3 мм в диаметре и вооружен 35–40 крючьями длиной 0,410 мм и 0,260 мм, расположенными в два ряда. Половые отверстия неправильно чередуются. Онкосфера 0,035–0,040 мм в диаметре. Зарегистрировано 2 случая заражения человека этой цестодой (Абуладзе, 1964 по Vasigaluro, 1922, 1927). В первой половине XX века И. М. Исайчиков (1925) обратил внимание на возможность заражения людей цестодой *Hydatigera taeniaeformis* на том основании, что сырая или недостаточно проваренная печень мышей и крыс употребляется человеком в пищу, как продукт питания и лечебное средство.

В 70-х годах XX века чехословацкие учёные J. Sterba, V. Barus и K. Blazek сообщили о нахождении, при аутопсии в печени 77-летнего мужчины, сферической цисты, содержащей личинку цестоды, идентифицированную ими как *S. fasciolaris*, и предположили, что заражение произошло в результате проглатывания яиц цестоды *Hydatigera taeniaeformis* при контакте с инвазированными домашними кошками (Шималов, 2009).

Данные факты свидетельствуют о необходимости изучения гельминтофауны грызунов, обитающих рядом с человеком, а также дефинитивных хозяев цестоды – хищных млекопитающих, чтобы выявить очаги данного зооноза.

Исследования проводились в основном на территории Кировской области, включая как урбанизированные территории, так и природные биоценозы с 1997 по 2016 гг. Методом полных гельминтологических вскрытий (Ивашкин и др., 1971) исследовано 604 особи хищных млекопитающих отряда Carnivora: Canidae – 208, Felidae – 59, Mustelidae – 337, включая домашних собак и кошек. Из отряда грызунов Rodentia исследовано 194 особей, из них 151 – урбанизированные территории, 43 – природные биоценозы. Определялась экстенсивность и интенсивность инвазии.

В природных биоценозах Кировской области нами исследовано 89 волков, 72 лисицы, 25 енотовидных собак, 40 рысей, 141 лесная куница, 124 американских норок, 32 барсука, 20 выдр, 12 лесных хорьков, 8 горностаев. Цестода *Hydatigera taeniaeformis* у 563 хищных млекопитающих природных биоценозов Кировской области не обнаружена. При исследовании домашних собак (22 особи) и кошек (19 особей) цестода *H. taeniaeformis* обнаружена у 4 из 19 домашних кошек, причем у одной кошки живая половозрелая цестода длиной 21 см вышла через рот. Экстенсивность инвазии составила 21,1%, интенсивность инвазии – 1–2 экз.

В 50–60 гг. прошлого века зараженность кошек гидатигерозом была сравнительно выше, в среднем 50–55%, в отдельных регионах до 80% (Абуладзе, 1964, Козлов, 1969). Снижение зараженности кошек цестодой *H. taeniaeformis* можно объяснить кормлением кошек специальными сухими или влажными кормами и содержанием кошек в закрытых помещениях. Как правило, заражены мышкующие кошки, имеющие свободный доступ за пределы квартиры.

В природных биоценозах цестода *H. taeniaeformis* регистрируется в южной части ареала (в т. ч. страны СНГ) (Абуладзе, 1964), где обитают различные виды кошачьих, основу пищи которых составляют грызуны. У рыси цестода зарегистрирована дважды: в Азербайджане и Беловежской Пуще (Беляева, 1959; Садыхов, 1969). Для рыси питание мелкими мышевидными не свойственно, она предпочитает более крупную добычу. Основным звеном трофико-хорологических связей рыси в нашем регионе служат зайцеобразные, в частности, заяц-беляк, на юге региона заяц-русак, что подтверждается нашими паразитологическими исследованиями (Масленникова, 2013).

Видовой состав исследованных грызунов представлен в таблице 1.

В природных биоценозах исследовано 43 грызуна 9 видов. Личинок цестоды *Hydatigera taeniaeformis* (*Strobilocercus fasciolaris*) не обнаружено. На урбанизированных территориях (в основном г. Киров и окрестности) исследован 151 грызун 8 видов. Стробилоцерки зарегистрированы у 4 видов: полевки обыкновенной, ондатры, домовой мыши и серой крысы (табл. 1). Личинки цестоды обычно локализуются в печени грызунов. Максимальное количество обнаруженных нами стробилоцерков равнялось трем, обычно мы находили по одной личинке в печени грызунов.

Таблица 1

Видовой состав исследованных микромаммалий и экстенсивность инвазии (ЭИ) грызунов, зараженных стробилоцеркозом

№	Вид грызуна	Природный биоценоз (n)	Урбанизиров. Территории (n)	<i>Strobilocercus fasciolaris</i> (ЭИ-%) (урбанизированн. территории)
1	Полевка обыкновенная	13	30	10
2	Полевка рыжая	9	35	-
3	Полевка красная	1	5	-
4	Полевка темная	1	-	-
5	Полевка-экономка	1	-	-
6	Ондатра	-	25	4,0
7	Лесная мышь	8	9	-
8	Полевая мышь	6	7	-
9	Мышовка лесная	2	-	-
10	Домовая мышь	2	32	3,1
11	Серая крыса	-	8	12,5%
	Итого:	43	151	

Экстенсивность инвазии у домовой мыши составила 3,1%, у ондатры – 4,0%, у серой крысы (пасюк) – 12,5% (заражены по 1 зверьку), а у обыкновенной полевки – 10% (заражены 3 из 30). В республике Коми на урбанизированных территориях (г. Нарьян-Мар, с. Подчерье) процент зараженных крыс составил 41,5 + 6,8%, зараженной оказалась одна темная полевка, ЭИ составила 1,14 + 1,13% (Юшков, 1998). Многие авторы, находившие стробилоцерки у разных видов грызунов, подчеркивали, что они были отловлены рядом с населенными пунктами.

Таким образом, цестода *Hydatigera taeniaeformis* является специфическим паразитом кошачьих (в частности домашней кошки) и приурочена к урбосистемам на севере Нечерноземья. Экстенсивность заражения у кошек составила 21,1%, что значительно ниже приведенных литературных данных. Личиночные формы цестоды *H. taeniaeformis* (larvae) широко распространены среди грызунов, населяющих эти урбосистемы: заражённость мыши домовая 3,1%, крысы серой (12,5%), обыкновенной полёвки (10%) и ондатры (4%).

На севере Нечерноземья кошкам принадлежит основная роль в распространении яиц цестоды *Hydatigera taeniaeformis* в урбанизированных экосистемах, где в циркуляцию инвазии вовлекаются восприимчивые хозяева (грызуны) и создаётся угроза заражения этим паразитом человека.

Вполне возможно заражение людей в результате случайного проглатывания яиц цестоды *Hydatigera taeniaeformis*, что может произойти, например, от контакта с заражёнными кошками, с последующим развитием стробилоцерка в печени человека. Можно предположить инвазирование половозрелыми особями этого гельминта человека, когда съедается печень промежуточных хозяев, например ондатры, т. к. мясо этого зверька человек тоже использует в пищу или скармливает домашним животным (кошкам или собакам).

Это обстоятельство следует учитывать медицинским и ветеринарным работникам при проведении диагностических, профилактических, санитарно-просветительных, противоэпидемических и противоэпизоотических мероприятий.

Литература

Абуладзе К. И. Основы цестодологии. Тениаты – ленточные гельминты животных и человека и вызываемые ими заболевания. М.: Наука, 1964. 530 с.

Беляева М. Я. К изучению гельминтофауны млекопитающих Беловежской Пуши // Тр. ВИГИС. М., 1959. Т. VI. С. 93–113.

Ивашкин В. М., Контримавичус В. Л., Назарова Н. С. Методы сбора и изучения гельминтов наземных млекопитающих. М.: Наука, 1971. 121 с.

Исайчиков И. М. Мыши и крысы как источники заражения глистами человека и некоторых домашних животных // Ветеринарный труженик, № 10–11. М., 1925. С. 12–13.

Козлов Д. П. К изучению гельминтофауны хищных млекопитающих бассейна р. Печоры // Тр. ГЕЛАН. М., 1969. Т. 20. С. 71–78.

Масленникова О. В. Гельминты диких животных на северо-востоке Европейской части России. Lambert Academic Publishing – Saarbrücken, 2013. 153 с.

Садыхов И. А. К познанию гельминтофауны диких млекопитающих Кызыл – Агачского заповедника // Сб. науч. сообщ. каф. зоологии Дагестанского гос. университета «Исследования по зоологии и паразитологии в Дагестане». Махачкала, 1969. С. 72–77.

Шималов В. В. Гидатигероз и стробилоцеркоз в республике Беларусь и их медицинское значение // Мед. паразитология и паразитарные болезни. 2009. № 2. С. 59–62.

Юшков В. Ф. Гельминты млекопитающих (Insectivora, Lagomorpha, Rodentia, Carnivora) Европейского Северо-Востока России (фауна, экология, зоогеография, генезис, практическое значение). Дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 1998. С. 38–39.

АРТЕМИЯ (*ARTEMIA SALINA* L.) КАК СТАРТОВЫЙ КОРМ ДЛЯ ГИДРОБИОНТОВ

С. И. Ненчук, А. Р. Ильясова

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
nenchuk.sp@gmail.com, Lie4ka_101@mail.ru*

Влияние антропогенных факторов и ограниченные ресурсы гидросферы диктуют необходимость более эффективных мер их восстановления и снижения нагрузки. Одна из таких мер – актуализация развития аквакультуры. Одна из главных ее задач – создание эффективных кормов, не уступающим по качеству живому корму. На данный момент, использование живого корма ограничено сравнительно небольшим количеством пригодных для таких целей организмов, среди которых главное значение имеют инфузории, коловратки, нематоды и артемия (*Artemia salina* L.). Поскольку на данный момент не существует искусственных кормов, способных полностью заменить артемию, кормление живым кормом остается необходимым в коммерческой аквакультуре (Sorgeloos, Dhert, 2001).

Науплии артемии (*Artemia salina* L.) составляют около 40% всех живых кормов, используемых в аквакультуре (Lavens, Sorgeloos, 2000). Преимущества стартового кормления молодью артемии состоит в легкости получения, возможности непрерывного выращивания. Устойчивость этих существ делает их идеальными тестовыми организмами в экспериментах. Но некоторое время она может жить даже в пресной воде, что позволяет использовать ее в качестве живого корма для пресноводных гидробионтов. Артемия является также одним из стандартных организмов для тестирования токсичности химических веществ (Ванюшин, 1996).

Цель работы – создание технологии получения максимального выклева науплиев цист артемии (*Artemia salina* L.) при разных условиях солености и добавлении активаторов.

Заготовка (сбор) цист артемии и все стадии технологического процесса переработки осуществлялась с озера Большое Яровое в 2015 г. Экспериментальная часть исследования была проведена в 2016 г. на базе лаборатории марикультуры научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»). Выражаем глубокую признательность за участие в подготовке и проведении работы директору ВНИРО д.б.н. М. К. Глубоковскому, заведующей лабораторией марикультуры беспозвоночных д.б.н. Н. П. Ковачевой. Благодарим за консультационную помощь д.м.н. А. Н. Кузовлева, к.б.н. Н. В. Кряхову.

Особенностью данной работы является использование в качестве экспериментального материала доступных на рынке цист, уже прошедших несколько степеней обработки и активации. Для вылупления науплий артемии необходимы следующие условия: постоянная температура 25–28 °С, соле-

ность 15–35%, минимальный pH=8,0, раствор должен быть насыщен кислородом и плотность цист не должна превышать 2г/л (Lavens, Sorgeloos, 2000). В качестве активатора используют перекись водорода или соединения, которые при взаимодействии с водным раствором образуют перекись водорода.

В работе использовались общепринятые статистические методы расчета основных характеристик выборочных распределений. Учитывая нормальный характер распределения полученных данных, для анализа использовали дисперсионный анализ ANOVA и апостериорный тест Стьюдента-Ньюмана-Кейлза. Достоверным считалось различие при $p < 0,05$. Статистическая обработка данных выполнялась с использованием программы Statistica 10.0.

Максимальные средние значения выклева науплиев *A. salina* были выявлены в инкубационном растворе с соленостью 30‰ ($p < 0.00002$), несколько ниже эти значения составили для раствора 5 групп. Минимальный выклев был отмечен в контроле (табл. 1).

Таблица 1

Данные по выклеву артемии при разной солености

Группы	Средняя	у	Q25	Медиана	Q75
1 (0‰)	24,87	1,07	23,85	24,97	25,50
2 (10‰)	35,37	1,23	35,067	35,79	36,32
3 (20‰)	42,93	1,60	41,62	42,79	43,94
4 (30‰)	50,64	3,90	48,14	52,02	53,35
5 (40‰)	46,24	2,98	44,20	45,66	47,99

Статистический анализ показал высокую значимость различий, на уровне $p < 2 \cdot 10^{-5}$.

Полученные результаты можно объяснить тем, что использованные цисты уже прошли через несколько стадий активации во время производства. Однако по литературным данным, соленость влияет не только на показатель выклева, но и на его скорость, то есть при другой продолжительности инкубации показатели выклева могли бы отличаться.

Анализ результатов экспериментов по изучению влияния разных концентраций перекиси водорода (H_2O_2) на выклев науплий артемии показал, что наибольшие средние значения выклева были характерны для раствора H_2O_2 в концентрации 0,4 мл. Затем при увеличении концентрации наблюдалось плавное снижение выклева артемии (рис., табл. 2). Это связано с тем, что свободный кислород, выделяемый при разложении перекиси водорода, обладает не только активирующим действием на цисты, но и токсическим действием на науплии.

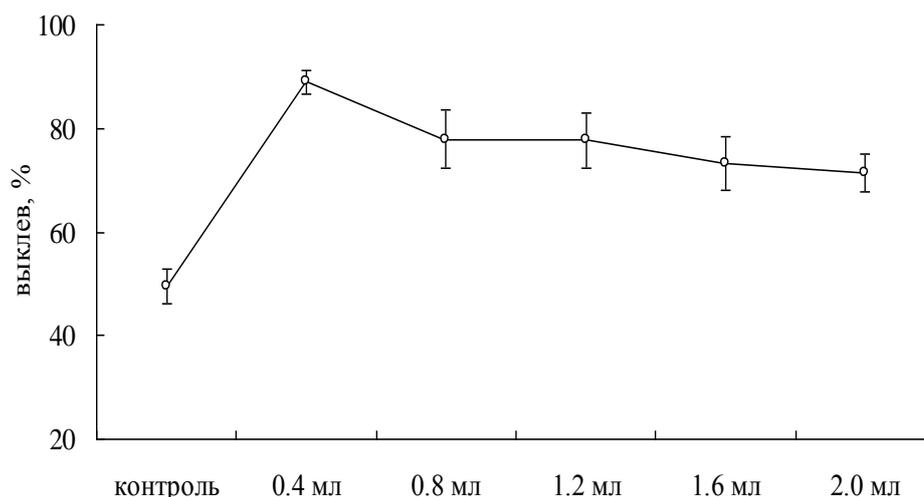


Рис. Изменение выклева при добавлении разного количества перекиси водорода к инкубационному раствору

Таблица 2

Данные по выклеву артемии при добавлении разного количества перекиси водорода

Группы	Средняя	у	Q25	Медиана	Q75
контроль	49,45	3,25	46,80	49,82	51,68
0,4 мл	88,93	2,32	87,10	89,37	90,68
0,8 мл	77,87	5,63	74,39	77,30	82,33
1,2 мл	77,65	5,31	76,096	77,66	80,22
1,6 мл	73,13	5,16	71,23	73,50	75,74
2,0 мл	71,39	3,58	70,23	71,29	72,99

В эксперименте лучший результат оказался у варианта с добавлением 0,4 мл перекиси водорода, с высокой значимостью различий от других вариантов (табл. 3).

Таблица 3

Значимость различий выклева между группами (указаны значения p)

Группы	Контроль	0,4 мл	0,8 мл	1,2 мл	1,6 мл	2,0 мл
Контроль		0,000020	0,000017	0,000008	0,000022	0,000009
0,4 мл	0,000020		0,000009	0,000022	0,000008	0,000017
0,8 мл	0,000017	0,000009		0,848838	0,000106	0,000008
1,2 мл	0,000008	0,000022	0,848838		0,000075	0,000022
1,6 мл	0,000022	0,000008	0,000106	0,000075		0,124263
2,0 мл	0,000009	0,000017	0,000008	0,000022	0,124263	

Между результатами варианта с добавлением 0,8 мл перекиси водорода и вариантом с добавлением 1,2 мл достоверных различий не выявлено, что говорит нам о том, что процент выклева при дальнейшем увеличении концентрации перекиси водорода падает плавно.

Таким образом, оптимальная соленость для выклева науплиев данной партии в течение 24 часов – 30‰. Оптимальное количество перекиси водорода

да H_2O_2 для активации цист данной партии – 0.4 мл 3% раствора перекиси водорода H_2O_2 на литр инкубационного раствора. Полученные данные помогут несколько уточнить существующие методики активации, увеличивая эффективность выклева науплиев *Artemia salina* L. Личинок (науплиусов) рачка артемии смело можно отнести к традиционным кормам для личинок гидробионтов.

Литература

- Ванюшин И. И. Эта удивительная артемия // Аквариум. № 4. 1996.
Lavens P., Sorgeloos P. The history, present status and prospects of the availability of Artemia cysts for aquaculture // Aquaculture. 2000. 181. P. 397–403.
Sorgeloos P., Dhert P., Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. // Aquaculture. 2001. 200 (2001). P. 147–159.

ЭКОЛОГО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ ГРУППЫ ВИДОВ *Aedes cinereus* (DIPTERA, CULICIDAE)

Е. В. Панюкова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, panjukova@ib.komisc.ru

Кровососущие комары (Diptera: Culicidae) наиболее изучаемая группа двукрылых насекомых благодаря своему исключительному медико-эпидемиологическому значению. Исследования в целом носят как теоретический, так и практический характер.

В последнее время проведена ревизия комаров рода *Aedes* (подрода *Aedes*) на территории России, в результате которой обнаружены и описаны по самцам новые виды подрода: *A. (A.) alexandrei* Gornostaeva, 2005, *A. (A.) dmitryi* Gornostaeva, 2005, *A. (A.) nataliae* Gornostaeva, 2005, *A. (A.) valeryi* Gornostaeva, 2005. (Горностаева, 2005). Данные виды относятся к группе видов *cinereus*, названной по наименованию вида *Aedes (A.) cinereus* Meigen, 1818.

Ранее было предложено «для ориентировки по взрослым особям» выделять группы видов, не имеющих определенного таксономического ранга, которые обозначают по наименованию одного из видов (Гуцевич и др., 1970). Термин «группы видов» широко используется в научной литературе, однако его толкование зависит от практических целей исследователей. В нашем случае критериями для включения в группы видов стали: морфология особей, жизненный цикл, сезонность и стациальность (Панюкова, 2016).

Группа видов *cinereus* характеризуется мелкими размерами тела имаго (0,5–0,6), темной без светлых колец окраской ног, полициклическостью (возможностью давать несколько поколений за сезон), поздневесенне-летней сезонностью (продолжительностью обнаружения личинок в сезоне с мая по август) и приуроченностью к пойменным местообитаниям (заливаемым лугам, пойменным лесам, припойменным кустарниковым зарослям и др.). Развитие

личинок видов данной группы связано с крупными водоемами (реками и озерами), в заливаемых поймах которых складываются необходимые условия для их развития.

По нашему мнению, группа *cinereus* включает тринадцать видов, из них восемь – с палеарктическими ареалами, два отмечены только в Северной Америке (*A. (A.) fuscus* Osten Sacken, 1877 и *A. (A.) hemiteleus* Dyar, 1924, мы рассматриваем их как самостоятельные виды, как и другие авторы (Bohart, Washino, 1978)) и один вид (*A. cinereus* Meigen, 1818) имеет голарктическое распространение (табл. 1).

Таблица 1

Состав и распространение группы видов *cinereus*

Вид группы <i>cinereus</i>	Распространение (места находок)
<i>Aedes (A.) alexandrei</i> Gornostaeva, 2005	Евразия (о. Сахалин)
<i>A. (A.) cinereus</i> Meigen, 1818	Евразия (Фенноскандия, Средиземноморье, Русская равнина, Кавказ, Закавказье, Сибирь, Казахстан, Средняя Азия, Дальний Восток (п-ов Камчатка о. Сахалин), Северная Америка (Аляска, Канада, США))
<i>A. (A.) dahuricus</i> Danilov, 1987	Евразия (Юг Сибири (Читинская обл.), Д. Восток)
<i>A. (A.) dmitryi</i> Gornostaeva, 2005	Евразия (о. Сахалин)
<i>A. (A.) geminus</i> Peus, 1970	Евразия (Фенноскандия, Центр. Европа, Русская равнина (Московская обл.), Юг Сибири (Хакассия, Тува, Читинская обл., Иркутская обл., Д. Восток).
<i>A. (A.) hemiteleus</i> Dyar, 1924	Северная Америка (Калифорния)
<i>A. (A.) esoensis</i> Yamada, 1921	Евразия (Северный Казахстан, Д. Восток, о. Сахалин, Северо-Восточный Китай, п-ов Корея, Японские о-ва)
<i>A. (A.) nataliae</i> Gornostaeva, 2005	Евразия (Читинская обл., юг Приморского края)
<i>A. (A.) rossicus</i> Dolbeskin, Gorickaja et Mitrofanova, 1931	Евразия (Зап. Европа (Украина, Польша, Чехия, Словакия, Венгрия), Кавказ, Русская равнина, Урал (Пермь, Оренбург), Сибирь (Якутия, Юг Сибири))
<i>A. (A.) sasai</i> Tanaka, Mizusawa et Saugstad, 1975	Евразия (о. Сахалин, юг Приморского края, Корея, Японские о-ва, Северный Китай)
<i>A. (A.) fuscus</i> Osten Sacken, 1877	Северная Америка (Массачусетс)
<i>A. (A.) valeryi</i> Gornostaeva, 2005	Евразия (Южная Сибирь (Хакассия, Тува, Читинская обл.))
<i>A. (A.) yamadai</i> Sasa, Kano et Takahasi, 1950	Евразия (о. Сахалин, Японские о-ва)

На территории северо-восточной части Русской равнины нами отмечены только два вида данной группы: *A. (A.) cinereus* и *A. (A.) rossicus* Dolbeskin, Gorickaja et Mitrofanova, 1931 (Панюкова, 2016).

Целью данной работы стало изучение морфологии самок *A. (A.) cinereus* и *A. (A.) rossicus*, собранных на территории европейского северо-востока России. Материалом для исследований послужили сборы имаго самок кровосо-

сущих комаров подрода *Aedes*, выполненные в таежных ландшафтах Республики Коми и Кировской области. Измерения проведены у 101 имаго самок *A. cinereus*, собранных в июне и июле 2005–2014 гг. в окр. с. Выльгорт (61°38' с. ш., 50°43' в. д.) и 115 имаго самок *A. rossicus*, собранных 11.09.2014 г. в окр. с. Боровка (57°57' с. ш., 48°20' в. д.). Под бинокулярным микроскопом при помощи окуляр-микрометра у высушенных и наколотых на энтомологические булавки имаго самок комаров измеряли шесть морфологических параметров: длину и ширину крыловой пластины, длину и ширину брюшка, длину бедра передней ноги и длину хоботка. Ширину брюшка измеряли у места его соединения с грудными сегментами, а ширину крыла в наиболее расширенной части крыла. Всего проведено 1206 измерений у 201 особи двух видов. Выполнены расчеты крылового и брюшного коэффициентов (крыловой коэффициент отношение длины к ширине крыла, брюшной коэффициент – отношение длины к ширине брюшка), среднее арифметическое, размах вариаций и стандартное отклонение. Данные расчетов показали, что у комаров *A. (A.) cinereus* размеры крыла, бедра, хоботка и брюшка меньше, чем соответственно у *A. (A.) rossicus* (табл. 2). Брюшной коэффициент (БК) свидетельствует о накоплении резервов питательных веществ голодными самками. У *A. cinereus* БК более чем в 2 раза выше, чем у *A. (A.) rossicus*, что может быть свидетельством большей приспособленности *A. cinereus* к перенесению популяциями данного вида неблагоприятных условий среды и устойчивостью к холоду. Крыловой коэффициент (КК) у двух видов группы *cinereus* различается незначительно, способность к полету у них примерно одинаковая, что объясняет небольшой разлет от мест развития личинок и преимущественное нападение имаго самок данной группы видов в незначительной удаленности от мест выплода. Полученные результаты будут занесены в морфологическую базу данных, где накапливаются данные для последующего анализа географической изменчивости видов кровососущих комаров.

Таблица 2

Морфометрические различия кровососущих комаров группы *cinereus* северо-востока Русской равнины

Морфометрические данные	Виды	
	<i>Aedes cinereus</i> (n=101)	<i>A. rossicus</i> (n=115)
Длина брюшка (мм) (среднее/размах вариаций)	3,2±0,6/1,9–4,1	3,8±0,6/4,9–2,7
Ширина брюшка (мм) (среднее/размах вариаций)	0,4±0,2/0,1–0,9	0,8±0,1/0,5–1,0
Брюшной коэффициент (среднее)	11,0±5,1	5,0±1,2
Длина крыла (мм) (среднее /размах вариаций/)	3,9±0,5/3,1–4,1	4,5±0,5/3,5–5,2
Ширина крыла (мм) (среднее /размах вариаций/)	1,1±0,2/0,7–1,2	1,4±0,4/0,7–2,1
Крыловой коэффициент (среднее)	3,5±0,3	3,8±1,1
Длина хоботка (среднее)	2,7±0,3	3,3±0,6
Длина бедра (среднее)	3,0±0,4	3,7±0,3

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы отдела экологии животных «Животный мир европейского северо-востока России в условиях хозяйственного освоения и изменения окружающей среды (2015–2017 гг., № гос. регистрации: 115012860088) и гранта РФФИ № 14-04-01139.

Литература

Горностаева Р. М. К ревизии комаров подрода *Aedes* (Diptera, Culicidae) Палеарктики // Паразитология. 2005. Т. 39. № 6. С. 457–507.

Гуцевич А. В., Мончадский А. С., Штакельберг А. А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Комары сем. Culicidae. Т. 3. № 4. Л: Наука, 1970. 384 с.

Панюкова Е. В. Обзор фауны кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) европейского северо-востока России // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. № 2 (196). Сыктывкар, 2016. С. 15–22.

Bohart R. M., Washino R. K. Mosquitoes of California. Third edition. Division of agricultural sciences University of California. 1978. Berkeley, 50. P. 49–50.

НАСЕЛЕНИЕ ДНЕВНЫХ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (LEPIDOPTERA: RHOPALOCERA) АНТРОПОГЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЙ СЫКТЫВКАРА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

А. Г. Татаринов, О. И. Кулакова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, andrei_tatarinov@mail.ru

Сыктывкарская локальная фауна дневных чешуекрылых является одной из самых изученных и многочисленных на территории Республики Коми. К настоящему времени здесь выявлено видов *Rhopalocera* из шести семейств, постоянными или временными местообитаниями которых являются около 30 типов растительных сообществ (Татаринов, Долгин, 2001; Татаринов, 2016). Особую категорию местообитаний дневных чешуекрылых составляют фитоценозы участков местности, трансформированных в процессе хозяйственной деятельности человека.

Антропогенные местообитания булавоусых чешуекрылых г. Сыктывкара и его окрестностей, мониторинг которых ведется с начала 90-х гг. 20 в., можно условно подразделить на две большие категории: городские и загородные. Категория городских местообитаний объединяет участки, пригодные для жизнедеятельности дневных чешуекрылых в пределах города. Б. Клаустницер (1990) городские местообитания подразделяет на две основные группы: строения и прочие наземные местообитания. В городских строениях могут перезимовывать имаго *Gonepteryx rhamni*, *Nymphalis urticae*, *N. antiopa*, *N. io*, *Polygonia c-album*, *Nymphalis xanthomelas*, *Vanessa cardui*. Однако строения, даже как временные убежища, для всех этих видов неспецифичны и поэтому в качестве местообитаний дневных чешуекрылых рассматриваться не могут. Булавоусые чешуекрылые в городской черте встречаются на застроенных территориях (городские центры, районы старой застройки), в транспортных

зонах (улицы и аллеи, автомобильные и железнодорожные сооружения), на озелененных участках (скверы и парки), пустырях, заселяют остаточные негородские экосистемы. За период исследований в городской черте Сыктывкара зарегистрировано около 50 видов дневных чешуекрылых, 35 из которых встречаются здесь ежегодно, остальные – периодически (не каждый год) или отмечены лишь однажды. Установлено, что 18 регулярно встречающихся видов размножаются и проходят весь жизненный цикл развития, т. е. у них в условиях города сформировались многолетние популяционные группировки. Наибольшим разнообразием дневных чешуекрылых в городской черте Сыктывкара характеризуются рудеральные местообитания, расположенные вдоль мало эксплуатируемых железнодорожных путей. Здесь сформировались особые по составу и структуре доминирования видовые ассамблеи. Безусловным лидером по обилию является вид *Nymphalis urticae*, на долю которого приходится до 50% состава населения. В состав фоновых видов входит суббореальная голубянка *Glaucopsyche alexis*, не встречающаяся за пределами города, а также эвритопная белянка *Pieris napi*. Отметим, что именно в данных местообитаниях закрепились проникшие в последние десятилетия на территорию республики суббореальные дневные чешуекрылые. Кроме упомянутой голубянки *Glaucopsyche alexis* это желтушка *Colias croceus*, голубянки *Lycaena dispar*, *Cupido argiades*. На рудеральных участках значительно выше, чем в других местообитаниях, численность белянок *Pontia edusa*, *Colias hyale*, голубянок *Cupido minimus*, нимфалид *Polygonia c-album*, *Araschnia levana*, потомства сезонных мигрантов *Vanessa cardui*, *V. atalanta*, *Nymphalis io*.

Из антропогенных загородных местообитаний дневных чешуекрылых Республики Коми, прежде всего, надо назвать огородно-полевые местообитания: огороды и садовые участки в поселках, деревнях, в дачных массивах, а также эксплуатируемые и заброшенные сельскохозяйственные поля. На полях, включенных в севооборот, постоянно встречаются лишь два вида т.н. «огородных» белянок – *Pieris napi*, *P. rapae*. На полях в окрестностях с. Выльгорт соотношение данных видов в среднем по годам составляет 3 : 2. Кроме того, в последние годы здесь стала весьма обычной суббореальная белянка *Pontia daplidice*. Можно предположить, что у этого вида, традиционно считавшегося сезонным мигрантом, здесь сформировались временные популяционные группировки. Эти же виды являются самыми многочисленными на огородах и в садовых участках, кроме того, здесь в массе встречаются нимфалиды *Nymphalis urticae*, *Araschnia levana*, белянка *Gonepteryx rhamni*. Население дневных чешуекрылых бывших агроценозов формируется за счет миграции видов из окружающих природных местообитаний. В окрестностях г. Сыктывкара на подобных участках доминируют по численности голубянки *Plebeius idas*, *Polyommatus semiargus*, сатириды *Aphantopus hyperantus*, *Coenonympha glycerion*. Если данные полевые участки не будут повторно введены в эксплуатацию, то, очевидно, здесь в процессе зарастания сформируется население дневных чешуекрылых, характерное для злаково-разнотравных

и мелкоразнотравных лугов подзоны средней тайги (Татаринов, Долгин, 2001).

Таким образом, группировки дневных чешуекрылых антропогенных местообитаний Сыктывкара и его окрестностей являются своеобразным и заметным элементом местной фауны. Однако надо отметить, что они очень уязвимы так как постоянно находятся в сфере хозяйственной деятельности человека, что может вызвать значительные перестройки в составе и соотношении численности видов, а в крайнем случае привести к их полному вымиранию.

Литература

- Клаустницер Б. Экология городской фауны. М.: Мир, 1990. 246 с.
Татаринов А. Г. География дневных чешуекрылых европейского Северо-Востока России. СПб: Наука, 2016. 250 с.
Татаринов А. Г., Долгин М. М. Видовое разнообразие булавоусых чешуекрылых на европейском Северо-Востоке России. СПб: Наука, 2001. 244 с.

МАТЕРИАЛЫ ПО ФАУНЕ ШМЕЛЕЙ (HYMENOPTERA, APIDAE, BOMBUS LATR.) УЧАСТКА «ТУЛАШОР» ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

Н. И. Филиппов¹, С. В. Пестов^{1, 2, 3}

¹ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

² *Вятский государственный университет,*

³ *Государственный природный заповедник «Нургуш»,
filippov@ib.komisc.ru, pestov@ib.komisc.ru*

Среди жалящих перепончатокрылых в арктобореальной зоне наиболее многочисленной группой являются шмели. Представители рода *Bombus Latr.* играют важную роль в опылении растений. Благодаря своим специфическим приспособлениям, среди насекомых шмели являются наиболее эффективными опылителями многих видов растений. Также широко известна уязвимость многих видов шмелей, численность которых сокращается при усилении антропогенной нагрузки, что может служить индикатором состояния природной среды (Celary, 2007; Alanen, 2009). Начало систематического изучения шмелей в Кировской области было положено Л. Г. Сысолетиной (1974), которая приводит 27 видов. В настоящее время число видов шмелей региональной фауны достигло 30. В литературе по шмелям Кировской области содержатся преимущественно фаунистические сведения и практически нет данных по обилию видов, что существенно затрудняет оценку их соэкологического статуса. Особенно важны такие сведения по охраняемым территориям.

Целью настоящей работы является оценка биологического разнообразия и структуры населения шмелей в типичных среднетаежных местообитаниях в пределах участка «Тулашор» заповедника «Нургуш». Сборы шмелей проводились с 18 по 28 июля. Всего собрано 135 экземпляров. Состав и структура населения шмелей показаны в таблице ниже. В течение всего периода исследований, каждый день, сборы осуществлялись в квартале 33 в ок-

рестностях кордона Пажмашор, (95 экз.) на опушке елового леса. Практически единственным кормовым растением в данный период здесь являлся *Melampyrum sylvaticum* L.

Однодневные сборы проводились в окрестностях урочища Галанин лог (21.07.2016), а также кордонов Синюг (25.07.2016) и Тулашор (18.07.2016). Кордон Синюг (кв. 28) и ур. Галанин лог (кв. 34) располагаются в пределах заповедной территории. Кордон Тулашор находится в кв. 39 охранной зоны. Шмели здесь питались на *Hypericum maculatum* Crantz и *Angelica sylvestris* L., Единичные находки сделаны в кв. 52 охранной зоны (*Bombus lucorum* и *Bombus sylvestris*) и в 35 кв. заповедника (*Bombus hypnorum*, *Bombus lucorum* и *Bombus sporadicus*).

Наиболее обильным и широко распространенным видом в Тулашоре оказался *B. sporadicus* Nyl., этот вид занесен в Красные книги Республики Коми (2009) и Кировской области (2014). Высокое обилие данного вида в старовозрастных лесах на участке «Тулашор» заповедника «Нургуш» было отмечено составителями Красной книги Кировской области (2014). Его высокое обилие объясняется подходящими для обитания биотопами и низким уровнем антропогенной нагрузки. Вторым по значимости видом был *B. lucorum* (L.) – это широко распространенный эврибионтный вид. Наиболее редкими видами являются *B. jonellus* (Kirby), *B. soroeensis* (F.), *B. bohemicus* Seidl, *B. norvegicus* (Sparre Schneider). Низкая численность первого объясняется низкой конкурентноспособностью в условиях средней и южной тайги, зона оптимума этого вида приходится на крайнесеверную тайгу. Также высока его численность в северной тайге, лесотундре и южной тундре. Последние два вида относятся к шмелям-кукушкам и их численность практически всегда находится на низком уровне.

По кривой рангового распределения население шмелей относится к модели разломанного стержня (рис.). Такое распределение встречается, когда несколько видов случайно делят среду между собой так, что занимают не перекрывающиеся, но тесно прилегающие друг к другу экологические ниши. Обилие каждого вида пропорционально ширине его ниши. Такое распределение характерно для сообществ с интенсивной межвидовой конкуренцией, территориальным поведением (Татаринов, Долгин, 2010).

Анализ распределения видов шмелей по баллам относительного обилия показал выпадение малочисленных видов (ранг 2), что довольно характерно для особо охраняемых территорий таежной зоны.

Отличительной чертой структуры населения участка «Тулашор» является модель рангового распределения, так как для ненарушенных или нарушенных в малой степени территорий таежной зоны более характерны логарифмическая и логнормальная модели.

Таблица

Население шмелей участка «Тулашор» заповедника «Нургуш»

№ п/п	Вид	Охранная зона		Заповедник				Половой состав			Всего	Параметры биоразнообразия		
		Тулашор	Кв. 52	Галанин лог	Пажмашор	Синюг	Кв.35	♀	♂	♀		Id%	V%	В, баллы
1	<i>B. (Ps.) bohemicus</i> Seidl	–	–	–	–	1	–	–	–	1	1	0,75	10	1
2	<i>B. (Pr.) cingulatus</i> Wahlb.	1	–	3	4	–	–	1	7	–	8	6,02	50	3
3	<i>B. (Mg.) consobrinus</i> Dahl.	–	–	–	9	1	–	10	–	–	10	7,52	60	3
4	<i>B. (Pr.) hypnorum</i> (L.)	–	–	3	5	–	1	7	2	–	9	6,77	60	3
5	<i>B. (Pr.) jonellus</i> (Kirby)	–	–	–	1	–	–	1	–	–	1	0,75	10	1
6	<i>B. (Bo.) lucorum</i> (L.)	4	1	2	16	3	1	27	–	–	27	20,30	90	4
7	<i>B. (Ps.) norvegicus</i> (Sparre Schneider)	–	–	–	1	–	–	–	1	–	1	0,75	10	1
8	<i>B. (Ml.) pascuorum</i> (Scop.)	4	–	–	15	–	–	15	4	–	19	14,29	50	3
9	<i>B. (Pr.) pratorum</i> (L.)	1	–	–	6	–	–	6	1	–	7	5,26	50	2
10	<i>B. (Th.) ruderarius</i> (L.)	–	–	3	–	–	–	2	1	–	3	2,26	10	1
11	<i>B. (Th.) schrencki</i> Morawitz	–	–	–	12	1	–	12	1	–	13	9,02	60	3
12	<i>B. (Kl.) soroensis</i> (F.)	–	–	–	1	–	–	1	–	–	1	0,75	10	1
13	<i>B. (Bo.) sporadicus</i> Nyl.	1	–	1	24	4	1	19	11	1	31	23,31	90	4
14	<i>B. (Ps.) sylvestris</i> (Lep.)	–	1	–	1	–	–	–	2	–	2	1,50	10	1
	Общий итог	11	2	12	95	10	3	101	30	2	128			

Примечание: ♀ – рабочие особи, ♂ – самцы, ♀ – самки, N – количество особей в сборах, Id – доля особей вида в сборах, V% – встречаемость вида в сборах, В – относительное обилие по логарифмической шкале Ю. А. Песенко (1982)

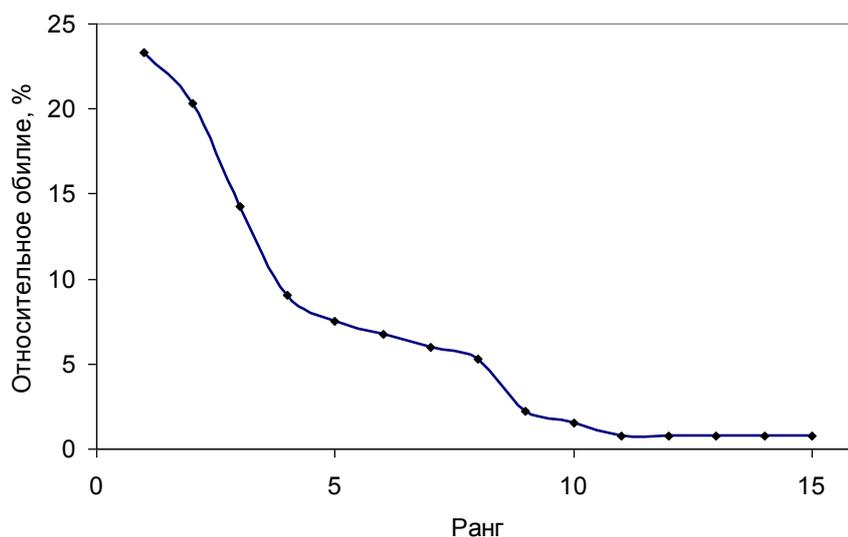


Рис. Ранговое распределение видов шмелей по обилию

Таким образом, в фауне шмелей участка Тулашор отмечено 14 видов, относящихся к 7 под родам, что соответствует уровню биоразнообразия в иных локальных фаунах средней тайги (Долгин, Филиппов, 2010; Пестов и др., 2013).

Литература

Долгин М. М., Филиппов Н. И. Видовое разнообразие и биотопическое распределение шмелей (Hymenoptera: Apidae, Vombini) Южного Тимана // Вестн. Поморского ун-та. Сер. Естественные науки. 2010. Вып. 4. С. 43–47.

Левченко Т. В., Юферев Г. И. Уточнения и дополнения в списке видов пчел (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) Кировской области // Труды Государственного природного заповедника «Нургуш». Т. 2. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2013. С. 99–108.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Красная книга Республики Коми, Сыктывкар, 2009. 791 с.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

Пестов С. В., Расова Е. Е., Филиппов Н. И., Володин В. В. Комплексы опылителей некоторых растений трибы Cardueae (Asteraceae) в условиях средней тайги Республики Коми // Известия Самарского НЦ РАН. 2013, Т. 15, № 3 (7). С. 2205–2209.

Сысолетина Л. Г. Род *Vombus* – Шмели // Животный мир Кировской области. Киров, 1974. Вып. 2. 525 с.

Татаринев А. Г., Долгин М. М. Видовое разнообразие и методы его оценки. Сыктывкар, 2010. 44 с.

ЗНАЧЕНИЕ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ В СОХРАНЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕЧНОЙ ДОЛИНЫ (на примере населения жужелиц (*Coleoptera*, *Carabidae*) берёзово-соснового леса в заповеднике «Нургуш»)

Л. Г. Целищева

Государственный природный заповедник «Нургуш», tselishchevalg@mail.ru

Сохранение биологического разнообразия – одна из основных задач заповедников. Для комплексной оценки экологического состояния экосистем и их динамики необходимо исследование всех компонентов биоценозов. В последние годы активно изучается почвенное население пойм, где, благодаря более высокому плодородию почв и мягкому микроклимату, формируются многовидовые сообщества, отличающиеся от зональных биоценозов более значительным видовым богатством. На расширенных участках поймы, таких как в заповеднике «Нургуш», располагаются надёжные резерваты биологического разнообразия нескольких природных зон.

Единственный в Кировской области государственный природный заповедник «Нургуш» включает два участка: «Нургуш» в Котельничском районе и «Тулашор» – в Нагорском. Изучение почвенной мезофауны началось в 2008 году на участке «Нургуш», где в пойме р. Вятки сохранились старовозрастные широколиственные леса, далеко продвинувшиеся на север в подзону южной тайги. На экологическом профиле исследованиями были охвачены прирусловый вал, луга низкой и притеррасной поймы, широколиственные леса высокой поймы (Целищева, 2010, 2012, 2015; Двойнишникова, Целищева, 2015). Для завершения характеристики пойменного комплекса в 2014 г. добавлена пробная площадь на второй надпойменной террасе в охранной зоне – берёзово-сосновый чернично-орляковый зеленомошный лес.

Вероятно, незатопляемые биоценозы, прилегающие к пойме, служат местом сохранения многих видов почвенной фауны во время половодья, в особенности летающих и активно передвигающихся по поверхности почвы. Безусловно, сообщества надпойменной террасы должны иметь и свою специфику животного населения, обусловленную почвенно-растительными особенностями.

Цель данной работы – исследование населения жужелиц второй надпойменной террасы на примере берёзово-соснового леса и оценка его роли в поддержании видового разнообразия речной долины.

Материал был собран в течение вегетационных сезонов 2014–2015 гг. (с начала июня по первую декаду октября) в берёзово-сосновом чернично-орляковом зеленомошном лесу, расположенном на второй надпойменной террасе р. Вятки в охранной зоне участка «Нургуш» (квартал 79, выдел 33, N 57°59,267', E 48°22,638'). Древесный ярус этого фитоценоза представлен в основном сосной. Формула древостоя 7С3Б. Высота деревьев в среднем составляет 17–22 м, сомкнутость крон – 0,7. В травяно-кустарничковом ярусе

преобладают черника и орляк обыкновенный, в мохово-лишайниковом – плевроциум Шребера. Площадь проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса составляет 70 %, а мохово-лишайникового – 50%.

В качестве ловушек Барбера использовались пластиковые стаканы объемом 0,5 л с фиксатором (4% формалин). В исследуемом биотопе действовало 10 ловушек, сбор материала выполнялся каждую декаду. В 2014 г. отработано 1330 ловушко-суток, а в 2015 г. – 1310. Собрано 1166 экземпляров имаго жу-желиц.

Порядок таксонов принят по О. Л. Крыжановскому и др. (Kryzhanovskij et al., 1995). При описании населения жу-желиц использован термин «попадаемость» – количество экземпляров, пойманных за 10 ловушко-суток (экз./10 лов. сут.). Оценка роли видов в сообществе осуществлена с использованием пятибальной шкалы, предложенной Ю.П. Песенко (1982). Виды, имеющие балл обилия 5, рассматривались как массовые, 4 – многочисленые, 3 – обычные, 2 – редкие, 1 – очень редкие. С помощью программы Past 2.15 были вычислены индексы видового богатства и разнообразия.

В берёзово-сосновом лесу за период исследования зарегистрирован 21 вид жу-желиц (табл. 1), относящихся к 10 родам. Преобладали виды из родов *Pterostichus* (6 видов) и *Carabus* (5), род *Amara* был представлен 2 видами, остальные – по одному.

Таблица 1

Видовой состав, структура доминирования населения жу-желиц берёзово-соснового леса в охранной зоне заповедника «Нургуш» в 2014-2015 гг.

№ п/п	Видовой состав	2014 г.			2015 г.		
		экз./10 лов.-сут.	%	балл	экз./10 лов.-сут.	%	балл
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	-	-	-	0,01	0,2	1
2	<i>Carabus arcensis</i> Herbst, 1784	3,451	74,51	5	3,09	73,5	5
3	<i>Carabus menetriesi</i> Faldermann, 1827	0,007	0,16	1	-	-	-
4	<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	0,023	0,49	1	-	-	-
5	<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	0,023	0,49	1	0,02	0,4	1
6	<i>Carabus schoenherri</i> Fischer von Waldheim, 1823	0,286	6,17	3	0,28	6,5	3
7	<i>Cychrus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	0,195	4,22	3	0,24	5,6	3
8	<i>Bembidion mannerheimi</i> (C.R. Sahlberg, 1834)	-	-	-	0,01	0,2	1
9	<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	0,195	4,22	3	0,26	6,1	3
10	<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull, 1790)	0,015	0,33	1	0,01	0,2	1
11	<i>Pterostichus aethiops</i> (Panzer, 1797)	0,007	0,16	1	0,02	0,6	1
12	<i>Pterostichus quadrioveolatus</i> Letzner, 1852	-	-	-	0,01	0,2	1

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
13	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	0,037	0,81	2	0,01	0,2	1
14	<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	0,023	0,49	1	0,01	0,2	1
15	<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	0,211	4,55	3	0,19	4,7	3
16	<i>Agonum versutum</i> Sturm, 1824	-	-	-	0,02	0,4	1
17	<i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)	0,007	0,16	1	-	-	-
18	<i>Amara brunnea</i> (Gyllenhal, 1810)	0,113	2,44	3	0,03	0,8	1
19	<i>Harpalus laevipes</i> Zetterstedt, 1838	-	-	-	0,01	0,2	1
20	<i>Licinus depressus</i> (Paykull, 1790)	0,007	0,16	1	-	-	-
21	<i>Badister lacertosus</i> Sturm, 1815	0,03	0,64	1	-	-	-
	Средняя за сезон попадаемость (экз./10 лов.сут.)	4,63			4,20		
	Число экземпляров	616			550		
	Число видов	16			16		
	Индекс Маргалефа, D_{Mg}	2,335			2,377		
	Индекс Шеннона, H'	1,099			1,068		
	Индекс Бергера-Паркера, D_{B-P}	0,7451			0,7364		

В данном биотопе ежегодно регистрировалось по 16 видов. Видовое богатство, судя по индексу Маргалефа, оставалось сходным на протяжении двух лет и составляло 2,34–2,38. Стабильными были и показатели видового разнообразия: индекс Шеннона – 1,10–1,07; индекс Бергера-Паркера – 0,75–0,74. Население жувелиц берёзово-соснового леса на боровой террасе в видовом отношении в 2–2,75 раза беднее пойменных лесов, где ежегодно регистрируется от 31 до 44 видов, а индекс выравненности по обилию в них выше в два раза ($H' = 2,380-2,211$) (Целищева, 2012).

По видовому составу в разные годы население жувелиц берёзово-соснового леса очень сходно и отличается только отсутствием некоторых редких видов.

Абсолютным доминантом в данном лесу отмечен *Carabus arcensis* (балл обилия 5), его доля в составе населения жувелиц была очень высокой – 75–74%. В широколиственных лесах поймы в 2014–2015 гг. напротив регистрировалось снижение численности *C. arcensis*, вероятно, связанное с влиянием высокого и продолжительного половодья в эти годы. В берёзово-сосновом лесу сохраняется резерв данного вида для заселения поймы.

Состав обычных видов в период исследования был неизменным, к ним относились типичные обитатели таёжных лесов (балл обилия 3): *Carabus schoencherri*, *Cychrus caraboides*, *Pterostichus niger*, *Calathus micropterus*, *Amara brunnea*. Из них вид, характерный только для сосновых лесов, – это *C. schoencherri*.

Ежегодно регистрировались и представители карабидофауны, характерные для южнотаёжных лесов: *Carabus glabratus*, *Pterostichus*

oblongopunctatus, *Harpalus laevipes*. Они обычно лидируют по численности в лесах на плакоре, в исследованном биотопе – единичны. Эврибионтный *Pterostichus melanarius* был также немногочисленен.

На бортовую террасу проникают виды, предпочитающие заболоченную пойму и берега водоёмов, в 2014 г. – это *Carabus menetriesi*, *C. granulatus*, *Pterostichus nigrita*, *Licinus depressus*, а в 2015 г. – *Notiophilus palustris*, *Pterostichus quadrioveolatus*, *P. nigrita*, *Agonum versutum*. Они представлены единичными экземплярами, вероятно, мигрировавшими в период половодья (встречи в начале лета *C. menetriesi*, *C. granulatus*, *L. depressus*), а также в конце лета во время расселения молодых жуков или выбора ими мест для зимовки (*P. nigrita*, *P. quadrioveolatus*, *A. versutum*). Большинство из них преодолевали расстояние, перелетая, за исключением *C. menetriesi* и *C. granulatus*, способных только к активным пешим перемещениям. Следует подчеркнуть, что *C. menetriesi*, занесённый в Красные книги Российской Федерации и Кировской области, находится в лесах надпойменной террасы в неблагоприятный период весеннего половодья.

Кроме того, в светлом берёзово-сосновом лесу с высоким покрытием травяно-кустарникового яруса создаются условия для обитания луговых видов – *Amara communis*, *Bembidion mannerheimi*, а наличие берёзы в древостое благоприятно для *Badister lacertosus*, который обычно встречается под пологом лиственных лесов.

Численность особей в исследованном биотопе в целом высокая, попадаемость в среднем за сезон составляет 4,63 и 4,2 экз./10 лов.-сут. Это в 2 – 3 раза выше, чем в сосновых лесах на плакоре, и значительно ниже (в 15–20 раз), чем в широколиственных лесах поймы (Двойнишникова, Целищева, 2015).

При рассмотрении особенностей экологической структуры населения жужелиц в исследованном лесу можно отметить преобладание крупных поверхностно обитающих жуков – эпигеобионтов, доля которых составляет 86%, невысокую численность подстилично-почвенных (6–7,5%) и подстилочных (5,4–5,5%) форм.

Специфика населения жужелиц берёзово-соснового леса надпойменной террасы обусловлена, в основном, особенностями малопродуктивных песчаных почв и выражается в невысоком числе видов, видовом обилии и разнообразии, что может быть связано с сокращением числа экологических ниш в данном сообществе по сравнению с пойменными лесами. В то же время, данные параметры выше, чем в сосновых лесах на плакоре, в связи с возможными миграциями обитателей поймы в надпойменную террасу.

На экологическом профиле пойменных сообществ в заповеднике «Нургуш» ранее было выявлено 126 видов жужелиц, относящихся к 44 родам (Целищева, 2012). В результате данных исследований фауна жужелиц речной долины дополнилась двумя видами: *Amara brunnea* и *Carabus schoencherri*.

Таким образом, леса второй надпойменной террасы играют роль буфера, поддерживающего биологическое разнообразие и пойменных азональных

биоценозов, и зональных – южнотаёжных. На примере населения жуужелиц берёзово-соснового леса подтверждается, что сообщества поймы и второй надпойменной террасы представляют собой единый комплекс видов речной долины, который объединяют мигрирующие особи. В ходе исследования отмечено проникновение пойменных обитателей в леса боровой террасы, так и таёжных элементов фауны в пойму. Ценность данных сообществ заключается и в сохранении редких «краснокнижных» видов, таких как *Carabus menetriesi*.

Следовательно, для поддержания биологического разнообразия участка «Нургуш» целесообразно в заповедную территорию включить и сосновые леса надпойменной террасы, которые в настоящее время относятся к охранной зоне. Присутствие в них мест обитания «краснокнижных» видов также является основанием для более строгой охраны данных сообществ и присоединения их к заповеднику.

Литература

Двойнишникова М. Н., Целищева Л. Г. Динамика населения жуужелиц пойменных лесов в заповеднике «Нургуш» в 2012–2013 гг. // Механизмы устойчивости и адаптации биологических систем к природным и техногенным факторам: материалы Всерос. науч. конф. Киров, 2015. С. 218–221.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 288 с.

Целищева Л. Г. Население жуужелиц широколиственных сообществ заповедника «Нургуш» // Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации. Материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 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.

Целищева Л. Г. Динамика населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в пойменных сообществах (на примере заповедника «Нургуш», Кировская область) // Современные проблемы энтомологии Восточной Европы: Материалы I Междунар. науч.-практ. Минск: «Экоперспектива», 2015. С. 281–284.

Kryzhanovskij O.L., Belousov I.A., Kabak I.I., Kataev B.M., Makarov K.B., Shilenkov V.G. A Checklist of the Ground-Beetles of Russia and Adjacent Land (*Insecta*, *Coleoptera*, *Carabidae*). Sofia-Moscow: PensoftPublishers, 1995. P. 1–271.

РАЗРАБОТКА НОВОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОВ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ МУКИ И ГОТОВОЙ ХЛЕБОПРОДУКЦИИ НА ХЛЕБОПРЕДПРИЯТИИ

М. В. Черемисинов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Хлеб – один из важнейших составляющих рациона питания человека. Производство хлеба – это ответственный и сложный процесс. Качество хлеба

зависит от используемого сырья, а также технологического процесса приготовления. Если коснуться истории хлебопечения, то можно отметить тот факт, что искусство хлебопечения было знакомо еще древним египтянам. Но, изучая историю хлеба, ученые пришли к любопытным открытиям. Они установили, что хлеб значительно старше египетских пирамид, – это один из древнейших продуктов, появившихся еще в неолите.

Поиск эффективных средств борьбы с вредителями хлебных запасов всегда был актуален. Чтобы предотвратить количественные и качественные потери хранящегося сырья и готовых хлебопродуктов необходимо применять обоснованный и проанализированный комплекс мероприятий. Особо опасными вредителями хлебных запасов в системе хлебопродуктов являются долгоносики, зерновой точильщик, хрущаки и огнёвки. Наличие насекомых в продовольственных товарах, местах их хранения и в производственных помещениях является показателем санитарно-эпидемиологического неблагополучия. Цель работы – предложить новую систему методов борьбы с вредителями муки и готовой хлебопродукции на хлебопредприятии.

Ежегодные потери от насекомых вредителей при хранении семян составляют 10–20% (Закладной, 1983). Полученный урожай необходимо не только собрать, но и сохранить без потерь. Запасы зерна, семян и продукты их переработки могут подвергаться повреждению насекомыми, клещами, которых известно свыше 400 видов. Борьба с этими вредителями требует обязательного применения защитных мероприятий в период хранения, как зерна, так и продуктов его переработки.

Согласно ГОСТ 28420-89 подкарантинные продукты запаса (зерно и шрот, муку, крупу, орехи, сухофрукты, бобы, какао...и т. п.), предназначенные для посевных, продовольственных, кормовых и технических целей, подлежат энтомологической экспертизе на выявление возможной их зараженности вредителями в явной или скрытой форме.

Для выявления возможной зараженности продуктов запаса или сырья установлены различные методы энтомологической экспертизы: визуальный, фототермоэклекция (с использованием приборов Берлезе-Тулгрена при помощи светового и теплового воздействия), также используются рентгенографический, биологический методы, ловушки и др.

Основу системы мероприятий по защите муки и хлебопродуктов от вредителей, осуществляемых на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях, должны составлять профилактические и хозяйственные меры, предусматривающие высокую культуру хранения, обработки и переработки зерновых продуктов.

Борьба с вредителями является непростой задачей, поэтому особое внимание следует уделять профилактическим мерам:

- тщательному осмотру поступающего товара;
- хранению брака в плотно закрывающейся таре;
- размещению каждой партии товара компактно в одном месте;
- своевременной уборке просыпавшегося товара;

– уничтожению или хранению опорожненных упаковочных материалов вне склада;

– размещению на складе (производстве, в торговом зале) феромонных ловушек, которые дают возможность контролировать момент появления бабочек и способны защитить помещение в случае незначительного заражения.

Таким образом, профилактические мероприятия следует рассматривать как основу системы мероприятий, направленных на сокращение потери мучных и зерновых запасов от вредных организмов. Предупредить заражённость всегда легче, чем уничтожить вредителей.

Химические методы борьбы – это меры исключительные, они применяются при значительном пороге вредоносности. Применение химических средств для уничтожения грызунов (дератизация) и насекомых (дезинсекция) допускается только при проведении этих мероприятий специалистами дезинфекционных предприятий (Закладной, 1973).

Основным способом борьбы является применение инсектицидов. Препараты на основе одного действующего вещества имеют более узкий диапазон активности, поэтому чаще применяют комбинированные, многокомпонентные средства.

Радикальной уничтожающей мерой борьбы с вредителями зерновых запасов продолжает оставаться химическая дезинсекция: аэрозольная, газовая (фумигация). В настоящее время для борьбы с насекомыми применяют более эффективные препараты на основе соединений фосфида водорода (PH_3) с металлами: магтоксин (д. в. фосфид магния), фостоксин (д. в. фосфид алюминия), фумифос (9 г/т), актеллик 500 ЕС (к. э. 16 г/т), алфос (табл. 9 г/т – 3 таблетки), альфин (11).

Для предотвращения возникновения устойчивости вредных организмов к применяемым пестицидам следует их чередовать в течение сезона и по годам. Эффективность фумигации складских помещений и камер с целью уничтожения амбарных вредителей определяют по смертности насекомых и клещей, помещенных в садки-изоляторы. Садки делают из тонкой металлической сетки на жестяном каркасе в виде цилиндра диаметром 3 см и высотой 20 см. К одному концу припаяна сетка, на другой конец надевают крышечку из сетки. Вредителей размещают в садке с пищей и переносят в фумигируемое помещение до начала фумигации. В отдельный садок помещают такое же количество вредителей с пищей и располагают в нефумигируемом помещении (контроль). Смертность насекомых в садке, подвергшихся действию фумиганта, сравнивают с контролем. Химическую обработку выполняют по специальной инструкции и проводят организации, имеющие на то официальное разрешение. Особенно строго контролируется фумигация: ее запрещено применять для партий зерна, предназначенных для отправки и концентрации на портовых элеваторах. Аэрозольная дезинфекция эффективна для обработки свободных складских помещений и прилегающих территорий. Средства, используемые для газации (фумигации), тяжелее воздуха, поэтому они легко проникают в норы и другие места обитания грызунов. Для этого используют

фосфорорганические и пиретроидные инсектициды: актеллик, магтоксин, каратэ, фастак, фуфанон КЭ, фумифаст ТАБ., фумифос и другие препараты.

Выявив вредителей в хранилище, прежде всего, необходимо найти очаг и уничтожить его. Обычно личинок различных видов можно обнаружить в укромных местах, в углах склада, в мучных просыпях. Обследование незатянутых складов следует начать с осмотра стен, полов, просыпей, других мест, в том числе щелей в стенах и полу.

В ходе обследования мучного склада и производственных помещений хлебозавода были обнаружены личинки мучной огнёвки и личинки большого мучного хрущака.

Зная плотность заражения объекта, причины и источники заражения, можно предотвратить массовое заражение и вред, причиняемый вредителями запасов. Личинки мучной огнёвки были обнаружены при входе в мучной склад под деревянным стеллажом в просыпях муки. При рассмотрении под микроскопом видны 8 пар ног (3 пары грудных и 5 пар брюшных ног). Гусеница имеет цвет грязно-белый, длина ее 15–20 мм. На теле видны редкие щетинки, голова, анальный отдел имеют ржаво-коричневый цвет.

Мучной комок, в котором обнаружены личинки был загрязнен экскрементами, паутиными трубками, остатками мешковины. При развитии гусениц в трубочках из муки цикл их развития заканчивается на 26–30 сутки, иногда на 50-ые сутки, а при питании гусениц, например, сеном, продлевается до года. Перед окукливанием гусеницы строят коконы, вплетая в них пыль и мусор.

Бабочка мучной огневки имеет окраску крыльев лиловато-коричневую с двумя светлыми поперечными линиями на передних крыльях, которые имеют треугольную форму с округлой вершиной. Бабочки мучной огневки отличаются от других огневок коричнево-серой бахромкой крыльев и полосками на передних крыльях не образующими костальных пятен. Эту бабочку можно встретить чаще в местах сырых и душных, чем сухих и проветриваемых.

Личинки большого мучного хрущака были обнаружены при обследовании производственного помещения с мукопросеивательной системой. Они обнаружены под оборудованием в сметах муки с задней части оборудования. Двери этого помещения выходят в пекарное отделение.

Необходимые мероприятия против заселения данными видами вредителей – это своевременная очистка оборудования и территории мучного склада от пыли и муки. В целях механизации чистки оборудования, для удаления мучной пыли из частей оборудования можно порекомендовать приобрести специальный промышленный пылесос.

В ходе обследования складского помещения отмечено также присутствие в штабелях заплесневелых мешков с мукой (в нижних рядах). Это говорит о том, что нижние ряды не поменяны с верхними при хранении муки. К отпотеванию и последующему заплесневению могли также привести резкие колебания температуры, не достаточное вентилирование.

Выполняя правила хранения муки, разработанные на основе изучения теории и практики хранения, можно полностью предотвратить развитие в ней многих нежелательных процессов. Так, могут быть совершенно устранены условия, благоприятствующие развитию микроорганизмов, попаданию в муку клещей и насекомых, слеживанию и самосогреванию муки.

На предприятии химические методы борьбы проводятся только в виде дератизационных работ выездной бригадой 1 раз в месяц. Преимущество химических мер борьбы – быстрое и эффективное уничтожение большого количества вредителей. Но он имеет существенные недостатки: пестициды ядовиты не только для вредителей, но и для человека, на приобретение пестицидов и техники расходуются средства. В настоящее время для обеззараживания незагруженных складов необходимо проводить влажную или аэрозольную обработку и фумигацию.

Таблица

**Система защитных мероприятий против вредителей запаса
на хлебопекарном предприятии**

Объекты	Защитные мероприятия
Складские помещения	Систематический ремонт помещений. Мусор, пыль, отходы необходимо уничтожать. Мешки хранить отдельно от сырья. Склад должен быть отремонтирован, герметично закрываться, деревянные детали дверей и косяков снизу закрыты металлом на высоте 30–50 см. (от грызунов) Между полом и землёй не должно быть пространства.
Зерно на хранение	Зерно должно быть просортировано и доведено до влажности 13–14%.
Дезинсекция незагруженных хранилищ	Влажная дезинсекция препаратами. Фумигация герметичных складов препаратами простор, фумифаст.
Обработка муки инсектицидами	При длительном хранении муки применяется консервация с помощью инсектицидов: актеллик, простор, фуфанон. Запрещается проводить газацию, если хранилище расположено ближе 200 метров от жилых и производственных помещений, 100 м. от автомагистралей. Температура воздуха при обработке не ниже 20 °С и не выше 25 °С.
Защита затаренных продуктов	Соблюдение санитарных норм и правил при хранении продукции. Обработка поверхности штабелей от насекомых и клещей мелкокапельным опрыскиванием растворами фуфанона. После высыхания на поверхности мешков остается пленка инсектицида, сохраняющая свои свойства несколько месяцев.

Препараты в данном случае можно применять только в соответствии со списком Государственного каталога пестицидов и агрохимикатов, разрешенного к применению на территории Российской Федерации на 2016: магтоксин (д. в. фосфид магния), фостоксин (д. в. фосфид алюминия), фумифаст (6 г/м³), алфос (9 г/т – 3 таблетки) и др. Их препаративные нормы можно размещать на полу, на поверхности мешков, между штабелей мешков с мукой. Допуск людей в складские помещения разрешается после полного проветривания в те-

чение 2–5 суток, а реализация и использование сырья – через 20 суток после фумигации. Фумигацию незагруженного склада можно осуществить с помощью влажного способа при использовании аэрозольного оборудования. Чаще всего применяется аэрозольный генератор, который способен делать небольшой туман из мелких капель, состоящий из инсектицидного вещества. Этот туман проникает во все щели обрабатываемых поверхностей и даже в труднодоступные места. Благодаря мощности генератора, можно обрабатывать даже самые высокие объекты, высотой более 12 метров. При фумигации небольших партий затаренной в мешки муки, таблетки размещают на подложках равномерно по всему фумигируемому объекту. Фумигацию фумифастом можно проводить в любое время года при температуре зерна, муки и крупы, а также при температуре воздуха в незагруженных зернохранилищах выше +15 °С.

Выводы и рекомендации:

1. На складе предприятия недостаточное вентилирование склада с мукой, привело к тому, что часть мешков с мукой оказалась заплесневелой.

2. На хлебозаводе были обнаружены личинки мучной огневки, большого мучного хрущака, что говорит о недостаточном и несвоевременном проведении профилактических мероприятий.

3. В качестве рекомендаций по хранению муки можно предложить регулярное удаление мучной пыли и мучных просыпей, а также освобождение склада от механических загрязнителей – ниток от мешков, мешковины и т. д.

4. Мешки в штабелях периодически необходимо менять местами (нижние ряды с верхними), такой метод предотвратит процесс заплесневения продукции.

5. За хранящимися партиями муки необходимо вести систематическое наблюдение и, прежде всего, проверять, не произошло ли заражение муки вредителями.

Литература

Закладной Г. А. Защита зерна и продуктов его переработки от вредителей. М.: Колос, 1983. 216 с.

Закладной Г. А. Вредители хлебных запасов и меры борьбы с ними. М.: Колос, 1973. 279 с.

Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации на 29.02.2016. М., 2016. 902 с.

СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА р. АРАБЕЛЬ-СУУ (КЫРГЫЗСТАН, ВНУТРЕННИЙ ТЯНЬ-ШАНЬ)

М. В. Чернявская

*Биолого-почвенный институт НАН Кыргызской Республики,
mari27.09@mail.ru*

Река Арабель-Суу является правым притоком реки Кумтор. Она берет свое начало с перевала Арабель. От самого перевала и почти до устья на обоих берегах реки часто попадаются озера различной величины и происхождения со снеговым или ледниковым питанием. Вода в этих озерах отстаивается и в виде небольших ручьев впадает в р. Арабель-Суу. Кроме того, река питается еще водами многочисленных ручьев, стекающих со снеговых склонов и ледников. Поэтому прозрачность воды в ней меньше, чем в реках, имеющих почти исключительно озерное питание, но гораздо больше, чем в реках, имеющих снеговое и ледниковое питание. Ширина, глубина, характер дна и скорость течения реки довольно часто меняются на небольшом расстоянии в связи с рельефом местности. Так, до порогов наблюдается довольно медленное течение (от 0,50 до 0,75 м/сек) и относительно большая глубина достигающая до 1 м; дно илистое, местами песчаное; ширина в среднем 5–6 м, реже больше. В порожистой части и на склонах река часто разливается, достигая при этом 10–12 м в ширину; дно реки каменистое; глубина до 40–50 см; течение быстрое, с перепадами до 1,5 м/сек (Музафаров, 1958).

Исследования р. Арабель-Суу проводились в вегетационный период (с июня по сентябрь) 2012 года по общепринятым методикам (Бродский, 1976; Кустарева, Лемзина, 1997).

Отбор донных организмов осуществлялся с помощью рамки Жадина (0,25м²). Пробы фиксировались 4% формалином.

Камеральная обработка собранного материала проводилась в лаборатории ихтиологии и гидробиологии Биолого-почвенного института НАН КР. Из пробы беспозвоночные выбирались с помощью глазной налобной лупы, при этом производился подсчет организмов по группам и видам. Затем по доступным к настоящему времени определительным пособиям (Жильцова, 1997; Клюге, 1997; Панкратова, 1970) проводилось определение видового состава зообентоса.

Зообентос реки Арабель-Суу представлен в основном личинками хирономид. Но здесь также встречаются личинки поденок, симулиид, ручейников и олигохеты (табл. 1).

Таблица 1

Зообентос реки Арабель-Суу за 2012 г.

Видовой состав	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Олигохеты	+	+	+	–
Личинки хирономид:				
<i>Orthocladius thienemanni</i> Kieffer, 1906	+	+	+	+
<i>Orthocladius</i> <i>uz</i> <i>sp. saxicola</i> Kieffer, 1911	+	+	+	–

Видовой состав	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
<i>Diamesa pseudostylata</i> Tshernovskij, 1949	+	+	+	+
<i>Diamesa insignipes</i> Kieffer, 1908	+	–	–	–
<i>Diamesa parva</i> Edwards, 1932	–	–	+	–
<i>Syndiamesa branickii</i> Nowicki, 1873	+	–	–	–
<i>Eukiefferiella</i> sp.	+	–	–	–
<i>Limnophyes transcausicus</i> Tshernovskij, 1949	–	–	+	–
Личинки симулиид:				
<i>Psilozia vittata</i> Zetterstedt, 1838	+	–	–	+
Личинки ручейников:				
<i>Brachycentrus subnubilis</i> Curtis, 1834	+	–	–	–
<i>Oligoplectrodes</i> sp.	–	–	–	+
Личинки поденок:				
<i>Baetis</i> sp.	–	+	–	–
Всего видов: 13	9	5	6	4

Как видно из таблицы видовой состав реки Арабель-Суу не богат. Это объясняется тем, что река Арабель-Суу является типичной высокогорной рекой «среднеазиатского типа» с экстремальными условиями, которые характеризуется низким температурным режимом, большой скоростью воды, значительным количеством твердых взвешенных частиц (Бродский, 1976). Экстремальные условия обитания не способствуют формированию богатого видового состава зообентоса р. Арабель-Суу.

Самыми массовыми видами в данном водотоке являются хирономиды *Orthocladius thienemanni* К. и *Diamesa pseudostylata* Т., которые встречаются во всех пробах.

Количественное распределение донных беспозвоночных в реке Арабель-Суу представлен в таблице 2.

Таблица 2

Количественное развитие зообентоса в Арабель-Суу за вегетационный период 2012 г. (экз/м²)

Группы организмов зообентоса	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Черви (Vermes)	20	64	112	–
Личинки ручейников (Trichoptera)	8	–	–	8
Личинки поденок (Ephemeroptera)	–	8	–	–
Личинки хирономид (Chironomidae)	400	168	288	8
Личинки симулиид (Simuliidae)	48	–	–	4
Всего:	476	240	400	20

Как видно из таблицы 2 максимума численность донных беспозвоночных достигает в июне. В июле численность снижается, что объясняется вылетом насекомых из водной личиночной стадии в воздушную среду. Наименьшее количество организмов наблюдается в сентябре.

Литература

Бродский К. А. Горный поток Тянь-Шаня. Эколого-фаунистический очерк. Л.: Наука, 1976. 244 с.

Жильцова Л. А. Веснянки (Plecoptera) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб., 1997. Т. 3. С. 248–264.

Клюге Н. Ю. Поденки (Ephemeroptera) // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб., 1997. Т.3. С. 176–220.

Кустарева Л. А., Лемзина Л. В. Жизнь в водоемах Кыргызстана. Бишкек: Илим, 1997. 224 с.

Музафаров А. М. Флора водорослей горных водоемов Средней Азии. Ташкент: Академия наук УзССР, 1958. 380 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (планктон и бентос). Л.: Гидрометеоздат, 1977. 512 с.

Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Orthoclaadiinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae). Л.: Наука, 1970. 344 с.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕЧНЫХ РАКОВ В КАЧЕСТВЕ БИОИНДИКАТОРОВ В БИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ В МЕСТАХ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД В ФИНСКИЙ ЗАЛИВ

С. В. Сладкова¹, В. А. Любимцев¹, С. В. Холодкевич^{1,2}

*¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр
экологической безопасности РАН, sladkova_sv1@mail.ru*

*² Санкт-Петербургский государственный университет,
kholodkevich@mail.ru*

Оценка качества очищенных сточных вод (СВ) сбрасываемых в водоемы приемники в настоящее время является весьма актуальной задачей, поскольку существующие технологии очистки городских сточных вод не предназначены для удаления многих стойких загрязняющих токсических веществ (тяжелые металлы, ряд фармакологических препаратов и т. д.), особенно в малых концентрациях. Использование в системах контроля качества вод живых организмов в качестве биоиндикаторов, а показатели их жизнедеятельности в качестве биомаркеров позволяет оценивать воздействия как идентифицированных, так и не идентифицированных веществ на биоту водоема-приемника. Только подход, основанный на биологических методах непрерывной оценки общей токсичности сбрасываемых СВ, может давать объективную оценку пригодности этой воды, как среды обитания гидробионтов.

Биоэлектронная система непрерывного мониторинга качества поверхностных и очищенных сточных вод, основанная на методе неинвазивной регистрации и анализа кардиоактивности бентосных беспозвоночных с экзоскелетом в реальном времени (Холодкевич, 2007) была разработана и внедрена на предприятиях ГУП «Водоканал» Санкт-Петербурга. В ней используются в качестве биоиндикаторов узкопалые раки *Astacus leptodactylus*, а в качестве биомаркеров – характеристики их кардиоактивности, существенные изменения которых позволяют не только обнаруживать опасные для гидробионтов изменения качества воды по «аларм» реакциям (реакциям тревоги) животных-биоиндикаторов, но и оценивать их функциональное состояние (Федотов и

др., 2002). Узкопалые раки являются аборигенными для многих водоёмов России и способны обитать как в пресных водах, так и в акваториях повышенной солёности, например в некоторых прибрежных водах Чёрного и Каспийского морей. Было показано, что раки способны выживать в солёности, по крайней мере, до 21‰ в течение 9 недель, а в среде солёностью 7 ‰ из икры раков вылупились науплии, которые впоследствии успешно перелиняли. Это обстоятельство позволило сделать вывод о возможности колонизации узкопалыми раками, при необходимости, солоноватых вод. (Holdich, 2002). Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования было выяснение принципиальной возможности использовать раков вида *Astacus leptodactylus* в качестве биоиндикаторов в разрабатываемых биоэлектронных системах мониторинга качества воды применительно к солоноватым водам Финского залива (от Санкт-Петербурга до траверса полуострова Ханко). Для этого в настоящем исследовании мы изучали по хромотропному показателю кардиоактивности - частоте сердечных сокращений (ЧСС) физиологическое состояние раков *Astacus leptodactylus*, находящихся длительное время в солоноватой воде, и предприняли попытку оценить возможные реакции сердечно-сосудистой системы раков, позволяющие животным компенсировать небольшие изменения солёности воды.

Эксперименты проводились на 14 половозрелых раках-самцах *Astacus leptodactylus* не имевших признаков заболеваний, с весом $32,1 \pm 2,1$ г. и с длиной общей и карапакса соответственно $102,3 \pm 3,3$ мм и $51,8 \pm 1,2$ мм. Об удовлетворительном функциональном состоянии животных до опыта, адаптированных к лабораторным условиям в течение месяца, судили по их подвижности, поеданию корма и хорошо выраженной реакции опистотонуса. Перед началом экспериментов каждого рака маркировали, на его карапакс над областью сердца приклеивали миниатюрный держатель для крепления волоконно-оптического датчика, соединённого с фотоплетизмографом. Раков отсаживали в отдельные аквариумы размером $40 \times 35 \times 19,5$ см³, заполненные до уровня 8–10 см. проточной, циркулирующей, дехлорированной водой. Животных кормили раз в три дня личинками хирономид (в пересчете на суточный рацион 2% от веса тела). На следующий после кормления день осуществляли частичную (30%) смену воды. Температура воды поддерживалась на уровне 20 °С, режим освещенности 12 часов – свет, 12 – темнота. Длина волоконно-оптического кабеля позволяла животному свободно передвигаться по аквариуму и заходить в убежище. Система регистрации позволяла записывать и анализировать частоту сердечных сокращений (ЧСС) одновременно у 7 раков в одинаковых условиях. Кардиоактивность раков непрерывно записывали в течение всего эксперимента, используя способ неинвазивной регистрации и анализа ЧСС в режиме *on line* (Холодкевич, 2007). После 10 суток экспозиции в 7 аквариумов, через резервную емкость подавалась соль (NaCl), из расчета 6,5 грамм на 100 мл, а другие 7 аквариумов с раками оставались для контроля. Получившуюся солёность среды контролировали рефрактометрическим солемером. За день до изменения солёности и в конце экспозиции у всех раков

был осуществлен забор гемолимфы для определения общего белка в гемолимфе раков. Как показано нами ранее (Сладкова, Холодкевич, 2011) концентрация общего белка в гемолимфе также является валидным показателем функционального состояния раков. Длительность эксперимента составила 12 недель.

Установлено, что быстрое увеличение солености воды от 0 до 6,5‰ вызывает «аларм» реакцию раков, выражающуюся в кратковременном и статистически достоверном повышении частоты сердечных сокращений на величину не менее 30%. (рис. 1). Такая реакция сердечно-сосудистой системы раков характерна для первичной реакции организма на стрессовый фактор и лежит в основе работы биоэлектронных систем раннего распознавания угроз экологической безопасности.

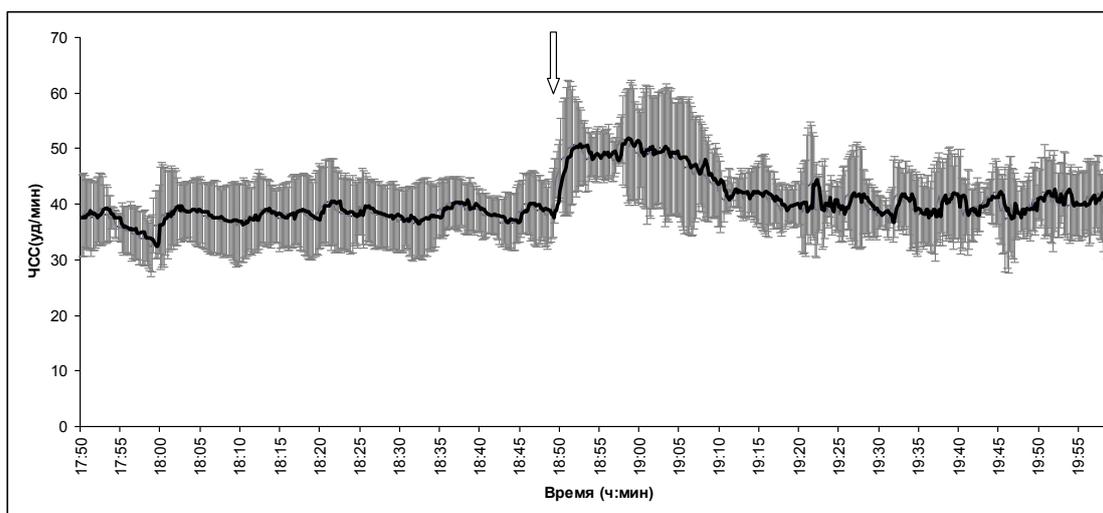


Рис. 1. ЧСС (среднее и СКО) раков при изменении солености воды. Стрелкой указан момент подачи соли (18:47 ч:мин)

Через 3 дня после начала эксперимента у животных установился стабильный фоновый уровень ЧСС, который характеризуется периодичностью. Период ритма полностью задается режимом искусственного освещения. Уровень ЧСС в ночное время повышен по сравнению с дневным. Суточный ритм кардиоактивности, являющийся выражением циркадианного ритма в искусственных условиях имеет следующие характеристики: период – 24 часа, длительность ночной активности – более 8 часов, частота сердечных сокращений ночной активности (ЧССа) в диапазоне 80–110 уд/мин, и ЧСС покоя (ЧССп) в дневное время в диапазоне 40–60 уд/мин (рис. 2).

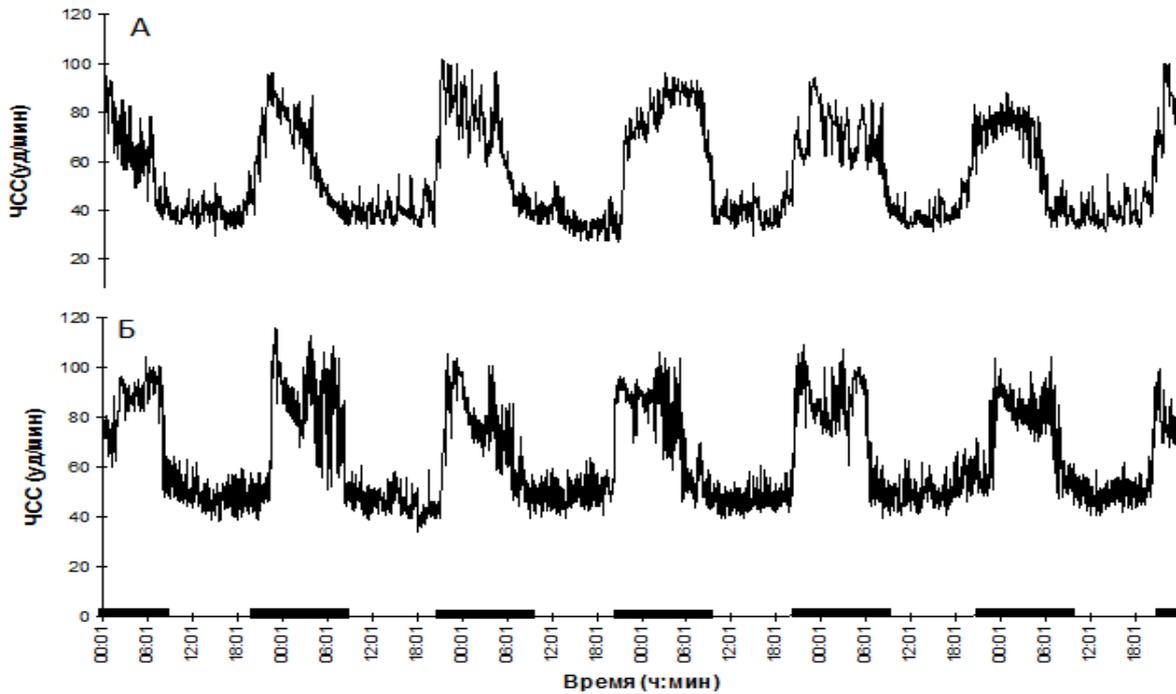


Рис. 2. Типичная динамика ЧСС в течение 6-ти суток непрерывной регистрации. А – контроль, Б – вода соленостью 6,5‰. Черные участки временной шкалы показывают длительность темного периода

Этот ритм наблюдался у всех раков, как в контрольной, так и в солоноватой воде и отражал особенности поведения раков, как сумеречных животных. Известно, что характерная для вида циркадианная ритмика является существенным показателем хорошего (здорового) функционального состояния раков на межлиночной стадии линочного цикла. (Styrishave et al., 1995; Удалова и др., 2009). За 3 дня, непосредственно предшествующих началу линьки, этот ритм пропадает совсем, ночные и дневные значения ЧСС сравниваются, за счет подрастания дневной ЧСС. К тому времени, когда карапакс затвердел настолько, чтобы снова прикрепить датчик, кардиоритмика восстанавливалась. Однако необходимо отметить, что хотя уровень ЧССп у опытных раков не отличается от контроля, но в солоноватой воде проявились некоторые особенности, связанные с вариабельностью ритма. Проведенный выборочный спектральный частотный анализ ЧССп показал, что на кривых дневной динамики ЧСС раков, находящихся в солоноватой воде повышается интенсивность мелких амплитудных периодических колебаний длительностью от 6 до 3 минут, с максимумом в районе 4,8 минут. При этом количество белка в гемолимфе контрольных и опытных раков достоверно не отличалось. Одинаковая средняя ЧССп и одинаковое количество белка – переносчика кислорода у опытных и контрольных раков, свидетельствует об отсутствии изменения энергетического статуса организма рака в солоноватой воде. Исходя из этого, можно предположить, что колебательный характер наблюдаемой вариабельности ЧСС в солоноватой воде является частью компенсационных механизмов тонкой регулировки поддержания постоянства осмолярности гемолимфы, позволяющий ракам нормально функционировать в такой воде. Все раки выжили и успешно полиняли в ходе эксперимента, что в свою очередь является

свидетельством хорошего функционального состояния животных в процессе эксперимента. Хорошее функциональное состояние также подтверждалось нормальным пищевым поведением и двигательной активностью.

Полученные результаты длительного эксперимента позволяют сделать вывод, что функциональное состояние раков вида *Astacus leptodactylus* существенно не изменяется при экспозиции в среде соленостью 6,5‰ по крайней мере в течение 12 недель, поскольку не наблюдалось очевидных нарушений физиологических процессов. Поэтому они могут быть использованы в качестве биоиндикаторов в разрабатываемых системах мониторинга солоноватых вод в течение, по крайней мере, указанного времени.

Исходя из вышеизложенных результатов и на основании собственного опыта независимого контроля уровня токсичности биологически очищенных СВ для гидробионтов, представляется целесообразным оснащать такими биоэлектронными системами мониторинга большинство очистных сооружений крупных городов, сбрасывающих СВ в Финский залив. Благодаря такому контролю стоки, сбрасываемые в Балтийское море, не окажутся высокотоксичными, а их долгосрочное токсическое действие будет прогнозируемым.

При проведении исследований использовалось оборудование Ресурсного центра «Обсерватория экологической безопасности» Научного парка СПбГУ.

Литература

Сладкова С. В., Холодкевич С. В. Общий белок в гемолимфе рака *Pontastacus Leptodactylus* как показатель функционального состояния животных и биомаркер качества среды обитания // Ж. эвол. биохим. и физиол. 2011. Т. 47. № 2. С. 136–141.

Удалова Г. П., Холодкевич С. В., Сладкова С. В., Иванов А. В., Рымша В. А. Исследование циркадианной активности раков *Pontastacus Leptodactylus* при их многомесячном содержании в потоке речной воды // Ж. эвол. биохим. и физиол. 2009. Т. 45. № 3. С. 304–312.

Федотов В. П., Холодкевич С. В., Строчило А. Г. Особенности активности сердца рака *Astacus astacus* в различных функциональных состояниях // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2002. Т. 38. С. 36–44.

Холодкевич С. В. Биоэлектронный мониторинг уровня токсичности природных и сточных вод в реальном времени // Экологическая химия. 2007. Т. 16 (4), С. 223–232.

Holdich D. M. *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science. Oxford. UK. 2002, 702 p.

Styrishave B., Rasmussen A. D., Depledge M. H. The influence of bulk and trace metals on the circadian rhythm of heart rates in freshwater crayfish *Astacus astacus* // Marine Pollution Bulletin. 1995. V. 31. № 1–3. P. 87–92.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ ЖУЖЕЛИЦ В АГРОЛАНДШАФТЕ

Г. Р. Шарафеева¹, Р. А. Суходольская²

¹ Казанский федеральный университет, GULINUNKA@mail.ru

² Институт проблем экологии и недропользования
АН Республики Татарстан, ra5suh@rambler.ru

Признанными биоиндикаторами среды считаются хищные жуки – жужелицы, по структуре сообществ которых можно судить о степени облесенности территории, ее увлажненности и т. д. Имеется много работ, касающихся структуры сообществ жужелиц и в агроценозах, где показано, что помимо географического положения на биоразнообразии и структуру карабидокомплексов влияет комплекс условий, складывающийся в конкретном агроценозе. С одной стороны, миграции (перелет и перебежки) жужелиц происходят не на внушительные расстояния и привязанность жужелиц к культуре некоторыми исследователями не выявлена (Kromp, 1999). По результатам других работ в агроландшафте виды выбирают биотопы, близкие по условиям к их исходным местообитаниям, различных стадиях закономерности активности и фенология видов изменяется. Влияет и различный микроклимат, степень затененности, гетерогенность монокультур, наличие границ у поля (Ecroosa, 2010). Состав фауны сходен между однолетними и многолетними травами, садами и озимыми. Карабидокомплексы под данными культурами объединяет такие факторы, как отсутствие весенней вспашки, ранняя всхожесть, отсутствие факторов, отрицательно влияющих на личинок (Иняева, 1965; Хабибуллина, 2012).

Поскольку биоиндикаторные качества жужелиц не исчерпываются структурой сообществ, появляется все больше работ, посвященных внутривидовой изменчивости карабид. Целью наших исследований было выяснение влияния растительности биотопа на размерные характеристики жужелицы *Pterostichus melanarius* Ill.

Сбор материала проводился на территории Кукморского района Республики Татарстан, в окрестностях с. Туембаш (56°16'00" с. ш., 50°51'00" в.д.), в весенний и летний сезон с 1 мая по 29 августа 2016 г.

Отбор насекомых производился в четырех биотопах (лесопосадка, низинный луг, плодовый сад, опушка леса). Количество собранного материала в каждом биотопе: посадка – 126 особей, низинный луг – 42 особи, плодовый сад – 122 особи, опушка леса – 15 особей.

Pterostichus melanarius Ill. – крупный жук, длиной от 12 до 17,5 мм, одноцветно чёрный, блестящий; бороздки на надкрыльях глубокие. Второй членик усика не уплощён, без острого канта, брюшко без пунктиров. Коготковый членик лапок снизу со щетинками. Массовый, широко распространённый вид, зоофаг.

Морфометрические промеры проводили по следующим признакам (рис. 1): А) длина надкрылий – расстояние по шву от середины бортика до вершины; Б) ширина левого надкрылья – расстояние между плечевым углом левого надкрылья до середины бортика; В) ширина правого надкрылья – расстояние между плечевым углом правого надкрылья до середины бортика; Г) длина переднеспинки – расстояние по средней линии от основания до вершины; Д) ширина переднеспинки – ширина основания; е) длина головы – расстояние от шеи до верхней губы; Е) расстояние между глазами.

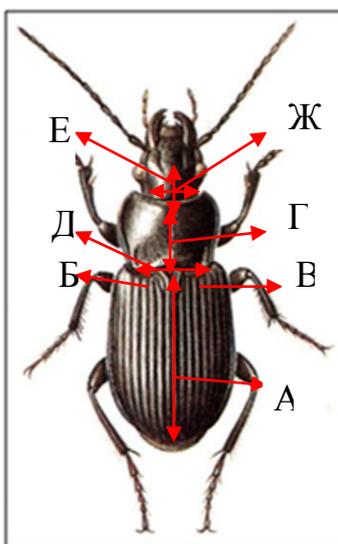


Рис. 1. Морфометрические признаки *P. melanarius*, используемые в работе

На рисунках 2, 3 представлена описательная статистика исследованных признаков в популяциях *P. melanarius*.

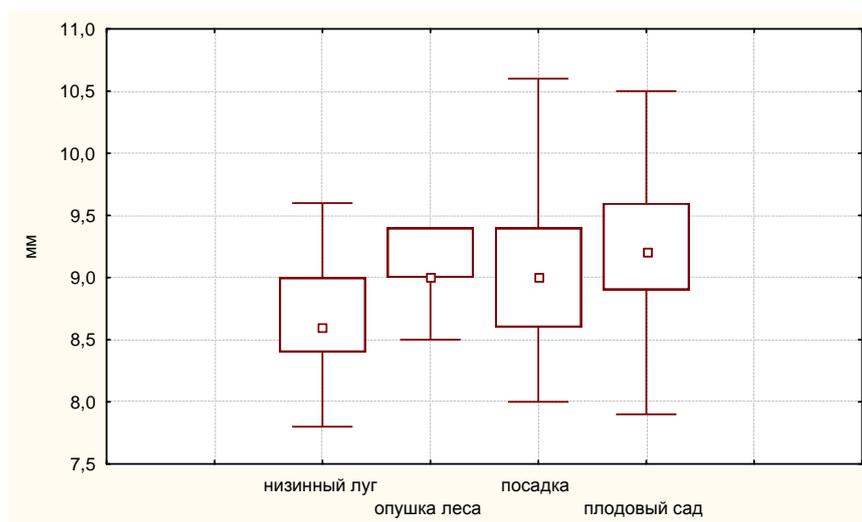


Рис. 2. Длина надкрылий в популяциях *P. melanarius*. Здесь и далее приняты следующие обозначения: \square – среднее, \square – стандартная ошибка, — – стандартное отклонение.

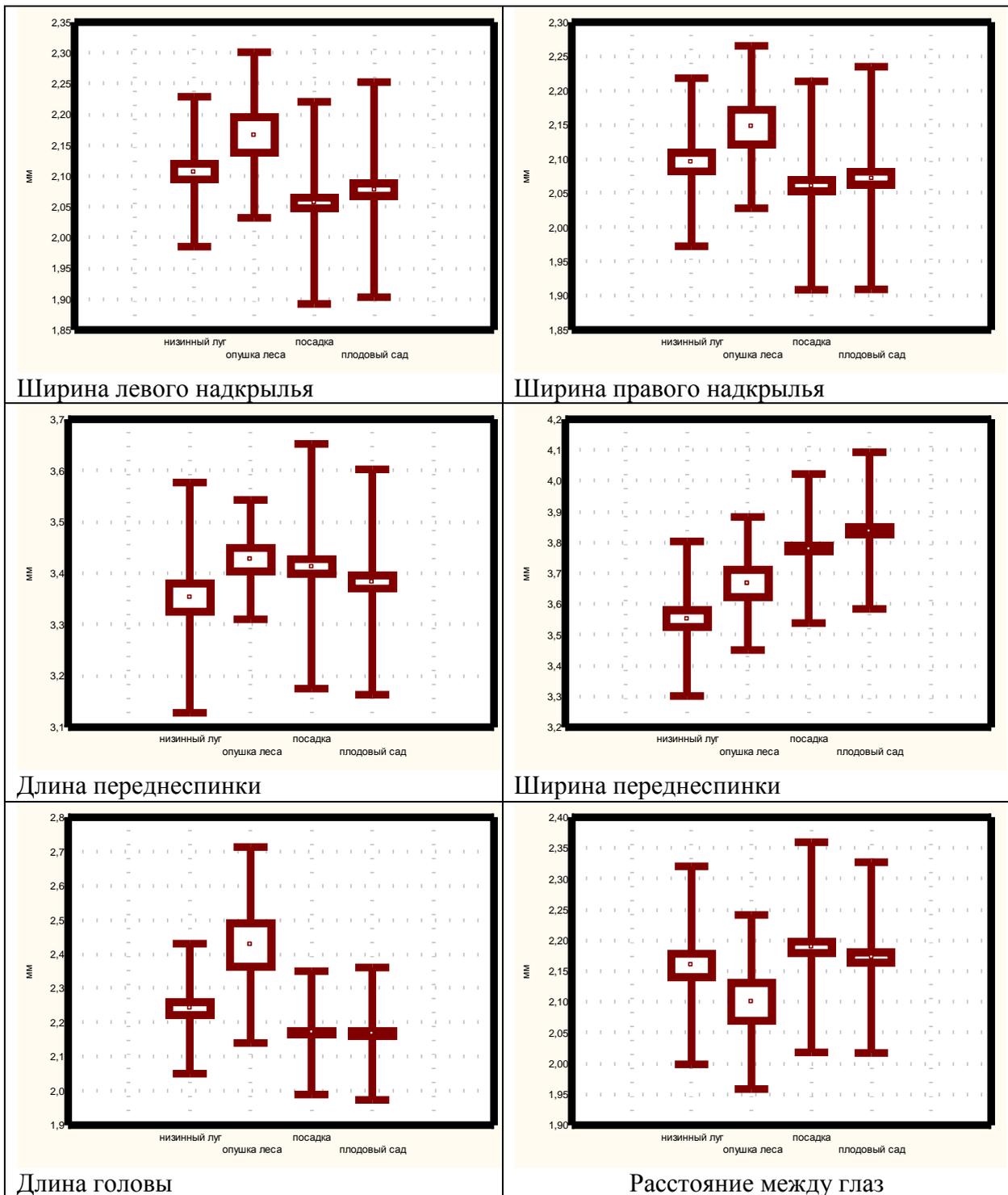


Рис. 3. Значения мерных признаков в популяциях *P. melanarius*

Из рисунка 2 видно, что длина надкрылий у жуков, обитающих на низинном лугу, статистически значимо меньше по сравнению с жуками на опушке леса, последние сходны по этому признаку с особями из посадки и плодового сада. В то же время жуки из последних биотопов имеют большие значения ширины надкрылий. Это говорит о том, что у жуков, обитающих в посадке и плодовом саду, надкрылья расширены.

Анализ рисунка 3 показывает, что в отношении размеров переднеспинки у особей исследованных биотопов наблюдается схожая тенденция – рас-

ширение этого отдела. Она сохраняется и в отношении размеров головы: статистически значимо в плодовом саду и посадке длина головы жуков меньше, а ширина ее – больше, по сравнению с другими биотопами.

Полученные данные говорят о том, что размеры и, следовательно, форма отдельных органов жуков различаются в биотопах с различной растительностью. Подобные исследования были проведены на другом виде жужелиц – *P. cupreus*. Авторы показали, что в агроценозах размеры этой жужелицы уменьшаются, а на форму жуков значимо влияют как условия агроценоза, так и тип растительности (Sukhodolskaya, Saveliev, 2016). В этом отношении наше исследование согласуется с такими результатами, однако требуются дальнейшие исследования с использованием других видов жужелиц.

Литература

Иняева З. И. Жужелицы на посевах полевых культур. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1965. 20 с.

Хабибуллина Н. Р. Структура мезофауны агроценозов западной части Республики Татарстан. Дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2012. 256 с.

Ecroosa J. Responses in a plant and carabid communities to farming practices in boreal landscapes // Agriculture, Ecosystems and Environment, 2010. No.4 P. 288 -293.

Kromp B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficiency, cultivation impacts and enhancement // Agriculture, Ecosystems and Environment. 1999. № 1–3. P. 187–228.

Sukhodolskaya R. A., Saveliev A. A. Crop impact on body size variation in carabid beetle *Poecilus cupreus* Linnaeus (Coleoptera, Carabidae) // I (IV) International Scientific and Practical Meeting «Problems of Modern Entomology», Uzhgorod, 2016. P. 84.

ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ РЫБ В ОЗЁРАХ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» В 2011–2016 гг.

М. Н. Владыкина

*Вятский государственный университет,
Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru*

Заповедник «Нургуш» является единственным заповедником на территории Кировской области, расположенный в Котельничском и Нагорском районах.

Научная работа в заповеднике проводится по нескольким направлениям, одним из которых является изучение ихтиофауны в озёрах заповедника. Научный лов выполнялся по общепринятым методикам на участке «Нургуш» с целью определения видового разнообразия и относительной численности обитающих в водоёмах рыб (Филонов, Нухимовская, 1985). Лов осуществлялся в период от освобождения озёр ото льда до ледостава.

Во время весенних половодий участок «Нургуш» практически полностью покрывается водой. Обширные низкие места нередко заливаются летом в результате выпадения осадков и строительной деятельности бобров на озё-

рах и многочисленных протоках. Отсутствие сильных течений в водоёмах способствует быстрому прогреву воды и создаёт благоприятные условия для нереста, наиболее подходящими для рыб являются мелководные участки с глубинами до 2 м.

Таким образом, благодаря природным особенностям и гидрологическому режиму, водоёмы заповедника, затапливаемые пойменные луга и прибрежные заросли кустарников являются одним из основных нерестилищ в Кировской области в среднем течение реки Вятки.

Современная ихтиофауна среднего течения р. Вятки представлена 35 видами рыб, относящихся к 10 семействам (Создание биологического..., 2000). Наиболее многочисленны и широко распространены в реке и выходят на пойменные территории – это лещ, белоглазка, пескарь, елец, укляя; обычные – щука, язь, жерех, окунь, ёрш, густера, чехонь. Невелика численность налима, судака, голавля, сома, единичны – сазан и берш (Сотников, Двинских, 2005).

По результатам научных ловов 2011–2016 гг. и исследованиям, проводимым по программе «Летописи природы...» в предыдущие годы, а также по литературным источникам в водоёмах участка «Нургуш» и его охранной зоны постоянно или временно обитает 34 вида рыб (Летопись природы..., 2013).

Видовой состав рыб и их доля в озёрах заповедника «Нургуш» по данным научных ловов за 2011–2016 гг. показан в таблице 1.

Таблица 1

Видовой состав рыб и их доля в озёрах заповедника «Нургуш» по данным научных ловов за 2011-2016 гг.

Вид	Доля особей вида, %						Среднемноголетние показатели % за 2011-2016 гг.
	2011 г., %	2012 г., %	2013 г., %	2014 г., %	2015 г., %	2016 г., %	
Белоглазка	5,2	8,6	3	4,9	2,3	6,6	5,6
Густера	7,4	16,5	15,6	8,7	1,7	11,2	11,3
Жерех	1,4	0,4	1,5	1	0	1,1	1,1
Карась золотой	0	0,7	0,6	1,9	0	5,9	1,5
Карась серебряный	3,4	1,6	1,8	2,9	0	0,9	2,1
Красноперка	3,3	5	6,4	4,4	5,6	8,1	5,2
Лещ	7,2	8,8	2,9	1,4	0	3,8	5,0
Линь	1,4	1,3	2,5	2,7	0	2,5	1,9
Окунь	19,3	9,5	13,6	14,2	28,7	15,2	15,2
Плотва	23,8	15,5	12,8	18,8	34,3	12,6	18,1
Синец	3,2	6	5,3	4,6	0	3,1	4,2
Чехонь	9,5	10,4	8,8	16,8	0	7,5	10,01
Щука	2,9	2	2,8	1,1	11,8	1,6	2,6
Язь	11,8	13,3	22,3	16,4	15,7	19,8	16,1
Итого:	100	100	100	100	100	100	100

Как видно из таблицы 1 за период исследования наиболее массовыми видами в озёрах заповедника являются плотва (18,1%), язь (16,1%), окунь (15,2%), густера (11,3%), чехонь (10,1%). В сумме эти пять видов по количеству особей составляют 70,74%. При этом в отдельные годы господствующие виды незначительно изменяются. Так, в 2011 г. преобладали в научном лове плотва (23,8%), окунь (19,3%) и язь (11,8%), а в 2012 г. – густера (16,5%), плотва (15,5%), язь (13,3%). В 2013 и 2016 гг. господствовал язь, а в 2014 и 2015 гг. – плотва. На рисунке 1 показано соотношение наиболее массовых видов рыб в научных ловах за 2011–2016 гг.

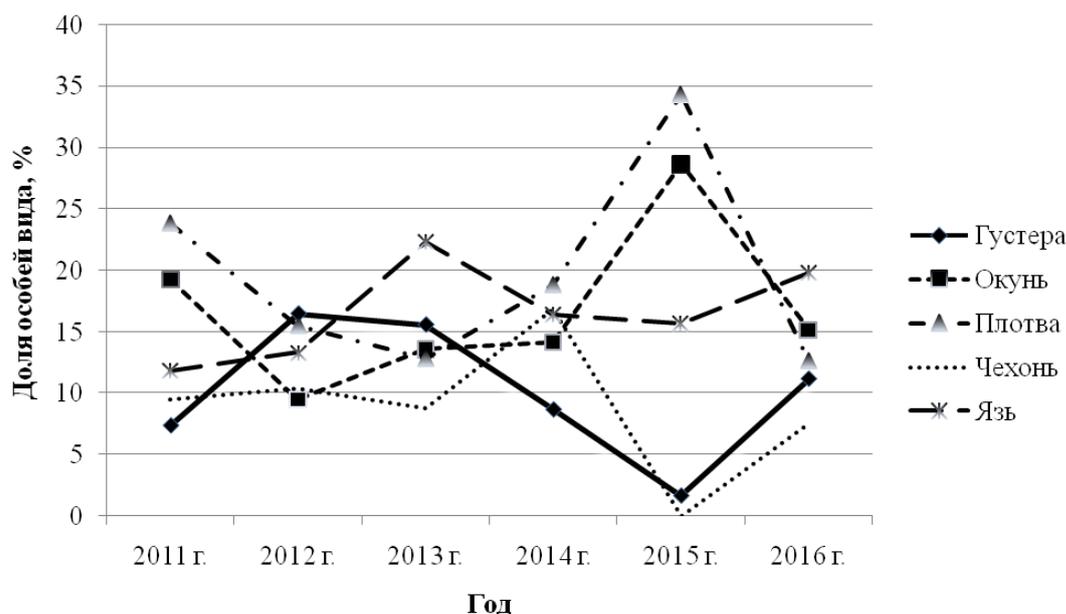


Рис. 1. Доля особей массовых видов рыб в озёрах заповедника «Нургуш» по данным научных ловов в 2011-2016 гг.

Таким образом, озёра заповедника можно характеризовать как окунёво-язево-плотвичные по преобладающим видам рыб.

Видовой состав рыб и их обилие в озёрах, таких как Нургуш, Кривое, Чёрное, Малое Кривое, даётся в таблице 2.

Таблица 2

Видовой состав рыб и их обилие в озёрах заповедника «Нургуш» по результатам научных ловов в 2011–2016 гг.

№	Вид	Озёра			
		оз. Нургуш	оз. Кривое	оз. Чёрное	оз. Малое Кривое
1	Белоглазка	++	+	-	-
2	Густера	++	+	+	-
3	Жерех	+	+	-	-
4	Карась золотой	+	+	-	+
5	Карась серебряный	+	+	-	+
6	Красноперка	++	+	-	+
7	Лещ	++	+	+	-
8	Линь	+	+	+	+

№	Вид	Озёра			
		оз. Нургуш	оз. Кривое	оз. Чёрное	оз. Малое Кривое
9	Окунь	+++	++	+	+
10	Плотва	+++	++	+	+
11	Синец	++	+	+	-
12	Чехонь	+++	+	-	-
13	Щука	+	+	-	+
14	Язь	+++	+	+	+
	Итого видов	14	14	7	8

Примечание: +++ – вид многочислен; ++ – вид обычен; + вид малочислен; – вид отсутствует.

В оз. Нургуш наиболее массовыми видами рыб являются язь, плотва и окунь. В озёрах Кривое и Чёрное преобладают плотва и окунь, а в оз. Малое Кривое – карась золотой. Большое количество таких видов как плотва, язь и окунь связано с тем, что они предпочитают нереститься на затопленной прошлогодней растительности.

В 2016 г. в водоёмах заповедника отмечен новый вид – ротан (головёшка). Он был обнаружен в озёрах Нургуш и Малое Кривое. Вероятно, ротан появился в озёрах в результате высокого половодья в 2016 г., когда было затоплено 100% территории. Бурные потки воды промыли водоёмы с левобережной стороны реки Вятки и принесли заповедник нового обитателя. Ротана в озёрах заповедника можно считать не свойственным для этих экотопов, который обычно вытесняет другие виды и снижает их численность. Высокое половодье привело к изменениям в ихтиофауне заповедника.

Таким образом, в результате научных ловов 2011–2016 гг. было достоверно установлено обитание 14 видов рыб в озёрах заповедника «Нургуш». Самыми многочисленными из них являются плотва, язь, окунь, густера и чехонь. Отмечены некоторые тенденции изменения видового состава рыб по годам в озёрах заповедника «Нургуш» в 2011–2016 гг.

Изучение ихтиофауны – одно из основных направлений научных исследований в заповеднике, поскольку его территория является источником пополнения рыбных запасов и сохранения видового разнообразия реки Вятки.

Литература

Летопись природы заповедника «Нургуш» за 2013 г. Рукопись. Киров, 2014. Кн. 18. 447 с.

Создание биологического ресурсного кадастра р. Вятки и ее основных притоков. Раздел II-III. Кадастр среднего и нижнего течения р. Вятки. Пермь, 2000. 255 с.

Сотников В.Н., Двинских В.И. Рыбы и миноги Кировской области. Справочник – определитель. Киров: «Триада плюс», 2005. 104 с.

Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д. Летопись природы в заповедниках СССР (методическое пособие). М.: Наука, 1985. 143 с.

РАССЛОЕНИЕ ВЫБОРОЧНЫХ ДАННЫХ УЧЕТА ЧИСЛЕННОСТИ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ ПО ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ

В. М. Глушков

ВНИИОЗ им. профессора Б. М. Житкова

В выборочных исследованиях, к которым относится метод зимнего маршрутного учёта (ЗМУ) численности диких животных, вопросу структурирования выборочных данных отведено особое внимание. Специалисты-статистики пытаются установить некоторые общие условия, позволяющие: а) уменьшить влияние на точность расчетных оценок неоднородности размещения объектов выборки; б) получить уточненные оценки по отдельным подразделениям совокупности; в) получить выигрыш в точности при оценивании всей совокупности (Кокрен, 1976). При определении численности животных методом ЗМУ одновременно учитывается большое число видов, отличающихся требованиями к среде обитания, типом распределения и однородностью выборки. Поэтому формально реализованный в стандартной методике ЗМУ (Методические ..., 2009) метод стратификации, использованный ранее для одного вида животных (Коли, 1979), в виде разбиения маршрутов на 3 категории угодий – «лес», «поле», «болото», заведомо не был способен обеспечить достижения перечисленных выше требований. Недостижимость цели объясняется не только различием видовых свойств животных, но и разнообразием местообитаний в пределах категорий, возросшим под влиянием антропогенных факторов (рубки леса, зарастания полей и т. п.), увеличивающим варьирование числа встреч следов, уровня плотности и величины доверительного интервала расчетного значения численности. Ошибка в оценке численности методом ЗМУ происходит из-за интегрирования площадей экстраполяции и усреднения плотности в категориях угодий, а также отсутствия данных по площадям зарастания сельхозугодий лесами, формально остающихся в статусе сельхозугодий. Актуальность поиска нового метода разбиения выборочных данных очевидна. В данной работе рассматриваются возможности реализации не использовавшегося ранее в охотничьем хозяйстве метода расслоения выборки по уровню линейной плотности: способы технического обеспечения разбиения выборочной совокупности, алгоритмы расслоения и качество расслоенной выборки новым методом. Цель исследования – установление статуса нового метода расслоения и его применимости в охотничьем хозяйстве.

Данными для исследования послужили материалы учета лося и зайца-беляка, полученные при проведении апробации программного комплекса по регистрации и обработке данных маршрутного учета на территории научно-опытного охотничьего хозяйства (НООХ) ФГБНУ ВНИИОЗ в феврале 2016 г., частично дополненные материалами учетов в четырех хозяйствах Тверской области. В основу поиска нового метода структурирования выборочных данных маршрутного учета животных положено аксиоматическое утверждение о

«возможности подразделения неоднородной совокупности на подсовокупности (страты или слои), каждая из которых внутренне однородна, не содержит общих единиц и в сумме представляют всю совокупность», а также общее суждение о том, что «идеальной переменной для расслоения служит сама переменная – признак, наблюдаемый при обследовании» (Кокрен, 1976). Отправным пунктом реализации казавшейся первоначально неразрешимой задачи разделения неоднородной по своей природе генеральной выборки данных на более однородные совокупности послужили понятия «линейная плотность», как количество пересечений следов животных каждого вида, приходящееся на единицу длины маршрута, а также «линза» – инструмент для ранжирования ряда общих данных и отбора участков маршрута с различным уровнем линейной плотности. Исследование результатов разбиения генеральной совокупности данных *маршрутного учета животных* на ряд подсовокупностей произведено в сравнительном аспекте, одновременно по старой и новой технологии. Для сокращения объема работ анализ выполнен на материалах учета 2-х видов – лось (*Alces alces* L.) и заяц-беляк (*Lepus timidus* L.). По методике ЗМУ точки границ категорий угодий и пересечений следов записывали на навигатор, сведения по числу пересечений следов в категориях записывали в журнале, обработку данных производили вручную. По новой методике, данные встреч следов записывали на регистратор (Глушков, Рослякова, 2015), файлы с данными регистрации переносили на компьютер в программу обработки (Глушков, Росляков, 2016), где в автоматическом режиме производилось формирование общего ряда выборки и его нормирование по усредненным значениям линейной плотности в пределах шага линзы (рис.). Изменением длины и шага линзы изменяли параметры слоев с высоким, средним и низким уровнем плотности в каждом из 8 вариантов расслоенной выборки. Порядок определения границ между слоями с разным уровнем плотности и достоверности их различий показан в таблице 1. Отбору подлежал вариант расслоения, имеющий минимальные значения коэффициента вариации в слоях низкой, средней и высокой линейной плотности. Для выборок общей протяженностью маршрутов в слое более 30 км, производилось повторное расслоение данных каждого слоя на 3 подгруппы аналогичным методом, но с уменьшенным размером линзы и шагом удлинения, соответственно, до 9 и 1 км. Общее число слоев достигало 9. Описание способа расслоения и результаты даны для варианта 2, показавшего лучшее качество расслоения.

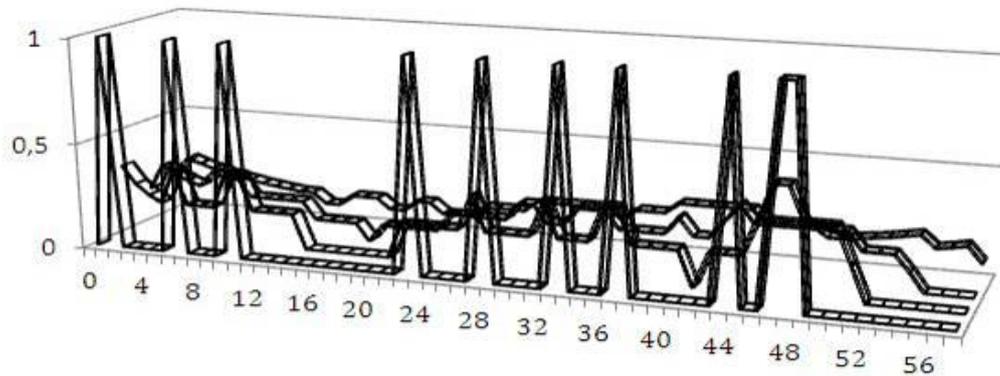


Рис. Нормирование рядов: 0 – общая выборка; 1–4–8 – варианты нормирования при увеличении длины линзы. (Безбородовское охотхозяйство) Таблица 1

Алгоритмы расслоения выборочных данных по уровню линейной плотности

	Операция	Результат
1	Нормирование данных по среднему значению плотности с использованием 8-ми скользящих линз размером от $L/10$ км до $L/10+14$ км с шагом в 2 км, где L – длина маршрута	8 рядов данных, нормированных по плотности
2	Вычисляются критерии группировки: $P_s - P_{lo}$ нижняя граница, $P_s + P_{hi}$ верхняя граница P_s – среднее значение плотности следов в ряде P_{lo} – среднее отклонение плотности для части ряда $[P - P_s < 0]$ P_{hi} – среднее отклонений плотности для части ряда $[P - P_s > 0]$	8 наборов критериев плотности
4	Вычисляются коэффициенты вариации $V = S_d / P_{si}$ S_d – стандартное отклонение плотности P_{si} – среднее значение плотности в i -й группе	3 набора коэфф. вариации плотности для каждого ряда
5	Для каждого ряда вычисляется значение достоверности данных: $K_v = V_1 - V_2 + V_1 - V_3 + V_2 - V_3 $	8 коэффициентов для нормированных рядов
6	Для дальнейшей обработки выбирается ряд данных, имеющий минимальное значение K_v .	3 группы нормированных по плотности данных

Общее представление об эффективности расслоения выборочной совокупности старым (по категориям угодий) и новым (по уровню линейной плотности) методами дает величина коэффициента вариации выборочного показателя (табл. 2).

Таблица 2

**Вариация выборочного показателя при разных методах
расслоения выборки**

Способ расслоения	Коэффициент вариации показателя учета, %		Величина снижения вариации, %	
	Число пересечений	Число встреч	Число пересечений	Число встреч
Не расслоенная выборка	366	344	0	0
По категориям угодий	364	339	0,55	1,45
По линейной плотности	229	212	37,43	38,37

Судя по данным таблицы 2, применяемый в ЗМУ метод разгруппировки выборки по категориям угодий практически не снижает коэффициент вариации показателя учета, тогда как новый метод снижает вариацию более чем на треть. Для оценки качества расслоения выборки сравниваемыми методами использована стандартная ошибка выборочной средней величины (табл. 3). Сравнимаемыми показателями качества расслоения служит разница значений относительной ошибки среднего числа пересечений следов в категориях угодий (лось – 187,91%; заяц-беляк – 140,27%) и числа встреч следов в слоях с разным уровнем линейной плотности (лось – 122,41%; заяц-беляк – 99,65%). Выбор сравниваемых параметров связан с их применением в старом и новом методах расчета плотности. Уменьшение величины ошибки по лосю составило 65,5%, по зайцу-беляку – 40,62%.

Таблица 3

**Величина ошибки выборочного значения при расслоении
разными методами**

Метод расслоения выборки	Единица учета	Вид животных	Величина ошибки выборочного среднего	
			Абсолютная	Относительная, %
По категориям угодий	пересечение	Лось	1,411	187,91
		Заяц-беляк	1,954	140,27
	встреча	Лось	0,725	132,9
		Заяц-беляк	1,673	118,13
По линейной плотности	пересечение	Лось	0,789	134,9
		Заяц-беляк	0,871	98,86
	встреча	Лось	0,451	122,41
		Заяц-беляк	0,853	99,65

Значительное снижение величины ошибки выборочных показателей и высокая функциональность расслоения, позволяющая получить качественные результаты по каждому виду учитываемых животных дают основание считать метод расслоения выборочных данных по уровню линейной плотности более предпочтительным и рекомендовать его для использования при проведении зимних маршрутных учетов численности диких животных.

Литература

Глушков В. М., Рослякова А. В. Программа регистрации данных учета охотничьих животных: Свидетельство Гос. регистрации № 2015617348. Объем программы 23 кб. Дата государственной регистрации в реестре программ для ЭВМ – 08. 07. 2015 г.

Глушков В. М., Росляков В. В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614970: "Программа обработки данных учета охотничьих животных". Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 12 мая 2016 г.

Кокрен У. Методы выборочного исследования. М. Статистика, 1976. 440 с.

Коли Г. Анализ популяций позвоночных. М.: Мир, 1979. 363 с.

Методические рекомендации по организации, проведению и обработке данных зимнего маршрутного учета охотничьих животных в России. М.: ФГНУ. «Центрохотконтроль», 2009. 55 с.

К СТРАТЕГИИ МОНИТОРИНГА РЕСУРСОВ ЛОСЯ (*ALCES ALCES L.*) ПРИ ИЗБИРАТЕЛЬНОМ ОТСТРЕЛЕ: ГЛОБАЛЬНЫЙ ИЛИ ЛОКАЛЬНЫЙ ПОДХОД

В. М. Глушков

ВНИИОЗ им. профессора Б. М. Житкова

В пределах мирового ареала лося нет единой стратегии управления ресурсами данного вида при избирательном отстреле. На Скандинавском полуострове используется глобальный подход, при котором контроль состояния популяций и его регулирование осуществляются на всей территории каждой из трех стран единым методом. Фантастические результаты глобальной стратегии, при которой высокий уровень добычи (от 2,7 до 5,0 особей на 1 тыс. га леса) не снижал естественную продуктивность стад, получили мировую известность и рассматриваются в Российском охотничьем хозяйстве как пример для подражания (Глушков, 2004). На северо-американской части видовой ареала опыт управления популяциями лося на отдельных территориях рассматривался как положительный (Дежкин, 1985), но результаты таких работ не были распространены на всю территорию и не получили широкой известности. В России результаты локального контроля состояния ресурсов лося в Санкт-Петербургской губернии в конце XIX, начале XX вв. не были изучены, априори получили негативную оценку (Бутурлин, 1909), и в последующем были забыты. Суждения Б.М. Житкова (1927) о том, что «охотничье хозяйство стремится подчинить добычу зверя и птицы принципу правильного и полного периодического восстановления потерь...», не отрицают, но и не утверждают возможность управления ресурсами в отдельных хозяйствах и не способствуют пониманию роли избирательного отстрела мигрирующих антропофобных видов животных, таких как лось.

В данной работе анализируются результаты локального эксперимента по управлению ресурсами лося, проведенного на территории научно-опытного охотхозяйства (НООХ) ВНИИОЗ с площадью 65,5 тыс.га. Цель исследования – попытаться установить факторы, снижающие эффективность локальной стратегии управления ресурсами лося. Методика и материалы

опубликованы (Глушков, Панкратов, 2014). Анализ результатов показал, что доля телят в добыче была почти на 10% выше, а доля добываемых взрослых самок примерно в 3 раза ниже – 11,82%, чем в популяции. Доля взрослых самцов в добыче (54,4%) на 16,4% больше, чем в популяции. Направленное изъятие самцов и сохранение самок, при оседлом поголовье, должно было заметно повлиять на структуру и продуктивность популяции. Кроме того, сопряженное с избирательным отстрелом снижение распугивания животных могло увеличить иммиграцию животных с прилежащих территорий. Ранее такие проявления отмечались на территориях, прилежащих к ООПТ в частности в районе Верхошижемского заказника (Глушков, 1988). Изменения численности по годам как следствие изменений величины прироста и смертности, отраженные в «расчетной численности», при ее сравнении с численностью по данным учета (ЗМУ) уточняют представления о роли указанных факторов. Идентичность линий тренда расчетной и наблюдаемой численности, а также недостаточно высокий коэффициент корреляции ($r = 0,853$), указывают на неполную сопоставимость этих показателей. Поскольку нормативные значения смертности в расчете численности не менялись по годам, а изменяющаяся наблюдаемая величина прироста формировалась в обоих рядах численности по данным одних и тех же наблюдений, полученных в одно и то же время – в начале зимы, возникло предположение о наличии не учтенных факторов в расчетном показателе численности. Высокий уровень корреляции ($r = 0,912$; рис. 1) оценок наблюдаемой в феврале численности с величиной прироста в предшествующий осенний период, подтверждает преобладающую роль воспроизводства в формировании численности лося на данной территории в рассматриваемый период. Следовательно, причина различий вызвана другими, кроме рождаемости и смертности факторами. Увеличение величины прироста к концу наблюдаемого периода можно объяснить кумулятивным эффектом избирательного отстрела, т.е. постепенным увеличением в популяции доли взрослых самок, а, следовательно, и потомства. Факт отсутствия значимой связи численности в данном сезоне с количеством добытых самок в предшествующем сезоне ($r = 0,126$) противоречит логике избирательной добычи, по которой сниженный отстрел самок должен повышать прирост и численность, т. е. связь должна иметь отрицательный, а не положительный, как это наблюдается, знак. По данным избирательного отстрела лося в Финляндии отмечалась хорошо выраженная обратная зависимость численности от доли самок в добыче.



Рис. 1. Лось НООХ. Численность и величина прироста в предшествующем году

Проверка зависимости наблюдаемой численности (ЗМУ) от факторов миграционной активности лося – а) дата установления снежного покрова, б) температура воздуха в ноябре, в) температура воздуха в ноябре – декабре выявила значимую корреляцию только с одним показателем – температурой воздуха в ноябре-декабре ($r = -0,532$; рис. 2.), означает, что одной из причин превышения наблюдаемой численности над расчетной послужил подток лосей на территорию хозяйства в первой половине зимы в годы с пониженной температурой воздуха. Такая закономерность в изменениях интенсивности миграций лося известна и для других территорий. Не во всем «правильная» реакция популяции на избирательный отстрел, щадящий самок, на фоне миграций (даже небольшой интенсивности) не позволяют сделать однозначный корректный вывод о статусе оценки численности по ЗМУ: миграции, происходящие в период охотничьего сезона, оказывают влияние не только на количественный и качественный состав добычи, но и на численность. Кроме того, локальные перемещения под распугивающим влиянием при неодинаковой технологии охоты, могут приобретать характер выселения из участков с неизбирательным отстрелом. В целом, полученные результаты склоняют к выводу о возможности управления популяциями лося на локальных территориях, однако колеблющаяся по годам миграционная активность лосей и свойственная виду способность избегать территорий с высокой интенсивностью охотничьего воздействия, неизбежно окажут дифференцированное влияние на численность животных в хозяйствах с разными способами управления ресурсами. Избегание животными интенсивно опромышляемых территорий диктует предпочтение единой стратегии отстрела на всем ареале лося в границах государства. Для конкретизации значения факторов пространственного перераспределения лосей исследование необходимо продолжить.

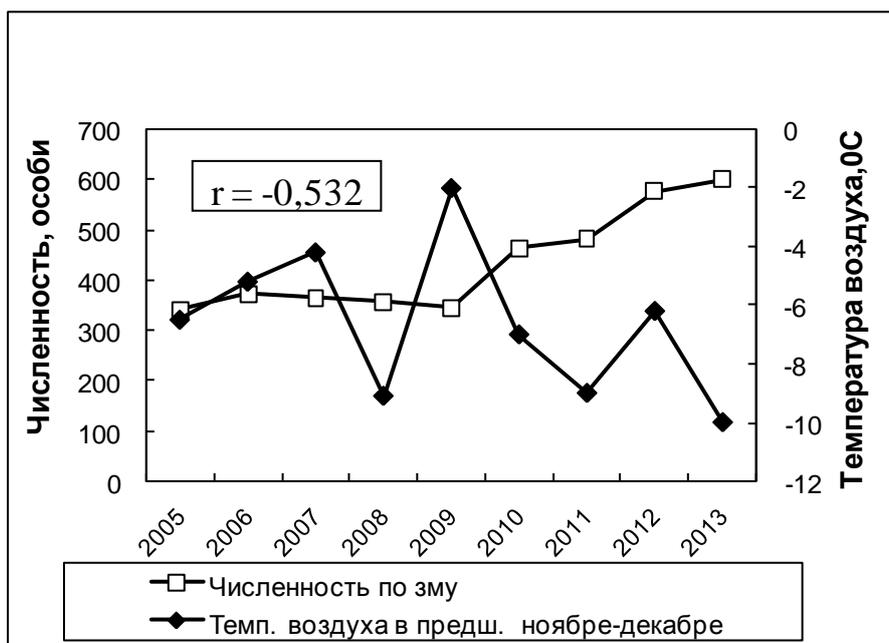


Рис. 2. Лось НООХ. Численность и температура воздуха в начале зимы

Литература

- Бутурлин С. А. Охотничий законопроект // Наша охота. 1909. № 9. С. 1–8.
- Глушков В. М. Лось в заказнике. Целесообразность данной формы хозяйствования // Проблемы организации национальных парков и сети охраняемых природных территорий на русском Севере: Тезисы докладов. Архангельск, 1988. С. 42–44.
- Глушков В. М. Зарубежный опыт управления ресурсами лося // Охотоведение: Научно-теоретический журнал: Зарубежный опыт охотничьего хозяйства. Киров: ВНИИОЗ, РАСХН, 2004. № 2 (52). С. 145–153.
- Глушков В. М., Панкратов А. П. Избирательный отстрел как инструмент управления популяциями лося // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 2. С. 101–108.
- Житков Б. М. О некоторых условиях нашего охотничьего хозяйства // Охотник. 1927. № 8. С. 10.
- Дёжкин В. В. Управление популяциями диких копытных // Зоология позвоночных. Проблемы управления ресурсами диких животных. М., 1985. С. 66–127.

ЧИСЛЕННОСТЬ И ПОЛОВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ГОРНЫХ БАРАНОВ (*OVIS AMMON*) В УЩЕЛЬЯХ ХРЕБТОВ ТЕРСКОЙ АЛА-ТОО, КОКШААЛ-ТОО, МУДУРЮМ И БОРКОЛДОЙ (КЫРГЫЗСТАН)

А. Т. Давлетбаков

Биолого-почвенный институт НАН Кыргызской Республики,
askar_davl@rambler.ru

На территории Кыргызстана обитают три подвида (*Ovis ammon karelinii*, *Ovis ammon polii* и *Ovis ammon severtzovii*) горного барана (*Ovis ammon*). Арелал распространения включает следующие районы (регионы): первый подвид – населяет большую часть Тянь-Шаня, второй подвид – населяет южную границу республики и систему Алайских гор, третий подвид – обитает на Турке-

станском хребте (Айзин, 1977). Данные подвиды некогда населяли обширную территорию Тянь-Шаня, в настоящее время заметно сократились в численности и поголовье которого почти полностью было истреблено на обширных территориях Западного и Внутреннего Тянь-Шаня (Янушевич и др., 1972). Существовали они лишь на отдельных мало-освоенных холмистых территориях разрозненными небольшими табунами. Горный баран внесен в Красную Книгу Кыргызстана (1985, 2005), и внесен в Международную Красную Книгу МСОП как «уязвимый» (VU). С целью сохранения и недопущения дальнейшего сокращения численности горных баранов в рамках их устойчивого использования, в 1990 г на территории Кыргызстана стало развиваться новое перспективное направление в пользовании охотничьими ресурсами – иностранный охотничий туризм, который обеспечивает приток в республику дополнительных средств, в т.ч. в валюте, идущих на финансирование охотничьего хозяйства и егерской службы, а также решение иных вопросов.

Проведенный учет численности в 2010 году создал основу для дальнейшего успешного осуществления закона «О животном мире», Стратегии по сохранению биоразнообразия КР и обязательств в рамках международных конвенций с помощью проекта GIZ «Устойчивое управление горными копытными в Кыргызской Республике».

Методика учета – горные бараны в зимний период неравномерно распространены и сконцентрированы на относительно маленьких территориях, которые хорошо известны местным экспертам. При учете экспертами было принято решение взять за основу подход с целенаправленным учетом на территориях с наивысшей численностью горного барана, предусмотренный для выявления только непосредственно увиденных животных. Следует отметить, что эти цифры нельзя экстраполировать на необследованные территории. Полученные данные составляют непосредственно выявленное количество животных, но являющееся минимальным (неполным) от фактического их наличия в связи с невозможностью полного единовременного охвата всех пригодных территорий и групп животных, при котором обследование достаточно большой доли территории может давать данные, близкие к действительному размеру популяции.

Территория учета охватывала, по направлению с востока на запад, хребты Терскей Ала-Тоо, Кокшаал-Тоо, Мудурюм, Борколдой, Джетим, Кулю-Тоо, Акширак, Сарыджаз, Инелчек-Тоо, Каиндыкатта, Майбаш-Тоо которые входят в административные границы Иссык-Кульской области. Практически все места обитания горного барана были охвачены учетчиками. В целом было обследовано 5983,7 км² учетной площади, общая протяженность маршрутного учета составила 1275 км. Обследованная территория включает около 75% площади подходящих мест обитания данного вида.

Ареал. Горные бараны были зарегистрированы на всех предполагаемых местах обитания по территории Иссык-Кульской области. Наибольшее их количество было сосредоточено по высокогорным участкам Кокшаал-Тоо, Мудурюм, Борколдой, Джетим, Кулю-Тоо (Давлетбаков, Остащенко, 2007).

По нашим данным, на обследованных участках, с учетом исключения повторных подсчетов одних и тех же животных двумя группами учетчиков, общая численность горных баранов составила 11666 особей. Эти цифры являются первичными, и при дальнейшей работе возможно изменение данных о численности. В целом было отмечено 265 групп горных баранов. Количество особей в группах варьировало от 3 до 210 особей. Среднее количество голов в одной группе составляет 44 особи. Большинство групп были смешаны по половозрастному составу, иногда наблюдались и небольшие группы, состоящие исключительно из взрослых самцов.

У основного количества горных баранов, была определена половозрастная структура. По нашим данным, половозрастной состав выглядит следующим образом: 4198 особей (36%) самок, 1196 особей (10%) прошлогодних (годовалых, вероятно, в большинстве случаев недостаточно четко определены), 2472 особи (21%) сеголетков (ягнят). Самцы: из них 2–3 летние 563 особи (5%), и взрослых (4 года и старше) 2116 особей (18%) из них количество и доля трофейных особей составляет 4%. Неопределенные особи составили 1121 (10%). Подробные данные о половозрастном составе животных отражены в рисунке 1.

Соотношение ягнят к самкам – 0,6 особей. Необходимо учесть существование большой доли вероятности в том, что в количество самок вошли разнополые особи возраста от 1 до 2 (2,5 лет), которые еще не половозрелые особи и трудно различимые по полу. Это означает, что показатель ягнят к самкам на самом деле, возможно выше, чем полученный расчет. Количество самок на взрослых самцов составляет 2 особи. Но эта цифра требует более тщательного анализа, потому что в некоторых группах животных были определены только взрослые самцы, а все остальные особи, включая самок, вошли в категорию «неопределенные». Так, на самом деле количество самок на взрослого самца значительно выше, чем показывает произведенный расчет.

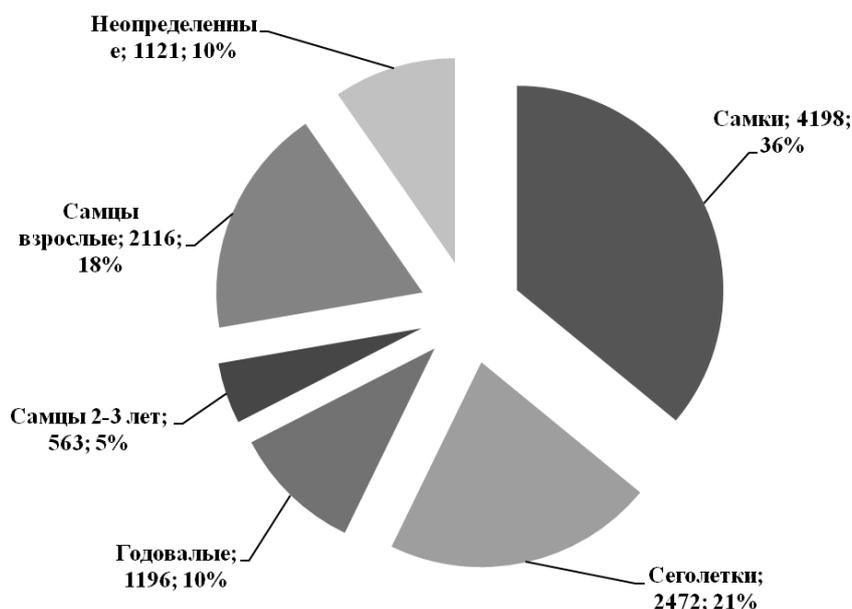


Рис. 1. Численность и половозрастной состав горных баранов

подавляющее большинство животных приходилось учитывать на большом расстоянии, что позволяло наблюдать их естественное поведение без какого-либо беспокойства. Большинство горных баранов паслись или отдыхали. Во время учета наблюдался гон. При приближении учетчиков на лошадях горные бараны убегали в верхнюю часть склона. Обычно они не переходили водораздел и не убегали далеко по долине. В связи с этим вероятность повторного (двойного) подсчета одних и тех же животных крайне низка. Необходимо отметить, что в охотничьих хозяйствах, где охрана поставлена на должном уровне, животные паслись на близком расстоянии и не обращали внимания на учетчиков. В отдельных местах животные, при обнаружении учетчиков, уходили на дальние расстояния, пока не скрывались из виду.

Таким образом, по поведению животных можно было определить места, где животные наиболее подвержены фактору беспокойства.

Общая обследованная территория горных баранов составляет до 75% от известных ключевых мест распространения. К сожалению, не были полностью охвачены известные территории, такие как: Кокшаал Тоо, нижнее течение реки Сарыджаз. Глубокий снежный покров в начале декабря и начало гона привели к тому, что горные бараны были относительно сконцентрированы на местах, которые были обследованы. В дальнейшем, доля охвата территорий будет рассчитана с помощью GIS.

Уже сейчас можно сказать, что учет покрыл большую долю ареала распространения горного барана, и наблюдаемая численность его дает достаточно полную картину состояния популяций. Пересчет (экстраполяция) на необследованные территории не был бы обоснованным и давал бы искаженные результаты из-за неслучайного выбора площадок обследования и большого диапазона плотности на обследованных территориях (от 0 до 20 особей на 100 га).

Литература

Айзин В. М. Распространение, численность, перспективы охраны архара в Киргизии // Редкие млекопитающие и их охрана. М., 1977. С. 180–161.

Давлетбаков А. Т., Остащенко А. Н. «Численность горного барана в Сарычат-Эрташском заповеднике» // Сб. материалов Иссык-Кульских симпозиумов 2004–2005 гг., г. Чолпон-Ата. 2005. С. 38–42.

Янушевич и др., Млекопитающие Киргизии Издательство «Илим» Фрунзе 1972, С. 412–417.

Красная книга Кыргызстана. 1985. 368 с.

Красная книга Кыргызстана. 2005. 757 с.

МИГРАЦИИ УТОК В г. КИРОВЕ И ЕГО ОКРЕСТНОСТЯХ

А. В. Елкина, Ф. С. Столбова

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
annajolkina@mail.ru

Изучением миграций водоплавающих птиц на территории Кировской области занимались П. В. Плесский, Б. Д. Злобин, В. Н. Сотников (Плесский, 1957; Злобин, Плесский, 1975; Сотников, 1999). Некоторые материалы по миграциям уток на территории России рассмотрены А. Б. Линьковым (2002).

Нами наблюдения проводились с 2012 по 2016 гг. на территории г. Кирова и в его окрестностях. Было обследовано более 50 водоемов: пруды близ ООО «Кировского БХЗ» (далее БХЗ) и ТЭЦ-4, очистные пруды агропромышленного холдинга «Дороничи», р. Сандаловка в Заречном парке, озеро Русское в Чистых прудах, пруд в Дендрологическом парке лесоводов (Дендропарк), пруды в парке имени С. М. Кирова (у Диорамы) и др. (рис. 1). Учтено 13 видов уток. Такие виды, как кряква (*Anas platyrhynchos*), чирок-трескунок (*Anas guerguedula*), чирок-свистун (*Anas crecca*), широконоска (*Anas clypeata*) и свиязь (*Anas penelope*), красноголовый нырок (*Aythya ferina*), хохлатая чернеть (*Aythya fuligula*), отмечались ежегодно.

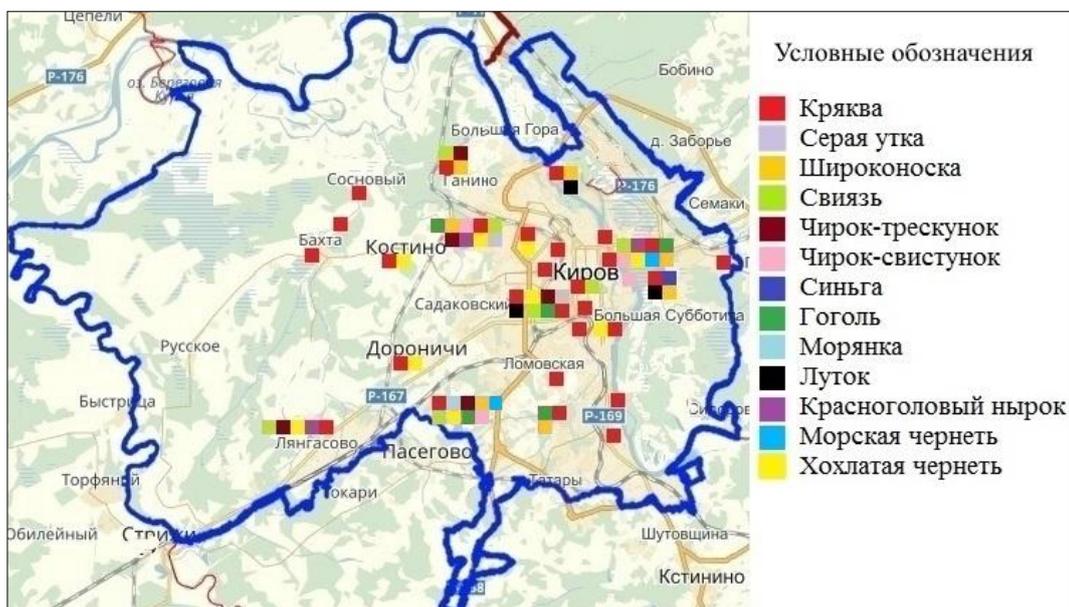


Рис. 1. Места встреч мигрирующих уток на территории г. Кирова и в его окрестностях в 2012–2016 гг.

Кряква. Весенние миграции у кряквы выражены слабо, так как на территории г. Кирова остается зимовать большое количество птиц данного вида. Уменьшение численности уток на водоемах происходит в конце февраля – начале марта, когда освобождаются ото льда новые водоемы. Прилет крякв в г. Киров начинается в первых числах марта и заканчивается в третьей декаде апреля. Средняя дата прилета крякв на территорию г. Кирова и в его окрестности – 27 марта. Прилет крякв связан с появлением полыней на реках и раз-

ливом талой воды. Массовый прилет крякв в районе исследований иногда совпадает с прилетом чаек.

Осенью увеличение численности крякв на водоемах происходит в конце августа. Отлет начинается после окончания послебрачной линьки, которая заканчивается, по нашим наблюдениям, у большинства особей в августе – сентябре (Елкина, 2016). Наиболее интенсивный пролет наблюдается в начале октября. Таким образом, осенние миграции крякв начинаются с конца августа и заканчиваются во второй декаде октября (рис. 2).

Красноголовый нырок. Начало прилета красноголовых нырков отмечалось нами с 23 апреля, окончание весенних миграций приходится на конец мая (30, 31.05.). Во время весенних миграций фиксировались одиночные особи и стайки от 4 до 85 особей.

Осенние миграции начинаются в первых числах сентября (3–6.09.) и заканчиваются в начале октября (2–5.10.). Отлет красноголовых нырков происходит более дружно, нами отмечались стайки от 3 до 155 особей (рис. 2).

Хохлатая чернеть. Прилет хохлатых чернетей на территорию города и в его окрестности совпадает с прилетом красноголовых нырков. Мигрирующие птицы наблюдались на водоемах БХЗ и ТЭЦ-4, в п. Вересники и др. Нами отмечались стаи хохлатых чернетей от 10 до 115 особей, в п. Дороници 25 апреля 2014 г. была отмечена одиночная особь.

Отлет хохлатых чернетей начинается в первых числах сентября (3–6.09.) и проходит до середины октября (15.10.). Хохлатые чернети и красноголовые нырки во время миграций образуют совместные скопления на р. Сандаловке в Заречном парке и на водоемах БХЗ и ТЭЦ-4, редко встречаются одиночные особи или пары. Во время осенних миграций нами отмечались стаи от 9 до 135 хохлатых чернетей (рис. 2).

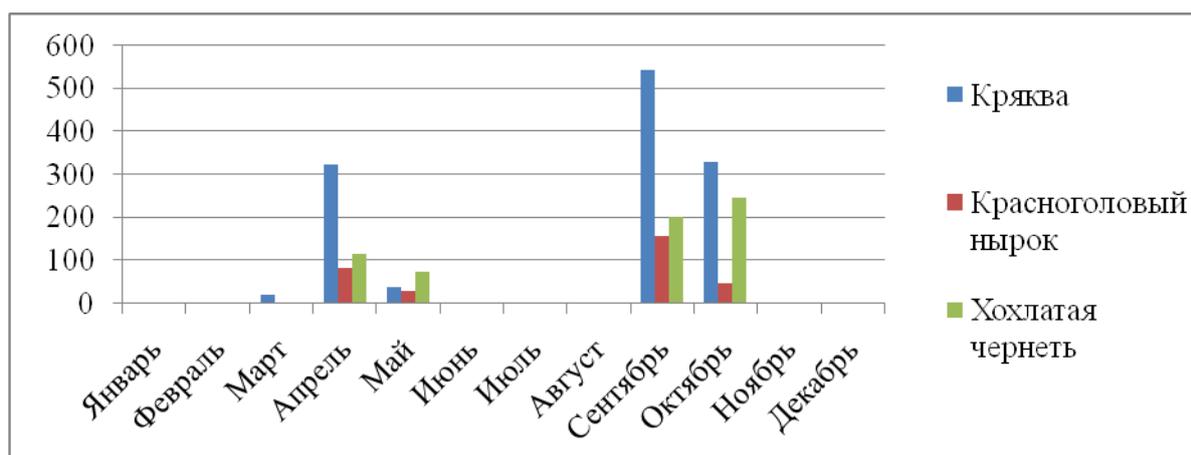


Рис. 2. Миграции кряквы, хохлатой чернети и красноголового нырка на территории г. Кирова и его окрестностей в 2012–2016 гг.

Чирок–трескунок. Первые чирки-трескунки отмечались нами во второй половине апреля (23.04.), продолжается пролет до конца мая. Стаи во время весенних миграций относительно немногочисленны, так, нами были отмечены стайки от 2 до 4 особей. Осенние миграции начинаются с середины

сентября (15.09.), массовый пролет начинается в начале октября (5.10.). Одиночные особи встречались до 31 октября. Осенние миграции проходят более дружно. В стаях может быть до 15 чирков-трескунков (рис. 3).

Чирок-свистунок. Прилет чирков-свистунков начинается раньше прилета трескунков. Первые пары появляются 12 апреля, в конце месяца (23–26.04.) начинается массовый пролет, конец весенней миграции приходится на последние числа мая. Нами отмечались стаи до 20 особей. Осенние миграции начинаются в первых числах сентября (3–6.09.) и заканчиваются, скорее всего, в середине октября (13.10.). Во время осенних миграций чирки-свистунки отмечались в Заречном парке и на водоемах БХЗ и ТЭЦ-4, в стайках было от 4 до 7 особей, редко встречались одиночные чирки (рис. 3).

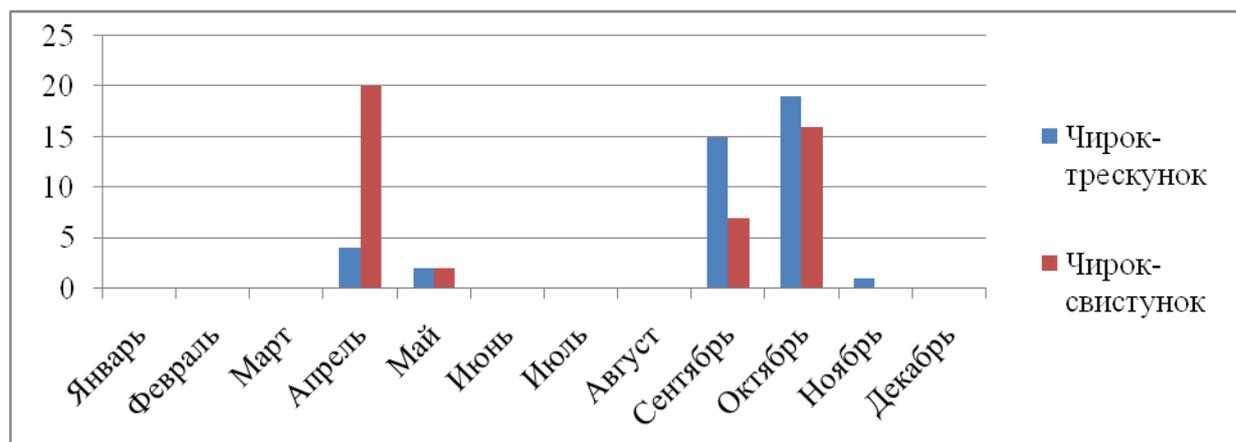


Рис. 3. Миграции чирка-трескунка и чирка-свистунка на территории г. Кирова и его окрестностей в 2012-2016 гг.

Широконоска. Прилет широконосок начинается в середине апреля (23.04.) и заканчивается, скорее всего, в середине мая. Отлет широконосок начинается в начале сентября (3–15.09.) и продолжается до первой декады октября. В 2016 г. одиночные птицы отмечались до 15 октября. Во время весенних и осенних миграций широконоски отмечались на водоемах БХЗ и ТЭЦ-4, в Заречном парке и на озере Русское (Чистые пруды). Нами отмечались одиночные особи и стайки от 2 до 78 птиц.

Связь. Весенние миграции связей начинаются примерно в такие же сроки, как и у широконоски. Осенние миграции начинаются в первых числах сентября (3–6.09.) и продолжаются до середины октября (13–15.10.). На пруду в парке имени С. М. Кирова 8 октября 2014 г. была встречена 1 связь, которая в дальнейшем осталась на зимовку. Весной 2015 г. птица с водоема улете-ла. Во время миграций в стаях было от 2 до 28 связей (рис. 4). Чаще связи отмечались в скоплениях хохлатых чернетей и красноголовых нырков.

Гоголь (*Vucephala clangula*). П. В. Плесский (1976) отмечал, что большая часть гоголей встречается на пролете в среднем около 18 апреля. Нами отмечались пары гоголей лишь в гнездовой период на водоемах с. Захарище-вы (31.05).

Во время осенних миграций пара гоголей была отмечена 6.09.2014 г. на р. Сандаловке в Заречном парке, в 2016 г. на данном водоеме 2.10. учтено 10 особей данного вида. В 2012, 2013 и 2015 гг. в период осенних миграций гоголи нами не отмечались. В 2016 г. произошло заметное увеличение численности пролетных гоголей на территории города и его окрестностей. Они отмечались нами с 25 сентября по 15 октября 2016 г. Пролетные птицы наблюдались в районе Чистые пруды на озере Русское (25.09.), на очистных водоемах агропромышленного холдинга «Дороничи» (13.10.), на водоемах БХЗ (15.10.). Таким образом, осенние миграции гоголей, по нашим наблюдениям, проходят с начала сентября (6.09.) до середины октября (рис. 4).

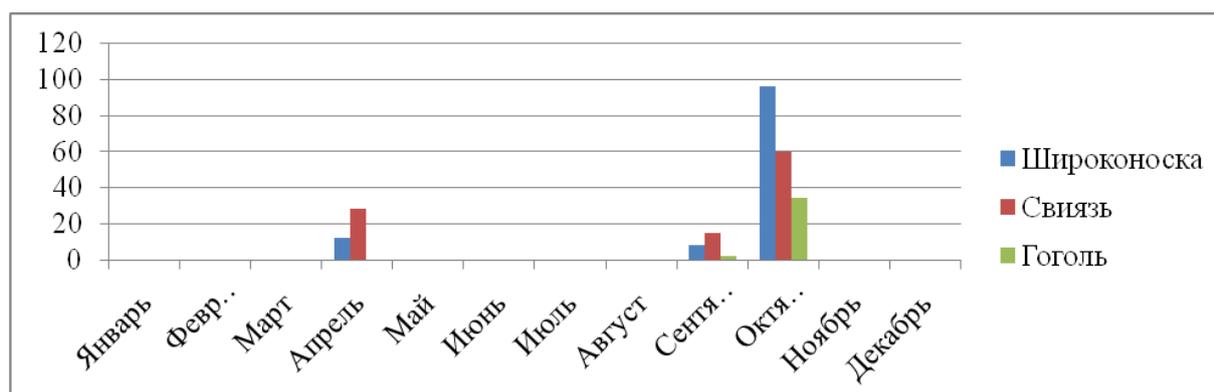


Рис. 4. Миграции широконоски, связи и гоголя на территории г. Кирова и его окрестностей в 2012–2016 гг.

Серая утка (*Anas strepera*). Прилет серой утки на водоем ТЭЦ-4 нами был отмечен 23.04.2016 г., ранее на водоемах г. Кирова и в его окрестностях этот вид не отмечался. Литературных данных по срокам миграции также мало. На юге Вятского края Л. К. Круликовский (1913) отмечал прилет серых уток в начале – середине апреля, т.е. во второй – третьей декадах апреля. В. Н. Сотников (1999) за период с 1925 по 1976 гг. отмечал всего один случай добычи серой утки весной у г. Кирова без указания даты встречи.

Синьга (*Melanitta nigra*). П.В. Плесский (1976) отмечает, что синьга весной летит поздно – около 20 мая. На осеннем пролете появляется обычно с начала до конца октября. Утки этого вида нами были встречены во время осенней миграции на водоемах Заречного парка в октябре 2010 г.

Морянка (*Clangula hyemalis*). Одиночная особь отмечена нами во время осенней миграции на очистных прудах агропромышленного холдинга «Дороничи» 11.10.2014 г. В. Н. Сотников (1999) отмечал появление морянок 14 -23 мая, до конца мая – первой декады июня. Осенью первые особи морянок появляются в Кировской области 5 октября, чаще 12–13 октября и встречаются до начала ноября.

Луток (*Mergus albellus*). П. В. Плесский (1976) отмечает, что весной первые лутки появляются в окрестностях г. Кирова с 17 апреля, пролет продолжается до 6 мая. Осенний пролет лутков начинается в конце второй декады сентября и продолжается до 20 октября. Мы отмечали по 1–3 птицы во

время весенней миграции в районе нового моста на р. Вятке и на водоемах на заливных лугах между с. Макарье и п. Красный химик в 2002–2006 гг.

Морская чернеть (*Aythya marila*). П. В. Плесский (1976) отмечает, что обычно отдельные стайки морских чернетей встречаются весной в окрестностях г. Кирова до 20 мая. Морская чернеть была встречена нами в период весенней миграции в Заречном парке (Прудовые озера) в первой декаде мая 2010 г.

На осеннем пролете отдельные особи начинают встречаться с начала второй декады сентября, а массовый пролет обычно происходит в середине октября (Сотников, 1999). Нами стая морских чернетей (6 особей) была отмечена на очистных прудах агропромышленного холдинга «Дороничи» 13 октября 2016 г.

Сезонные перемещения уток и продолжительность их пребывания в той или иной местности тесно связаны с водным режимом водоемов, весной зависят от сроков вскрытия, осенью – от времени замерзания водоемов. Наши наблюдения показывают, что существенных изменений в сроках миграций большинства видов уток в последние годы не происходит. Отмечены более ранние сроки весенней миграции крякв на незамерзающие водоемы г. Кирова. Осенью 2016 года выявлено увеличение численности мигрирующих гоголей.

Литература

Елкина А. В., Столбова Ф. С. Линька уток на водоемах г. Кирова и его окрестностей // Экология родного края: проблемы и пути решения. Киров: ВятГГУ, 2016. С. 373–377.

Злобин Б. Д., Плесский П. В. О пролете гусей в Кировской области // Материалы Всес. Конф. по миграциям птиц. Москва, 2–5 июня 1975. Ч. 1. М., 1975. С. 204–205.

Круликовский Л. К. К сведениям о птицах южных уездов Вятской губернии // Записки Уральского общества любителей естествознания. Сарапул, 1913. С. 3–43.

Линьков А. Б. Охотничьи водоплавающие птицы России. М.: ГУ «Центрохотконтроль», 2002. 268 с.

Плесский П. В. Миграции птиц в Кировской области // Труды 2-ой Прибалтийской орнитологической конференции. М.: Изд-во АН СССР, 1957. С. 159–165.

Плесский П. В. Птицы // Животный мир Кировской области. Киров, 1976. С. 49–134.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Т. 1. Нево-робьиные. Ч. 1. Киров: ООО «Триада-С», 1999. 432 с.

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ГИПОФИЗА ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ КЛЕТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ НА ВВЕДЕНИЕ ПРЕПАРАТА СЕДИМИН

В. М. Коротаев¹, Н. А. Сунцова², Н. А. Кошкина²

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Вятский государственный университет,
suntsova_nadi@mail.ru, Natalya-koshkina03@mail.ru*

Одной из важнейших в современной науке является проблема адаптации организма к меняющимся условиям внешней среды. Воздействие сильных раздражающих и повреждающих агентов вызывает в организме реактивные изменения, направленные на сохранение важнейших физиологических процессов и структур в изменившихся условиях существования (Хмельницкий, 1989; Чудаков, 1999). В ответ на воздействие происходит усиление деятельности важнейших регулирующих систем – нервной и эндокринной.

Ведущая роль в адаптационно-приспособительных реакциях организма, обеспечивающих функционально-морфологические, метаболические, биохимические и биофизические изменения принадлежит нейроэндокринной системе (Саркисов, 1980; Витер, 2003), которая формирует гомеостаз организма.

Железы внутренней секреции, соподчиненные в процессе эволюции нервной системе, формируют с последней взаимосвязанный комплекс, интегрирующий организм как единое и неразрывное целое. Следовательно, в осуществлении защитно-приспособительных реакций организма железы внутренней секреции имеют большое значение, среди которых особая роль принадлежит деятельности гипофиза. Известно, что гипофиз синтезирует так называемые «тропные гормоны», вызывающие активацию функций соответствующих эндокринных желез. Отсюда понятно, что гипофиз в известном отношении является ведущей железой (Степанян, 2007).

Цель исследования. Изучить влияние седиминана абсолютную массу гипофиза енотовидной собаки клеточного содержания.

Исследования проводились на звероферме ООО «Велюр» п. Костино Кировской области. Для эксперимента было сформировано 4 группы клинически здоровых енотовидных собак стандартного окраса в возрасте 11 недель. В каждую группу входило 5 самцов и 5 самок енотовидных собак. Седимин – комплексный, инъекционный препарат, представляющий собой стерильную, нелетучую непрозрачную жидкость темно-бурого цвета, хорошо смешивающуюся во всех соотношениях с водой. Данный комплексный препарат, содержащий 16–20 мг/мл железа, 5,5–7,5 мг/мл йода, 0,07–0,09 мг/мл стабилизированного селена, соответствующего 0,16–0,20 мг/кг селенита натрия (ТУ 9318-001-56111013-02), вводили во внутреннюю поверхность бедра с интервалом в две недели двукратно. Первой группе – в дозе 1 мл; второй – 2 мл; третьей – 3 мл, 4-я группа была контрольной. В возрасте 31 недели у экспериментальных зверей извлекали гипофиз.

В ходе исследований использовали зоотехнические, морфологические и статистические методы исследования. Гипофиз взвешивали на торсионных весах марки WT-500, имеющих пределы измерения от 10–500 мг/1мг. Определяли абсолютную массу и массу гипофиза относительно массы тела. Достоверность вычисляли на основании критерия Ньюмена-Кейлса, при уровне вероятности $P < 0,05$. Полученные данные обрабатывали методами вариационной статистики.

Гипофиз енотовидной собаки – непарный орган, расположенный в основании головного мозга в ямке турецкого седла. Морфологически гипофиз представляет собой тело сердцевидной формы с сагиттальной бороздой. Гистологически в гипофизе различают переднюю долю (аденогипофиз), очень узкую промежуточную долю и заднюю долю (нейрогипофиз) (Климов, Акаевский, 2003; Козлов, Яглов, 2007).

В результате двухкратного введения седимина в дозах 1 мл, 2 мл и 3 мл абсолютная масса гипофиза зверей первой, второй, третьей опытных групп составила $28,20 \pm 1,93$; $29,86 \pm 2,29$ и $31,83 \pm 1,35$ мг соответственно. Аналогичный показатель зверей контрольной группы – $27,80 \pm 0,86$ мг (рис. 1).

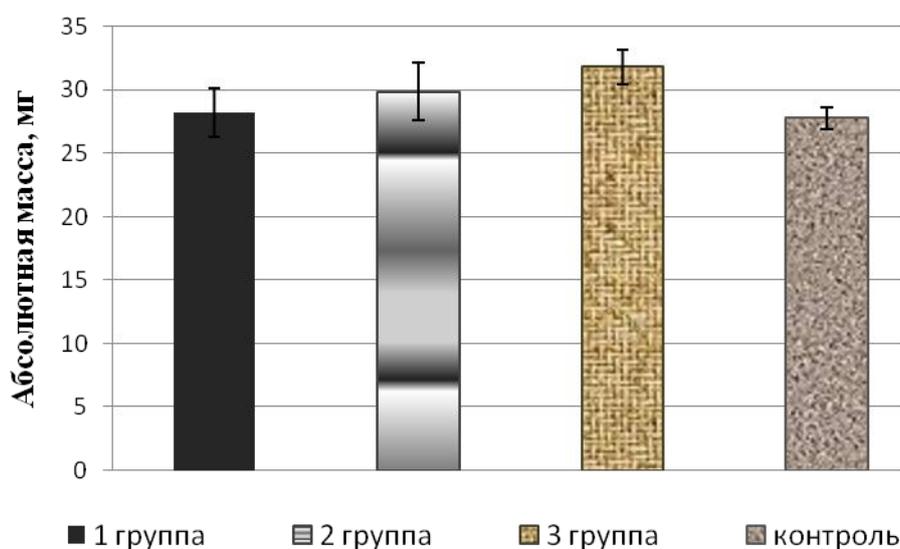


Рис. 1. Показатели абсолютной массы гипофиза енотовидной собаки, мг

При этом, во второй и третьей группах в большей степени отмечалась тенденция к увеличению абсолютной массы на 2,06 и 4,03 мг, по сравнению с контрольной группой соответственно ($P > 0,05$). Показатели средней абсолютной массы гипофиза зверей первой опытной группы превысили аналогичные показатели контрольной группы лишь на 0,40 мг ($P > 0,05$).

В ходе исследований зафиксированы максимальные значения абсолютной массы гипофиза во второй группе – 42 мг, минимальные значения в контрольной группе – 20 мг.

Показатели относительной массы гипофиза варьировали в пределах от $0,29 \times 10^{-3}$ до $0,49 \times 10^{-3}$ %. Средние значения показателей относительной массы гипофиза первой и второй опытных групп имели незначительные отличия от аналогичных показателей контрольной группы. Между тем, средние значения

относительной массы гипофиза 3 группы превышали контроль на 7,69% ($P < 0,05$) (рис. 2).

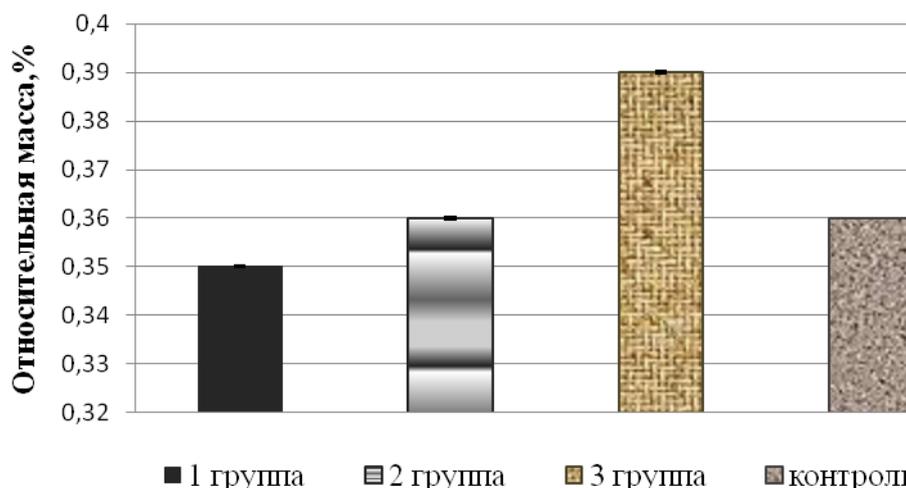


Рис. 2. Показатели относительной массы гипофиза енотовидной собаки, %

Таким образом, препарат седимин, введенный молодняку енотовидной собаки с интервалом в две недели двухкратных дозах один, два и три миллилитра в целом не вызывает статистически значимых изменений морфометрических показателей гипофиза экспериментальных животных в сравнении с контролем.

Литература

Витер В. И., Степанян Ю. С. Гистоморфологические изменения надпочечных желез при смерти от общего переохлаждения организма // Проблемы экспертизы в медицине. 2003. № 2. С.17–18.

Климов А. Ф., Акаевский А. И. Анатомия домашних животных. СПб.: Изд-во «Лань», 2003. 1040 с.

Козлов Н. А., Яглов В. В. Частная гистология домашних животных. М.: Зоомедлит, 2007. 279 с.

Саркисов Д. С., Пальцин А. А., Втюрин Б. В. Электронно-микроскопическая радиоавтография клетки. М.: Медицина, 1980. 264 с.

Степанян Ю.С. К вопросу об изменении аденогипофиза при общем переохлаждении организма // Проблемы экспертизы в медицине. 2007. № 28–4, Т. 7.С. 23–25.

Хмельницкий О. К., Ступина А. С., Функциональная морфология эндокринной системы при атеросклерозе и старении. Л.: «Медицина», 1989. 248 с.

Чудаков А.Ю. Современные клиничко-морфологические аспекты общего острого переохлаждения. СПб., 1999. 243 с.

ГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ ПЕЧЕНИ ОКУНЯ *PERCA FLUVIATILIS*

А. А. Морозов, В. В. Юрченко

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,
aleksey.a.morozov@gmail.com

Рыбы, как и другие живые организмы, обладают сложной антиоксидантной системой, функция которой заключается в предотвращении чрезмерного образования и удалении активированных кислородных метаболитов, и снижении их негативных эффектов (Меньщикова и др., 2006; Lushchak, 2014). В норме антиоксидантная система поддерживает очень низкие стационарные уровни активированных кислородных метаболитов, защищая клетки от окислительного повреждения. Однако ввиду различных причин может происходить нарушение баланса между их образованием и удалением, приводящее к окислительному стрессу, имеющему характерные физиологические последствия, включая перекисное окисление липидов (Lushchak, 2014).

Цель работы заключалась в изучении динамики активности антиоксидантных ферментов и содержания продуктов перекисного окисления липидов в печени окуня (*Perca fluviatilis* L.) в естественных условиях обитания в годовом цикле. В задачи исследования входило измерение активности супероксиддисмутазы (СОД, КФ 1.15.11.1), каталазы (КФ 1.11.1.6), глутатион-S-трансферазы (GST, КФ 2.5.1.18) и содержания продуктов, активных при реакции с тиобарбитуровой кислотой (ТБКАП).

Материалом для исследования послужил окунь, обитающий в малом притоке Рыбинского водохранилища – р. Сутке (58°1.18' с.ш. 38°15.976' в.д.). Отлов рыб проводили в течение двух лет. Общая выборка составила 132 особи длиной 13,4–26,5 см. Продолжительность светового дня (фотопериод) определяли с помощью сервиса Day Length Calculator (www.solartopo.com). Температуру воды измеряли на глубине 0,5 м.

Процедура анализа активности ферментов и содержания ТБКАП подробно описана ранее (Морозов, Юрченко, 2016). Данные представлены в виде медианы и медианного стандартного отклонения.

Размер рыб не оказывал значимого влияния на величину изучаемых показателей. Корреляционный анализ (коэффициент Спирмена (R), $p < 0,05$) показал лишь слабую связь активности СОД ($R = 0,34$) и каталазы ($R = 0,19$) с массой тела (без органов брюшной полости).

Результаты исследования представлены на рисунках 1-4. Наименьшие величины активности антиоксидантных ферментов были обнаружены в январе, что отражает общее снижение интенсивности обмена в организме рыб, наблюдаемое во время зимовки (Шульман, 1972). Уровни антиоксидантов значительно возрастали ранней весной (критерий Манна–Уитни–Уилкоксона, $p < 0,05$) до вскрытия водотока ото льда и повышения температуры воды. Возможно, увеличение активности антиоксидантных ферментов является ответ-

ной реакцией рыб на недостаток кислорода, называемой «подготовкой к окислительному стрессу» (Hermes-Lima et al., 1998). Такой ответ организма рассматривается как адаптация к дефициту кислорода; гипоксия активизирует антиоксидантную защиту, позволяя рыбам справляться с окислительным стрессом, который может возникнуть при реоксигенации тканей (Martinez-Alvarez et al., 2005).

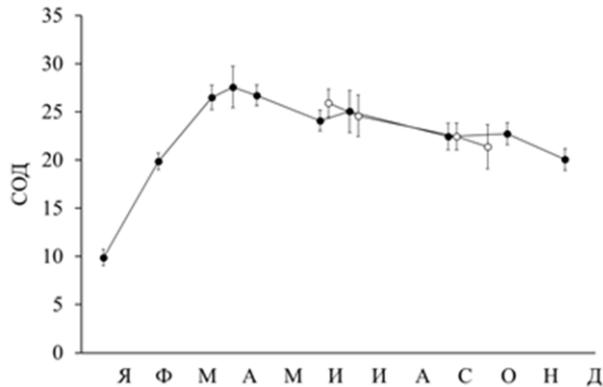


Рис. 1. Активность супероксиддисмутазы ($\text{мкМ} \times \text{мг}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$) в печени окуня в 2008 (—●—) и 2009 (—○—) гг.

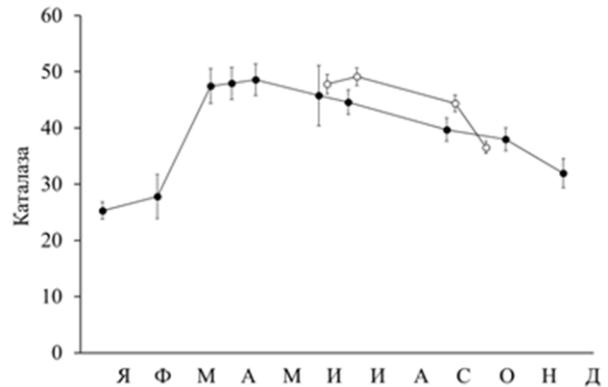


Рис. 2. Активность каталазы ($\text{мкМ} \times \text{мг}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$) в печени окуня в 2008 (—●—) и 2009 (—○—) гг.

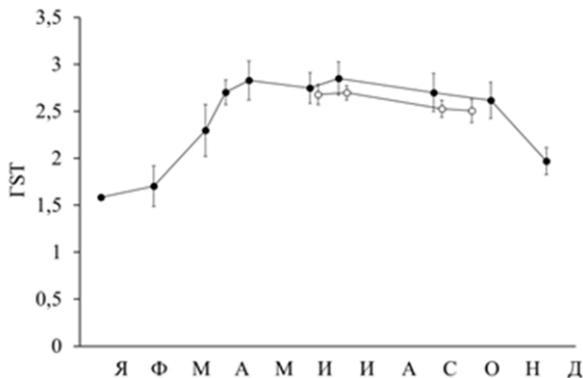


Рис. 3. Активность глутатион-S-трансферазы ($\text{мкМ} \times \text{мг}^{-1} \times \text{мин}^{-1}$) в печени окуня в 2008 (—●—) и 2009 (—○—) гг.

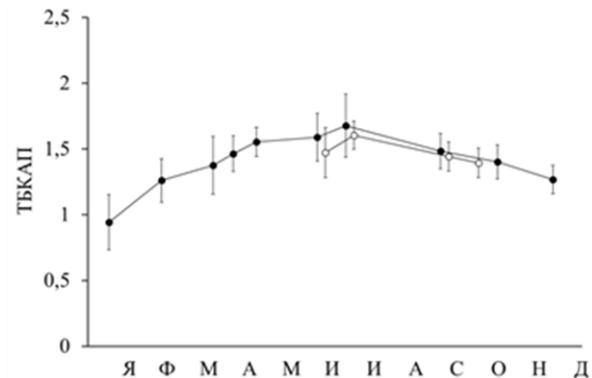


Рис. 4. Содержание ТБК-активных продуктов ($\text{нМ} \times \text{мг}^{-1}$) в печени окуня в 2008 (—●—) и 2009 (—○—) гг.

Перед началом нереста, который происходил в третьей декаде апреля, концентрация ТБКАП возрастала до уровня, значительно превышающего зимний (критерий Манна–Уитни–Уилкоксона, $p < 0,05$). В период с апреля по сентябрь повышенное содержание ТБКАП при относительно высоких значениях активности антиоксидантных ферментов (критерий Манна–Уитни–Уилкоксона, $p < 0,05$) указывает на то, что рыбы пребывали в состоянии окислительного стресса, которое по классификации, предложенной Луцаком

(2014), можно отнести к мягкому окислительному стрессу (или, по-другому, окислительному стрессу низкой интенсивности).

Согласно полученным результатам, признаки окислительного стресса отмечались в преднерестовый период и далее на протяжении всего лета. Эндогенные соединения, участвующие как в гаметогенезе, так и в резорбции невыметанных половых продуктов, могут рассматриваться в качестве индукторов состояния окислительного стресса. Например, в метаболизме стероидных гормонов участвуют цитохром Р450-зависимые ферменты (Whyte et al., 2000). В цикле реакций цитохрома Р450 могут формироваться активированные кислородные метаболиты (супероксид-анион, пероксид водорода, гидроксил-радикал), вызывающие соответствующие реакции со стороны антиоксидантной системы (Меньщикова и др., 2006).

Для всех изученных параметров отмечалась сильная корреляция с фотопериодом ($R_{\text{СОД}} = 0,71$, $R_{\text{каталаза}} = 0,79$, $R_{\text{ГСТ}} = 0,77$, $R_{\text{ТБКАП}} = 0,82$, $p < 0,05$). От средней до сильной изменялась степень связи с температурой воды: $R_{\text{каталаза}} = 0,62$, $R_{\text{ГСТ}} = 0,72$, $R_{\text{ТБКАП}} = 0,89$ ($p < 0,05$), для активности СОД корреляции с температурой не выявлено. Полученные коэффициенты корреляции иллюстрируют направляющую роль фотопериода и температуры в регуляции физиологических процессов (Шульман, 1972). При этом высокая температура может выступать в качестве естественного прооксидантного фактора в летние месяцы (Gorbietal., 2005). Повышенная температура может вызывать увеличение стационарных концентраций активированных кислородных метаболитов, требующее определённого ответа со стороны антиоксидантной системы. Так, данные по содержанию ТБКАП свидетельствуют о повышенном, но устойчивом уровне окислительной модификации на протяжении лета.

Таким образом, в течение годового цикла у окуня наблюдается ярко выраженная изменчивость активности антиоксидантных ферментов. Движимые эндогенными и экзогенными факторами, наибольшие уровни антиоксидантов приходятся на нерестовый и нагульный периоды. В преддверии нереста и далее до начала осени окунь, вероятно, пребывает в состоянии мягкого окислительного стресса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-34-00854-мол_а. Авторы благодарны А. В. Елагину и А. В. Орлову за помощь в сборе материала.

Литература

Меньщикова Е. Б., Ланкин В. З., Зенков Н. К., Бондарь И. А., Круговых Н. Ф., Труфакин В. А. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. М.: Фирма «Слово», 2006. 556 с.

Морозов А. А., Юрченко В. В. Реакция биохимических маркеров в печени леща *Abramis brama* L. на действие полихлорированных бифенилов, поступающих с кормом // Сибирский экологический журнал. 2016. № 1. С. 94–102.

Шульман Г. Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищевая промышленность, 1972. 370 с.

Gorbi S., Baldini C., Regoli F. Seasonal variability of metallothioneins, cytochrome P450, bile metabolites and oxyradical metabolism in the European eel *Anguilla anguilla* L.

(Anguillidae) and Striped mullet *Mugil cephalus* L. (Mugilidae) // Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 2005. Vol. 49. P. 62–70.

Hermes-Lima M., Storey J. M., Storey K. B. Antioxidant defenses and metabolic depression. The hypothesis of preparation for oxidative stress in land snails // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 1998. Vol. 120. P. 437–448.

Lushchak V.I. Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification // Chemico-Biological Interactions. 2014. Vol. 224. P. 164–175.

Martínez-Álvarez R.M., Morales A.E., Sanz A. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2005. Vol. 15. P. 75–88.

Whyte J.J., Jung R.E., Schmitt C.J., Tillitt D.E. Ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) activity in fish as a biomarker of chemical exposure // Critical Reviews in Toxicology. 2000. Vol. 30. P. 347–570.

ПОЛОВАЯ СТРУКТУРА МАЛОАЗИАТСКОЙ ЛЯГУШКИ *RANA MACROCNEMIS* BOUL В ЗАПАДНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Т. Ю. Пескова

Кубанской государственной университет, peskova@kubannet.ru

Одна из важнейших экологических характеристик видов животных, и в частности малоазиатской лягушки *Rana macrocnemis* Boul. – половая структура популяции. Этот вид бесхвостых земноводных обитает в Малой Азии, на Кавказе и в Предкавказье. Цель данной работы – сравнить соотношения самцов и самок малоазиатской лягушки в Предкавказье.

Исследования проводили в Западном Предкавказье в окрестностях станции Ново-Дмитриевской Северского района на равнинной территории (высота 42 м над у.м.) Краснодарского края в трех биотопах. Два биотопа представлены холмистой местностью с деревьями и кустарниками, встречаются временные водоемы, а также водоемы, пополняемые подземными водами. 3-й биотоп – луг с плотным травостоем, окружен деревьями и кустарниками, рельеф ровный.

Станции Мостовская и Баракаевская находятся в предгорной зоне. Станция Мостовская находится на высоте 340–380 м над у. м. Исследованы 6 биотопов, два из них луговые, расположены вдоль небольших водоемов с разнообразной травянистой и кустарниковой растительностью и несколькими крупными одиноко растущими деревьями. 3-й – фруктовый сад станции юннатов, 4-й – широколиственный лес, пересеченный двумя быстротекущими ручьями, 5-й и 6-й – участки берегов рек Лабы и Ходзь (притока р. Лаба).

Станция Баракаевская Мостовского района находится на высоте 550 м над у. м. Исследованы земноводные в трех биотопах. 1-й биотоп – берег ручья, впадающего в речку Гупсу – приток реки Ходзь. На нем растет много деревьев, также есть луг со злаковой растительностью, заполняемый водой во время дождей. 2-й биотоп – искусственно созданные пруды для выращивания рыбы.

В 3-м биотопе водоемов нет, это крутой склон, поросший широколиственным лесом, выше расположен луг.

Поселок Мезмай и заказник «Камышанова Поляна» находятся в низкогорье Кавказа. В поселке Мезмай Апшеронского района (высота 666 м над у. м.) исследованы берега горной реки Курджипс и ее притока реки Мезмайка, покрытые густой травой, а также прилегающие участки смешанного леса.

Заказник «Камышанова поляна имени профессора В. Я. Нагалева» в Апшеронском районе располагается на пологом северо-западном склоне хребта Азиш-Тау, высота 1200–1800 м над у. м. «Камышанова Поляна» находится в 5 км к югу от поселка Мезмай. Исследованные биотопы: временные водоемы, расположенные вдоль троп в буково-пихтовом лесу с вечнозеленым подлеском, лесные опушки, вторичный смешанный лес, отдельные поляны. Растительность представлена борщевиком, мятой, пастушьей сумкой, тысячелистником, различными злаковыми.

Наблюдения в окрестностях Ново-Дмитриевской, Мостовской, Мезмая и «Камышановой поляны» проводили летом, а в окрестностях Баракаевской – весной, летом и осенью. Число самцов и самок устанавливали по вторично-половым признакам. Отдельно сравнивали соотношение числа неполовозрелых и половозрелых лягушек в станице Мостовской, поселке Мезмай и заказнике «Камышанова поляна». Цифровой материал обработан стандартными статистическими методами с помощью критерия Пирсона $-\chi^2$. Различия считали достоверными для 5%-ного уровня значимости.

В станице Ново-Дмитриевской малоазиатская лягушка обитает во всех трех биотопах (табл. 1).

Таблица 1

**Соотношение полов в популяции малоазиатской лягушки
Rana macropsimetis в окрестностях станицы Ново-Дмитриевской**

Биотоп	Дата	Температура воздуха, °С	Соотношение самцов и самок	
			Абсолютное	Относительное
1	27.05	+ 28	21 : 15	1,0 : 0,71
	4.06	+ 18	17 : 10	1,0 : 0,59
	20.07	+ 22	16 : 13	1,0 : 0,81
2	10.06	+ 25	18 : 16	1,0 : 0,89
	14.06	+ 15	24 : 8	1,0 : 0,33
	28.08	+ 28	13 : 8	1,0 : 0,62
3	21.06	+ 23	15 : 10	1,0 : 0,67
	14.07	+ 25	19 : 13	1,0 : 0,68

Судя по приведенным данным, малоазиатская лягушка в исследованных биотопах встречается регулярно. В расположенное поблизости озеро эта лягушка не приходит даже весной во время размножения, используя для икрометания мелкие временные водоемы.

Соотношение самцов и самок малоазиатской лягушки практически одинаково во все дни наблюдений (величина критерия Пирсона составляет от 0,06 до 0,92), кроме 14 июня, когда отмечено резкое снижение числа самок

($\chi^2 = 4,27$ при $\chi^2_{\text{ст}} = 3,84$) – их в 3 раза меньше, чем самцов. Объясняем мы этот факт тем, что 14 июня отмечена самая низкая дневная температура воздуха (+ 15 °С) по сравнению с другими датами. Из литературы известна аналогичная ситуация относительно соотношения полов у малоазиатской лягушки на северных склонах Центрального Кавказа. Так, К. К. Попов (1958) пишет, что 16 июня в окрестностях селения Казбеги было собрано 57,3% самцов и 42,7% самок (1 : 0,75) при температуре воздуха + 30 °С, а 25 июня в том же районе при температуре воздуха + 15° С было собрано 78,2% самцов и только 21,8% самок (1 : 0,28). Понижение температуры воздуха вызывает увеличение активности самцов у малоазиатской лягушки. К. К. Попов отмечал также, что в период спаривания наблюдается значительное преобладание самцов в популяциях, так как самки, отложив икру, сейчас же покидают места размножения.

В окрестностях станции Мостовской из 6 обследованных маршрутов малоазиатская лягушка не обнаружена только на берегу реки Лаба, на всех остальных маршрутах этот вид является обычным или многочисленным. Соотношение самцов и самок (абсолютное – числитель, относительное – знаменатель) в популяции из станции Мостовской составляет от 11 : 3 / 1,0 : 0,3 и 11 : 5 / 1,0 : 0,5 (неполовозрелые особи) до 2 : 26 / 1,0 : 13,0 (половозрелые). У неполовозрелых малоазиатских лягушек различия между численностью самцов и самок статистически недостоверны ($\chi^2 = 2,49$ и 1,17 соответственно при $\chi^2_{\text{ст}} = 3,84$). В группе половозрелых достоверно преобладают самки ($\chi^2 = 12,60$). Резкое снижение численности самцов в старших группах по сравнению с более молодыми возрастными группами малоазиатской лягушки говорит об их высокой смертности в данной популяции.

В станции Баракаевской малоазиатская лягушка летом встречается во всех трех изученных биотопах, при этом многочисленна в 3 биотопе (лес и луг на крутом склоне), обычна во 2 биотопе (в лесу недалеко от искусственных прудов) и редка в 1 биотопе – поблизости от ручья. Редкая встречаемость малоазиатской лягушки в 1 биотопе летом, на наш взгляд, объясняется тем, что для взрослых особей этого вида обитание вблизи воды не является характерным, а период размножения, когда половозрелые лягушки собираются в водоёмах, заканчивается к концу апреля. В исследуемой популяции соотношение самцов и самок малоазиатской лягушки во все сезоны не отличается от предполагаемого равномерного. Весной – самцов 14 и самок 8 особей $\chi^2 = 0,83$. Летом – 10 самцов и 11 самок $\chi^2 = 0,02$. Осенью – 7 самцов и 8 самок, $\chi^2 = 0,03$. Различия в соотношении животных разных полов во все сезоны находятся в пределах статистической ошибки.

В популяциях малоазиатской лягушки из расположенных в низкогорье поселке Мезмай и заказнике «Камышанова Поляна», соотношение самцов и самок приведено в таблице 2.

**Соотношение полов в популяциях малоазиатской лягушки
Rana macroscymis в окрестностях поселка Мезмай и
заказника «Камышанова Поляна»**

Место обитания	Возрастная группа	Соотношение самцов и самок	
		Абсолютное	Относительное
Мезмай	Неполовозрелые	27 : 13	1,0 : 0,48
	Половозрелые	33 : 21	1,0 : 0,64
Заказник «Камышанова Поляна»	Неполовозрелые	9 : 7	1,0 : 0,78
	Половозрелые	19 : 18	1,0 : 0,95

В Мезмае различия соотношений самцов и самок находится в пределах статистической ошибки как у неполовозрелых, так и половозрелых малоазиатских лягушек, $\chi^2 = 2,53$ и $1,35$. Соответственно, нет различий и при сравнении обилия общего числа самцов и самок, $\chi^2 = 3,67$ при $\chi^2_{ст} = 3,84$.

В популяции из заказника «Камышанова Поляна» у малоазиатской лягушки половозрелых амфибий обоих полов достоверно в 2,3 раза больше, чем неполовозрелых, $\chi^2 = 4,33$, а различия в соотношении самцов и самок (суммарно неполовозрелых и половозрелых) находятся в пределах статистической ошибки, $\chi^2 = 0,08$ при $\chi^2_{ст} = 3,84$.

Сравнение половой структуры двух близлежащих популяций малоазиатской лягушки (из Мезмая и заказника «Камышанова Поляна») показало, что соотношение самцов и самок (при учете отдельно неполовозрелых и половозрелых особей) одинаковое, $\chi^2 = 3,65$ при $\chi^2_{ст} = 3,84$. При сравнении данных по самцам и самкам без учета возраста в двух популяциях статистически достоверных различий также нет, $\chi^2 = 1,71$.

По литературным данным, в Западном Предкавказье соотношение числа самцов и самок малоазиатской лягушки во всех исследованных биотопах г. Хадыженска (высота 180 м н.у.м.) равное, оно составляет от 1,0 : 0,8 до 1,0 : 1,4 (Плиева, 2015). В Восточном Предкавказье (Ставрополье) в период спаривания в водоемах преобладают самцы, соотношение самцов и самок 1 : 0,5 – 1 : 0,25 (Высотин, Тертышников, 1988); в предгорной зоне Дагестана – (высота 960 м н. у. м.) 1:0,7, а в горной зоне (высота 1600 м н. у. м.) – 1 : 0,33 (Хонякина, 1977).

Таким образом, сопоставление наших и литературных данных относительно половой структуры популяций малоазиатской лягушки позволяет сделать следующее заключение. Высота над уровнем моря не влияет на соотношение самцов и самок этого вида земноводных. В Восточном Предкавказье (Ставрополье и горная зона Дагестана) в популяциях малоазиатской лягушки преобладают самцы, в Западном Предкавказье чаще всего различия соотношений самцов и самок находятся в пределах статистической ошибки, хотя отмечена тенденция к преобладанию самцов, а в станции Мостовской преобладают самцы среди неполовозрелых и самки среди половозрелых.

Литература

Высотин А. Г., Тертышников М. Ф. Земноводные Ставропольского края // Животный мир Предкавказья и сопредельных территорий. Ставрополь, 1988. С. 87–121.

Плиева Е. А. Соотношение полов и размеры малоазиатской лягушки *Rana macrocnemis* Boul. из окрестностей г. Хадыженска // Экологический марафон XXI века. Самара, 2015. С. 276–280.

Попов К. К. Материалы к биологии малоазиатской лягушки на северных склонах Центрального Кавказа // Ученые записки Северо-Осетинского пединститута им. К. Л. Хетагурова. Сер. физ.-мат и биол. 1958. Т. 23. Вып. 1. С. 28–33.

Хонякина З. П. К эколого-морфологической характеристике предгорной и горной популяций закавказской лягушки в Дагестане // Вопросы герпетологии. Л., 1977. С. 215–216.

ПОЛИМОРФИЗМ ОКРАСКИ СПИНЫ И БРЮШКА ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ В ЗАПАДНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Т. Ю. Пескова

Кубанской государственной университет, peskova@kubannet.ru

Изучением полиморфизма окраски зеленых лягушек в последние годы занимаются многие герпетологи в различных частях ареала этих земноводных. Современные концепция вида полагают, что все виды животных, в том числе и бесхвостые земноводные, являются полиморфными. Различные цветные морфы озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* Pall. обладают различными адаптивными возможностями. Поэтому распространение и частота встречаемости морф определяются их различным экологическим потенциалом.

В разных частях видового ареала у озерной лягушки отмечены до 7 морф по окраске спины, чаще встречаются 4 морфы (*striata*, *maculata*, *punctata*, *burnsi*). В Западном Предкавказье обитают земноводные только 2 морф по окраске спины (т. е. меньше, чем в большинстве районов видового ареала). Они представлены морфой с дорсомедиальной спинной полосой – *striata* и бесполосой морфой – *maculata* (Жукова, Пескова, 1998; Шляхтин, 1985). Аналогичная ситуация отмечена на северо-востоке ареала озерной лягушки (Ганеев, 1981), то есть в условиях экологического пессимума данного вида. Именно соотношение особей разных морф по окраске спины чаще всего изучаются герпетологами. Кроме того, в Западном Предкавказье проводились исследования окраски брюшной части тела озерной лягушки (Кубанцев и др., 1989). Было установлено наличие двух морф по данному признаку – 1) брюшко белое, 2) темная пигментация в виде пятен на общем светлом фоне горла и брюха или хотя бы горла.

Цель данного исследования – комплексное исследование полиморфизма озерной лягушки по окраске спины и брюшка. Статья написана по результатам изучения двух популяций, обитающих в Западном Предкавказье – в окрестностях станиц Дербентская и Смоленская Краснодарского края, это районы предгорья, где протекают реки Иль (закубанская река) и Афипис – левый

приток р. Кубань. Сбор земноводных проводили летом (в июле). Всех отловленных лягушек делили на группы самцов и самок, половозрелых и неполовозрелых. Общий объем исследованного материала – в станице Дербентской 76 половозрелых самцов и 65 половозрелых самок, 19 неполовозрелых самцов и 12 неполовозрелых самок. В станице Смоленской – 41 половозрелый самец и 60 половозрелых самок, а также 24 неполовозрелых самца и 18 неполовозрелых самок. Для определения соотношения окраски спины и брюшка, были выделены группы: *striata* белобрюхие, *striata* пятнистобрюхие, *maculate* белобрюхие, *maculata* пятнистобрюхие).

Статистическую обработку полученных данных проводили, с помощью индекса Пирсона $-\chi^2$. Различия считали достоверными для 5%-ного уровня значимости.

Соотношения особей озерной лягушки с разными морфами по окраске тела показаны в таблицах 1 (из окрестностей станицы Дербентской) и 2 (из окрестностей станицы Смоленской).

Таблица 1

Соотношение особей озерной лягушки по окраске тела в окрестностях станицы Дербентской (числитель – абсолютное число особей, знаменатель в % от общего числа самцов или самок)

Морфа озерной лягушки	Самцы		Самки	
	Белобрюхие	Пятнистобрюхие	Белобрюхие	Пятнистобрюхие
Половозрелые особи				
<i>Striata</i>	14 / 18,4	3 / 4,0	12 / 18,5	6 / 9,2
<i>Maculata</i>	45 / 59,2	14 / 18,4	29 / 44,6	18 / 27,7
Неполовозрелые особи				
<i>Striata</i>	7 / 36,8	0 / 0	3 / 25,0	0 / 0
<i>Maculata</i>	9 / 47,4	3 / 15,8	7 / 58,3	2 / 16,7

Соотношение числа четырех вариантов окраски озерной лягушки у половозрелых особей статистически достоверно отличается от предполагаемого равномерного соотношения $-\chi^2 = 23,71$ (самцы) и $\chi^2 = 9,65$ (самки) при $\chi^2_{ст} = 7,81$. Различий, связанных с полом, не отмечено $-\chi^2 = 4,28$. У лягушек обоих полов наиболее многочисленны белобрюхие *maculata*, а наименее многочисленны пятнистобрюхие *striata*.

У неполовозрелых особей нет статистических различий в обилии разных морф озерной лягушки $\chi^2 = 6,60$ (самцы) и $\chi^2 = 4,52$ (самки) при $\chi^2_{ст} = 7,81$.

Сравнение соотношения морф половозрелых и неполовозрелых особей в окрестностях Дербентской (отдельно для самцов и самок) показало отсутствие различий у самцов ($\chi^2 = 3,30$), но наличие таковых у самок ($\chi^2 = 24,7$).

**Соотношение особей озерной лягушки по окраске тела в окрестностях
станции Смоленской (числитель – абсолютное число особей,
знаменатель – в % от общего числа самцов или самок)**

Морфа озерной лягушки	Самцы		Самки	
	Белобрюхие	Пятнистобрюхие	Белобрюхие	Пятнистобрюхие
Половозрелые особи				
Striata	4 / 9,7	9 / 22,0	16 / 26,7	7 / 11,7
Maculata	23 / 56,1	5 / 12,2	14 / 23,3	23 / 38,3
Неполовозрелые особи				
Striata	4 / 16,7	1 / 4,1	4 / 22,2	1 / 5,5
Maculata	13 / 62,5	4 / 16,7	12 / 66,7	1 / 5,5

Соотношение числа особей с четырьмя вариантами окраски озерной лягушки из окрестностей Смоленской у половозрелых особей статистически достоверно отличается от предполагаемого равномерного соотношения у самцов: $\chi^2 = 9,46$, а именно наиболее многочисленны белобрюхие maculata, а все остальные группы примерно одинаковой частоты. У половозрелых самок распределение морф не отличается от равномерного: $\chi^2 = 4,66$ при $\chi^2_{\text{ст}} = 7,81$. В результате различия между распределением морф у половозрелых самцов и самок статистически достоверно различаются: $\chi^2 = 18,28$.

У неполовозрелых озерных лягушек (и у самцов, и у самок) статистически достоверно преобладают особи белобрюхие maculata, $\chi^2 = 8,23$ и $7,89$; различий между самцами и самками нет: $\chi^2 = 1,30$.

Сравнение соотношения морф половозрелых и неполовозрелых особей в окрестностях Смоленской (отдельно для самцов и самок) показало, как и в популяции из окрестностей Дербентской, отсутствие различий у самцов ($\chi^2 = 4,02$), но наличие таковых у самок ($\chi^2 = 10,62$).

Сопоставление полученных данных по соотношению вариантов окраски озерной лягушки в двух исследованных популяциях свидетельствует, что межпопуляционные различия отмечены при сравнении половозрелых самцов ($\chi^2 = 10,40$), они касаются долей самцов морфы striata (и белобрюхих, и пятнистобрюхих), и морфы maculata (пятнистобрюхих). У неполовозрелых самцов, а также у самок обеих возрастных групп межпопуляционных различий не обнаружено.

По литературным данным, в Нижнем Поволжье наблюдалась слабая корреляция между окраской спины лягушек и пигментацией брюшка. Светлобрюхие особи почти в 2 раза чаще встречались среди лягушек морфы maculata, а темнобрюхие – среди striata. В естественных водоемах устойчиво преобладали темнобрюхие лягушки (57%), а в искусственных – светлобрюхие (64–76%) (Кубанцев и др., 1989). В нашем исследовании светлобрюхие особи (и самцы, и самки) также чаще встречались среди морфы maculata, но преобладания темнобрюхих особей среди морфы striata не обнаружено.

Различные морфы озерной лягушки обладают различной теплолюбивостью (Ганеев, 1981) и различной выживаемостью на стадиях развития (Пикулик, 1978). По данным В. Г. Ищенко (1978), различные морфы озерной лягушки характеризуются различной степенью активности и подвижности, что сказывается на их криптической ценности для выживания особей.

Полосатые особи заселяют хорошо прогреваемые мелководные участки, обильно заросшие воздушно-водной растительностью, бесполосые же предпочитают затененные глубоководные участки с крутыми, резко уходящими в воду берегами, практически лишенными воздушно-водной растительности (Ганеев, 1981). Вероятно, в естественной среде имеют место все перечисленные моменты (Замалетдинов, 2005).

По мнению В. Г. Ищенко (1978), основной механизм, поддерживающий полиморфизм в популяциях *Anura*, – различная приспособленность отдельных морф и соответствующее направление и давление отбора. В целом, наши исследования позволяют говорить о том, что в условиях Западного Предкавказья (предгорные районы) среди всех половозрастных групп озерной лягушки преимуществами перед другими морфами обладают белобрюхие особи морфы *maculata*.

Литература

Ганеев И. Г. О некоторых аспектах экологии и полиморфизме рисунка озерной лягушки на северо-востоке ареала // Вопросы герпетологии. Л., 1981. С. 34–35.

Жукова Т. И., Пескова Т. Ю. Фенетическая структура популяций озерной лягушки на Северном Кавказе // Проблемы развития биологии на Северном Кавказе. Ставрополь, 1998. Вып. 3. С. 58–65.

Замалетдинов Р. И. Изменчивость цветового полиморфизма озерной лягушки в Республике Татарстан // Актуальные проблемы герпетологии и токсикологии. Тольятти, 2005. Вып. 8. С. 38–45.

Ищенко В. Г. Динамический полиморфизм бурых лягушек фауны СССР. М., 1978. 147 с.

Кубанцев Б. С., Пескова Т. Ю., Городничева И. В. О вариациях окраски некоторых видов бесхвостых земноводных // Вопросы герпетологии. Киев, 1989. С. 126–127.

Пикулик М. М. Экспериментальное изучение изменчивости генетического состава сеголеток земноводных // Физиологическая и популяционная экология животных. Вып. 5(7). Саратов, 1978. С. 85–89.

Шляхтин Г. В. Фенетический анализ окраски спины озерной лягушки // Фенетика популяций. М., 1985. С. 173–174.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У ПОЛЕВОК-ЭКОНОМОК, ОБИТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ ЕСТЕСТВЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ

О. В. Раскоша

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
Сыктывкарский государственный университет им. П. Сорокина,
raskosha@ib.komisc.ru*

В природных условиях характерно многообразие воздействующих на биоту факторов, что делает актуальным проблему изучения общих закономерностей сочетанных воздействий, с целью прогнозирования ожидаемых последствий на организм млекопитающих. Сложность при изучении совместного действия ионизирующего излучения с другими факторами состоит в оценке эффектов их раздельного действия, которые могут не просто суммироваться, но и усиливаться (синергическое взаимодействие) или ослабляться (антагонистическое взаимодействие). Работы, проведенные нами в контролируемых условиях хронического эксперимента, показали высокую чувствительность щитовидной железы к раздельному действию различных факторов, в том числе радиационной природы с развитием неспецифических реакций (Павлов и др., 2013; Раскоша и др., 2015). При моделировании совместного действия радиационных и нерадиационных факторов изменения, выявленные в щитовидной железе мелких млекопитающих, демонстрировали преимущественно нелинейные эффекты взаимодействия (Раскоша и др., 2005). Целью настоящего исследования было выявить особенности структурно-функционального состояния щитовидной железы у полевок-экономок, обитающих в природных условиях при антропогенном загрязнении тяжелыми естественными радионуклидами.

Полевки-экономки были отловлены в окрестностях пос. Водный (Республика Коми). Опытный участок (3 га) находился на левом берегу р. Ухта на территории хранилища радиоактивных отходов закрытого в 1956 г. предприятия по добыче и концентрированию радия. Почвы этого участка на момент исследования содержали повышенные концентрации различных химических компонентов пластовых вод, переработанного урансодержащего сырья, а также отходов радиевого производства, в том числе радиоактивные элементы (Водный). Для характеристики радиационной обстановки на исследуемой территории измеряли мощность дозы γ -излучения в воздухе на высоте 1 м над поверхностью земли, которая составляла 20–3000 мкР/ч. Для почв этого участка характерно повышенное содержанием ^{226}Ra (0.01–300 Бк/г) и урана ^{238}U (0.01–10.0 Бк/г) (Шуктомова и др., 2006). Геохимические характеристики контрольного участка, находящегося в 8 км от опытного, соответствовали значениям региональных показателей данного физико-географического района, мощность экспозиционной дозы была 10–15 мкР/ч.

В природных условиях интенсивность накопления радионуклидов в организме животных при их хроническом поступлении определяется как индивидуальными особенностями особей, так и внешними факторами, такими как содержание радионуклидов в почве, воде, растениях, входящих в пищевой рацион животных, климатическими условиями. Наибольшую токсикологическую опасность представляют радионуклиды при попадании внутрь организма. Прослежена связь между валентностью элемента и его распределением в организме, исходя из этого двухвалентные катионы (к которым относится радий) накапливаются преимущественно в скелете (Распределение ..., 1966). Из литературы известно, что радий-226 поступает в организм через органы дыхания, ЖКТ и кожу, аккумулируясь в основном в минеральной части костей. Уран и его соединения, характеризующиеся политропным действием, многие авторы справедливо относят к высокотоксичным соединениям, причем степень токсичности напрямую связана с растворимостью урановых соединений. При длительном поступлении радионуклидов в организм биологические эффекты обусловлены не только химическими свойствами этих элементов, но в большей степени их радиационным действием за счет β -излучения (Журавлев, 1990).

Содержание радия-226 и урана-238 в тушках полевок-экономок было определено в лаборатории миграции радионуклидов и радиохимии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (аттестат аккредитации САРК RU.0001.-441623). Анализ полученных данных показал повышенное содержание радия-226 в золе тушек животных, отловленных на радиоактивно загрязненном участке (табл.), при этом содержание радионуклида у этих зверьков статистически значимо превышало значения соответствующих контрольных групп в разные года исследования в 3,5–13,8 раз. Концентрация урана-238 в тушках полевок с опытного участка в период максимальной численности животных, была более чем в два раза выше значений контрольной группы и составляла $1,27 \cdot 10^{-7}$ г/г золы ($p \leq 0,05$).

Таблица

Содержание радия-226 в тушках полевок-экономок (10^{-12} г/г золы)

Участок отлова	Подъем численности	Максимальная численность	Спад численности
Контрольный	1,23±0,46 (6)*	4,81±0,51 (8)	4,25±0,98 (7)
Опытный	16,97±4,54 (14)	27,81±4,50 (5)	15,18±1,49 (8)

* – количество проб (в пробе объединено от 2 до 4 особей, в зависимости от массы животных).

При хроническом поступлении радионуклидов в организм животных наблюдается постепенное накопление изотопов в органах и тканях. Через определенное время наступает равновесное состояние, когда, несмотря на ежедневное поступление радионуклида, содержание его в организме остается постоянным. Равновесное состояние изотопов в организме сохраняется при наличии постоянства скорости обменных процессов и может быть нарушено вследствие изменения величины и ритма поступления изотопа, а также при

нарушении структуры и функции органа при лучевом повреждении (Журавлев, 1990).

Основной функцией щитовидной железы является обеспечение энергетического обмена в организме млекопитающих, при этом известно, что избыток или недостаток тиреоидных гормонов оказывает воздействие практически на все органы и ткани. Выявление структурно-функциональных изменений в щитовидной железе у животных, обитающих в условиях антропогенного загрязнения, представляется важным не только для оценки физиологического состояния отдельной особи, но и способствует биодиагностики популяции в целом.

Полученные результаты показали, что длительное обитание полевок-экономок в условиях повышенного содержания радионуклидов вызывало изменения в тиреоидной ткани, которые выражались в уменьшении объемной плотности и высоты фолликулярного эпителия, увеличении количества коллоида, трудно различимых границах между клетками, пикнозе ядер тироцитов, а также изменении концентрации тиреоидных гормонов в сыворотке крови животных (Раскоша и др., 2013). В некоторых случаях развивалось расстройство кровообращения связанное с застойным полнокровием крупных сосудов, их расширением, очаговыми кровоизлияниями. Эффективность радиационного воздействия зависела от пола и возраста животного, а так же от фазы популяционного цикла (рис. 1). В фазу спада численности (по сравнению с пиком) в тиреоидной паренхиме полевок с радиоактивного участка отмечали большее разнообразие структурных нарушений, при этом отклонения от нормы по уровню тиреоидных гормонов у облученных зверьков имели разную направленность в зависимости от пола особи (рис. 2). При высокой численности животных функциональная асинхронность в щитовидной железе полевок с опытного участка была менее выражена.

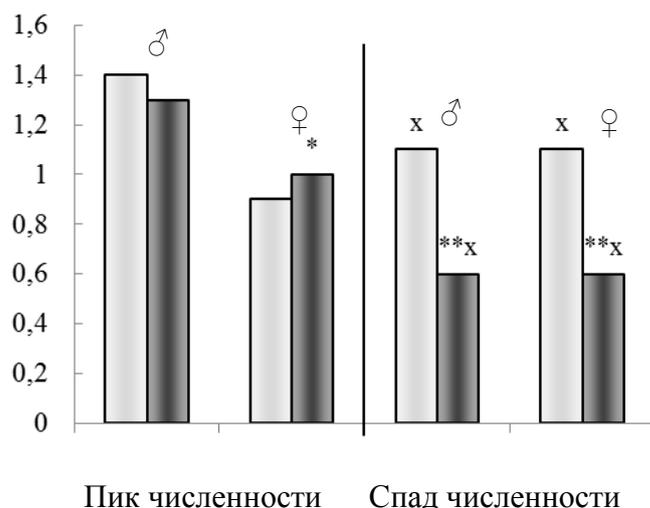


Рис. 1. Индекс активности (усл.ед.; по оси ординат) щитовидной железы полевок-экономок, отловленных на контрольном (светлые столбики) и опытном (темные столбики) участках

Примечание. Различия достоверны между пиком и спадом при $^x p \leq 0.05$; между контролем и опытом при $*p \leq 0.05$; $**p \leq 0.01$.

Общие особенности характерные для животных и с контрольного и с опытного участков (в одну и ту же фазу численности) заключались в том, что в фазу спада по сравнению с пиком численности популяции щитовидная железа полевок с обоих участков по морфологическим критериям находилась в менее активном состоянии (рис. 1), что сочеталось с пониженным содержанием в сыворотке крови T_4 и компенсаторным подъемом уровня T_3 (рис. 2).

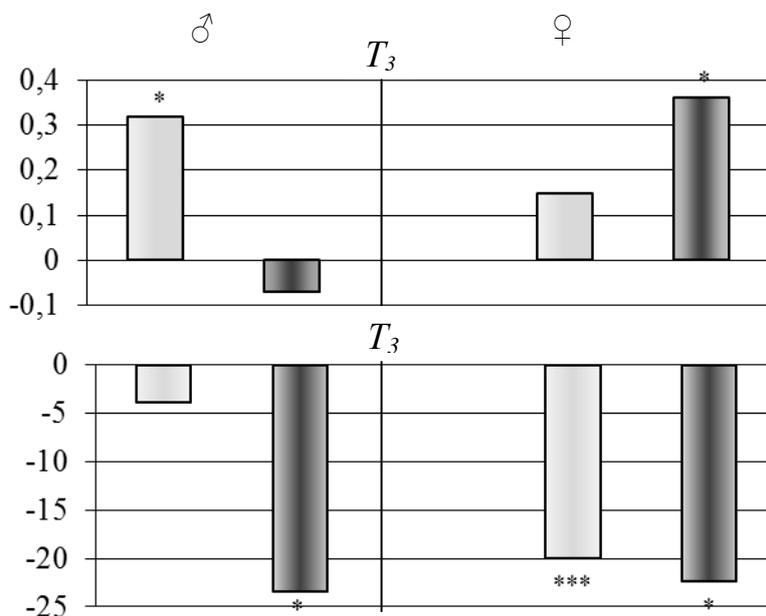


Рис. 2. Содержание (нмоль/л; по оси ординат) трийодтиронина (T_3) и тироксина (T_4) в сыворотке крови полевок-экономок, обитающих на контрольном (светлые столбики) и опытном (темные столбики) участках в спад численности (относительно пика)

Таким образом, как следует из полученных данных, внутривидовые факторы оказывают модифицирующее действие на структурно-функциональное состояние щитовидной железы полевок-экономок в условиях антропогенного загрязнения тяжелыми естественными радионуклидами. Тем не менее, длительное обитание полевок-экономок на территориях с повышенным уровнем радиационного фона приводило к изменению морфологических и функциональных параметров щитовидной железы, указывающих на снижение ее функциональной активности.

Литература

- Журавлев В. Ф. Токсикология радиоактивных веществ. М. Энергоатомиздат, 1990. 336 с.
- Павлов А. В., Ермакова О. В., Кораблева Т. В., Раскоша О. В. Морфометрический анализ фолликулярной структуры щитовидной железы при хроническом γ -облучении в малых дозах // Морфология. 2013. № 2. С. 43–46.
- Раскоша О. В., Ермакова О. В., Павлов А. В., Кораблева Т. В. Морфометрические и цитогенетические исследования фолликулярного эпителия щитовидной железы мелких млекопитающих при хроническом облучении в малых дозах // Радиационная биология. Радиозэкология. 2015. Т. 55. № 1. С. 63–70.

Раскоша О. В., Ермакова О. В. Особенности хронического раздельного и сочетанного действия низкоинтенсивного γ -излучения и нитрата ^{232}Th на щитовидную железу // Радиационная биология. Радиоэкология, 2005. Т. 45. № 6. С. 744–750.

Раскоша О. В., Ермакова О. В. Морфологическое состояние щитовидной железы полевок-экономок, обитающих в условиях повышенного уровня естественной радиоактивности // Теоретическая и прикладная экология, 2013. № 2. С. 55–61.

Распределение, биологическое действие, ускоренное выведение радиоактивных изотопов / Под ред. Ю. И. Москалева. М.: Атомиздат. 1966.

Шуктомова И. И., Носкова Л. М. Распределение ^{226}Ra и ^{232}Th на территории хранения отходов радиевого производства // Радиохимия. 2006. Т. 48. № 6. С. 533–536.

МАТЕРИАЛЫ К ОРНИТОФАУНЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ООПТ «АТАРСКАЯ ЛУКА»

В. М. Рябов

Вятский государственный университет, ryapitschi@yandex.ru

Изучение орнитофауны на перспективной особо охраняемой природной территории «Атарская Лука» проводили в период с 28 по 31 июля 2016 г. Был обследован участок р. Вятки и прилегающих долинных и пойменных лесных и луговых биотопов (включая юго-западную часть ныне существующей ООПТ «Белаевский бор») от карьера «Приверх» до с. Петропавловское. Исследования в большей степени носили рекогносцировочный характер.

Исследование орнитофауны проводили методами маршрутных учетов, (визуально, с применением оптических средств 15-кратного увеличения, по голосам) по общепринятым методикам (Бибби и др., 2000). Так как исследования проводили в после- и позднегнездовой период, то для многих видов гнездовой статус был не определен. Кроме того, по выше указанной причине пребывание на данной территории некоторых видов, однозначно здесь обитающих, не удалось зафиксировать, поскольку начались кочевки к местам зимовок и в более кормные станции.

Далее приводим список птиц, пребывание которых в указанный период нами было отмечено на данной территории. При указании статуса вида в Кировской области использовали классификацию В. Н. Сотникова (1999, 2002, 2006).

Отряд Поганкообразные – *Podicipediformes*

Большая поганка – *Podiceps cristatus* L.

Немногочисленный гнездящийся вид. Отмечена единственная встреча молодой птицы на акватории р. Вятки у южной границы ООПТ «Белаевский бор».

Отряд Гусеобразные – *Anseriformes*

2–3. Гуси (белолобый – *Anser albafrons* Scop., гуменник – *Anser fabalis* L.)

Пролетные виды. Внесены в список на основании опросных данных.

4. Кряква – *Anas platyrhynchos* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

5. Чирок – свистунок – *Anas crecca* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

6. Чирок-трескунок – *Anas guerguedula* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

7. Хохлатая чернеть – *Aythya fuligula* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

8. Красноголовая чернеть – *Aythya ferina* L.

Немногочисленный вероятно гнездящийся вид. Отмечены единичные встречи самцов у карьера «Приверх»

9. Гоголь – *Vulpes clangula* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид

Отряд Соколообразные – *Falconiformes*

10. Перепелятник – *Accipiter nisus* L.

Гнездящийся немногочисленный кочующий вид. Наблюдали факт неудачной охоты перепелятника на перевозчика.

11. Канюк – *Buteo buteo* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

12. Осоед – *Pernis apivorus* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид. Обнаружено жилое гнездо напротив бывшего с. Атары.

13. Черный коршун – *Milvus migrans* (Boddaern).

Обычный гнездящийся перелетный вид. Самый многочисленный из соколообразных в описываемой территории. Наблюдали отдельные предлетные скопления до 6 особей на песчаных косах р. Вятки

14. Орлан-белохвост – *Haliaeetus albicilla* L.

Редкий гнездящийся оседло-кочующий вид. 30 июля над «Поющими песками у б.с. Атары» одновременно наблюдали 2 молодых и одну взрослую птицу. В тот же день молодую птицу наблюдали в левобережной пойме р. Вятки ниже с. Петропавловское. Данные факты позволяют предполагать гнездование птиц на этой территории.

15. Большой подорлик – *Aquila clanga* L.

Редкий гнездящийся перелетный вид. Единичную взрослую особь наблюдали у б.д. Мошины 29.07.2016 г. Предполагаем гнездование на этой территории.

Отряд Курообразные – *Galliformes*

16. Тетерев – *Lyrurus tetrix* L.

Обычный гнездящийся оседлый вид.

17. Рябчик – *Tetrastes bonasia* L.

Обычный гнездящийся оседлый вид.

Отряд Журавлеобразные – *Gruiformes*

18. Серый журавль – *Grus grus* L.

Немногочисленный обычный гнездящийся вид. По опросным данным в конце августа – начале сентября на исследуемой территории образует значительные по численности предотлетные скопления

19. Коростель – *Crex crex* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

Отряд Аистообразные – *Ciconiiformes*

20. Серая цапля – *Ardea cinerea* L.

Немногочисленный гнездящийся вид. Предполагаем существование на территории крупной гнездовой колонии.

Отряд Ржанкообразные – *Charadriiformes*

21. Большой улит – *Tringa nebularia* Gunn.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

22. Вальдшнеп – *Scolopax rusticola* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

23. Перевозчик – *Acititis hypoleucis* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

24. Фифи – *Tringa glareola* L.

Немногочисленный гнездящийся перелетный вид

25. Малый зук – *Charadrius dubius* L.

Гнездящийся обычный перелетный вид.

26. Кулик-сорока – *Haematopus ostralegus* L.

Немногочисленный гнездящийся перелетный вид. В период исследований ежедневно наблюдали пролетные стайки от 2 до 8 особей. На песчаных косах у карьера «Приверх» и «Поющие пески у б.с. Атары» обнаружены кормовые площадки (многочисленные раковины двустворчатых моллюсков), что подтверждает факт пребывания (гнездования?) этого вида на данной территории.

27. Сизая чайка – *Larus canus* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид. Единичные встречи взрослых птиц.

28. Озерная чайка – *Larus hirundo* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид. Единичные встречи молодых птиц.

29. Речная крачка – *Chlidonias hirundo* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

30. Малая крачка – *Sterna albifrons* Pallas.

Немногочисленный гнездящийся вид. Стайки взрослых и молодых птиц наблюдали 29-30 июля на песчаной косе правого берега р. Вятки напротив ООПТ «Белаевский бор».

Отряд Голубеобразные – *Columbiformes*

31. Вяхирь – *Columba palumbus* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

Отряд Кукушкообразные – *Cuculiformei*

32. Обыкновенная кукушка – *Guculus canorus* L.

Гнездящийся перелетный вид

Отряд Козодоеобразные – *Caprimulgiformes*

33. Козодой – *Caprimulgus europeaus* L.

Гнездящийся перелетный вид.

Отряд Дятлообразные – *Piciformes*

34. Большой пестрый дятел – *Dendrocopus major* L.

Оседлый гнездящийся вид. Обычен.

35. Трехпалый дятел – *Picoides trydactilis* L.

Немногочисленный гнездящийся вид.

36. Желна – *Driocopus martius* L.

Оседлый гнездящийся вид.

37. Малый пестрый дятел – *Dendrocopus minor* L.

Оседлый гнездящийся вид. Обычен.

Отряд Ракшеобразные – *Coraciiformes*

38. Обыкновенный зимородок – *Alcedo atthis* L.

Гнездящийся редкий вид. Единственная встреча особи произошла 30 июля на пересыхающей протоке правого берега р. Вятки напротив «Белаевского бора»

Отряд Стрижеобразные – *Apodiformes*

39. Черный стриж – *Apus apus* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

Отряд Воробьинообразные – *Passeriformes*

40. Сорока – *Pica pica* L.

Оседлый гнездящийся вид.

41. Серая ворона – *Corvus cornix* L.

Оседлый гнездящийся вид.

42. Ворон – *Corvus corax* L.

Оседлый гнездящийся вид.

43. Кедровка – *Nucifraga caryocatactes* L.

Редкий вероятно гнездящийся оседло-кочующий вид. Стайка из трех птиц была отмечена 30 июля в ельнике сложном по правому коренному берегу р. Вятка напротив «Белаевского бора»

44. Сойка – *Garrulus glandarius* L.

Оседлый гнездящийся вид.

45. Лесной конек – *Anthus trivialis* (L., 1758)

Многочисленный гнездящийся перелетный вид.

46. Луговой конек – *Anthus pratensis* (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид.

47. Желтая трясогузка – *Motocilla flava* (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид. Обитает в луговых биотопах, где является доминирующим видом в послегнездовой период.

48. Белая трясогузка – *Motocilla alba* (L., 1758)

Обычный гнездящийся перелетный вид.

49. Серый сорокопут – *Lanius excubitor* L.

Редкий гнездящийся оседло-кочующий вид. Был отмечен 30 июля в ельнике сложном по правому коренному берегу р. Вятка напротив «Белаевского бора».

50. Камышевка-барсучок – *Acrocephalus schoenobaenus* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

51. Славка-черноголовка (черноголовая славка) – *Sylvia atricapilla* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

52. Серая славка – *Communis* (Lathav, 1787)

Обычный гнездящийся перелетный вид.

53. Пеночка-теньковка – *Phylloscopus colubita* (Vieillot, 1817)

Обычный гнездящийся перелетный вид.

54. Зеленая пеночка – *Phylloscopus trochiloides* (Sundevall, 1837)

Обычный многочисленный гнездящийся перелетный вид.

55. Береговушка – *Riparia riparia* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид

56. Деревенская ласточка – *Hirundo rustica* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид

57. Луговой чекан – *Saxicola ruberta* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид. Многочислен.

58. Обыкновенная горихвостка – *Phoenicurus phoenicurus* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

59. Обыкновенный соловей – *Luscinia luscinia* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

60. Зарянка – *Erithacus rubecula* L.

Обычный гнездящийся перелетный вид.

61. Рябинник – *Turdus pilaris* L.

Обычный перелетный гнездящийся вид.

62. Белобровик – *Turdus iliacus* L.

Обычный перелетный гнездящийся вид. Многочислен.

63. Певчий дрозд – *Turdus philomelos* C.L. Brehm

Обычный перелетный гнездящийся вид. Встречается реже, чем два предыдущих вида.

64. Длиннохвостая синица – *Aegithalos caudatus* L.

Обычный оседло-кочующий гнездящийся вид. Многочисленна.

65. Буроголовая гаичка (пухляк) – *Parus montanus* L.

Обычный оседло-кочующий гнездящийся вид. Самый обычный и распространенный вид. Доминирует в орнитоценозах в послегнездовой период.

66. Большая синица – *Parus maior* L.

Обычный оседло-кочующий гнездящийся вид. Многочислен. Один из наиболее распространенных видов.

67. Обыкновенная пищуха – *Certhia familiaris* L.

Обычный оседло-кочующий гнездящийся вид. Типичный обитатель лесных сообществ. Во внегнездовой период встречается в разновидовых стаях синиц.

68. Обыкновенная овсянка – *Emberiza citronella* L.

Обычный кочующий гнездящийся вид

69. Зяблик – *Fringilla coelebs* L.

Обычный многочисленный перелетный гнездящийся вид. Доминирует в орнитоценозах. Распространен повсеместно в лесных биотопах.

70. Обыкновенная чечевица – *Carpodacus erithrinus* L.

Обычный гнездящийся вид.

За период работ было отмечено пребывание 70 видов птиц. В том числе выявлено обитание 7 видов птиц, внесенных в Красную книгу Кировской области (Красная..., 2014): большая поганка, малая крачка, кулик-сорока, обыкновенный зимородок, орлан-белохвост, большой подорлик, серый сорокопуд.

Литература

Бибби К., Джонс М., Марсден С. Методы полевых экспедиционных исследований. Исследования и учеты птиц: Пер. с английского. М.: Союз охраны птиц России, 2000. 186 с.

Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Изд. 2-е / Под ред. О. Г. Барановой и др. Киров: ООО «Кировская областная типография», 2014. 336 с.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий // Неворобьиные. Т. I. Ч. I. Киров: ООО «Триада С», 1999. 432 с.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий // Неворобьиные. Т. I. Ч. II. Киров: ООО «Триада С», 2002. 528 с.

Сотников В. Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий // Воробьинообразные. Т. II. Ч. I. Киров: ООО «Триада С», 2006. 448 с.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ ПОВЕДЕНИЯ АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Д. П. Стрельников^{1,2}, О. В. Масленникова¹

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
olgamaslen@yandex.ru

В России поведение американской норки изучали П. И. Данилов и И. Л. Туманов (1976) в северо-западной части России, Д. В. Терновский и Ю. Г. Терновская (1994), а так же Г. Н. Сидоров и др. (2009) – в Сибири, С. М. Сокольский (2004) – на территории Печоро-Илычского заповедника, Н. В. Кисилева, П. А. Сорокин (2013) – на Урале, А. А. Савонин и А. О. Филипьев (2015) – в Саратовской области, В. Е. Сидорович (1995) – в Беларуси.

Среди исследователей, изучающих поведение американской норки, существуют разные точки зрения о суточной активности зверька. В. Е. Сидорович (1995) указывал, что норки активны в основном в сумеречные и ночные часы. Значительно реже он встречал американскую норку в светлое время суток. С. М. Сокольский (2004) высказывает другую точку зрения, а именно, что норки активны в любое время суток. Зимой во время оттепели зверьки часто появляются на поверхности снега, в сильные морозы сни-

жают активность и передвигаются по подледным пустотам. Весной во время гона активность повышается, и в этот период (конец марта – апрель) часто можно встретить парные следы зверьков. Г.Н. Сидоров и др. (2009) также утверждают, что суточная активность американской норки не имеет четко выраженного ритма. Связывают это с наличием и доступностью пищи.

С 2012 по 2016 гг. на территории г. Кирова и его окрестностей, а также в природных биоценозах в поймах р. Вятка и р. Чепца нами проводились полевые работы по наблюдению за жизнедеятельностью американской норки. Собирались опросные данные, которые при возможности проверялись. В садах у р. Русянки в пригороде Кирова на искусственном водоеме в конце августа – начале сентября 2015 г. мы устанавливали автоматическую фотокамеру Dig. Cam Primos 35, которая работала в течение 2 недель.

При изучении поведения норки урбанизированных территорий нами выявлено, что зверек проявляет активность в разные периоды года и различное время суток.

Так нами норка была зарегистрирована на снимках фотоловушки 01–02 сентября 2015 г. в следующие периоды: ночное время – в 23:54; утреннее время – с 06:25 до 07:30 (рис. 1). 8 октября 2014 г. в промежуток с 12:00 по 13:00 мы наблюдали американскую норку в прудовом комплексе у Диорамы в г. Кирове. 18 мая 2012 г. В 15:40 американская норка перебежала дорогу вблизи поселка Якша в Республике Коми.

В природных биоценозах Сибири Г. Н. Сидоров и др., (2009) указывают, что выводки активны летом в сумерки. На урбанизированных территориях нами был зарегистрирован выводок американской норки после дождя 16 июля 2012 г. в 10:30 на прудах биологической очистки ЗАО «Агрофирмы Дороничи». Американская норка и 6 ее детенышей, по размеру немногим меньше матери, кроме одного последнего, выйдя на берег пруда, не торопясь последовали мимо нас вдоль уреза воды примерно на 100 м и скрылись. Испугался лишь последний самый маленький детеныш. Он затаивался несколько раз, а затем догонял свой выводок. Они шествовали гуськом друг за другом.

Американская норка начала появляться в населенных пунктах Кировской области с конца прошлого века, особенно активно ее наблюдают в последнее десятилетие. При этом она стала не просто заходить, как другие дикие млекопитающие, но и заселять водоемы и речки в крупных городах и более мелких населенных пунктах. До сих пор не раскрыта причина, почему этот процесс с такой интенсивностью происходит последнее время.



Рис. 1. Американская норка на искусственном водоеме в пригороде Кирова (фото автора)

В городе Кирове по сообщению Р. Х. Гильмутдинова в 1996 г. в районе Трифонова монастыря на р. Хлыновка была найдена мертвая норка. В. Н. Сотниковым она была определена как норка европейская. В дальнейшем этот водоем был заселен американской норкой, где следы ее жизнедеятельности встречаются и в настоящее время (Стрельников, Масленникова, 2013).

Можно предположить, что на территорию населенных пунктов американскую норку привлекает легко доступная пища. П. Вассер и Р. Уайли (Waser, Wiley, 1979) считают, что тот или иной способ пространственной организации обусловлен влиянием двух групп параметров. Первая группа параметров – средовые (характер размещения пищевых ресурсов, которые рассредоточены случайным образом или локально сгруппированы, степень вариативности их во времени – постоянные, регулярно возобновляющиеся, варьирующие непредсказуемо). Вторая группа – поведенческие параметры (наличие или отсутствие постоянного, локально привязанного к местности центра активности особи или группы, размер доступного особи поля кормовой активности и его соотношение с размером участка обитания, особенности индивидуальной стратегии поиска корма). Формирование территориальности (неперекрывающихся участков обитания) наиболее вероятно, если запасы ресурсов не претерпевают существенных изменений в пространстве и во времени, независимо от того, имеют ли особи локально фиксированные центры активности или нет.

Отмечены случаи запасания кормов американской норкой. 20 марта 2015 г. на левом берегу р. Вятка в районе п. Гирсово В. А. Соловьев с 09:00 наблюдал ловлю рыбы американской норкой в течение получаса. Она несколько раз выходила из-под берега, пробегала небольшое расстояние по льду, ныряла, под водой находилась 30–40 секунд, выныривала с некрупной рыбой и возвращалась к берегу (Стрельников, Масленникова, 2015).

Запасы корма, состоящие из 8 тушек серебряных карасей массой 120–200 г, были найдены 16 апреля 2016 г. на садовом участке под лесенкой, ведущей в пруд, в районе Чистых прудов г. Кирова (рис. 2). После подсчета и измерений рыба была помещена на место. На следующий день рыба была обнаружена «плавающей» в водоеме.

По сравнению с другими аборигенными куньими американская норка более терпимо и безбоязненно относится к человеку. Данный факт отмечает С. М. Сокольский (2004) и объясняет этот феномен тем, что некоторые зверьки убежали со звероферм, где проводили отбор на способность к приручению, и их потомки сохранили это свойство.

Норки безбоязненно выходят зимой к рыбакам, сидящим с удочками на льду, и стоит им отвернуться, воруют у них мелкую рыбу. Такое поведение было зарегистрировано в 2014–2015 гг. на реке Чепце в Зуевском районе. Количество рыбаков в этом месте достигало в иные дни 15–20 человек. В течение зимы норка жила под перевернутой лодкой и собирала «дань» с рыбаков. Аналогичный случай зарегистрирован в Омутнинском районе на пруду.

Заведующий охотхозяйством НООХ ВНИИОЗ С. Ф. Стреляный 03 апреля 2016 года, в промежуток времени с 15:40 до 17:10 у р. Мелковица (правый приток р. Чепцы), наблюдал за норкой с целью ее фотографирования. Он разложил рыбу в качестве приманки. Зверек проигнорировал приманку. Однако наблюдателю удалось сделать снимок норки с пойманной травяной лягушкой (рис. 3).



Рис. 2. Запасы корма американской норки (фото автора)



Рис. 3. Американская норка с пойманной травяной лягушкой (фото С. Ф. Стреляного)

Нападения американской норки на кур в домашних подворьях в республике Коми описывает С. М. Сокольский (2004). В последнее десятилетие в Кировской области все чаще приходят сообщения о нападении американской норки на домашних животных (кур, кроликов), появление ее в крупных населенных пунктах.

В Нагорском районе в д. Качонки самка американской норки в сентябре 2011 года два раза попадала в капкан, установленный на крысу в хозяйствен-

ной постройке (хлеву). Оба раза была отпущена, поскольку беспокойств хозяину не доставляла. А 22 октября была найдена мертвой на сеновале (Стрельников, Масленникова, 2014).

В начале октября 2012 г. А. А. Распопов в пос. Центральный Слободского района обнаружил задавленную собаками американскую норку. 23 марта 2014 г. С.В. Халтуриным обнаружена погибшая американская норка вблизи жилого дома в г. Слободском. По сообщению Т. Н. Щучиновой в июле 2014 г. в д. Греково Тужинского района у курятника была найдена американская норка, задавленная собаками.

8 октября 2014 г. мы наблюдали американскую норку в прудовом комплексе у Диорамы в г. Кирове. По сообщению студента-охотоведа Д. Кисилева 18 октября 2014 года в г. Фаленки была найдена американская норка, задранная собакой. 17 марта 2015 г. в устье р. Хлыновка (г. Киров) В. А. Соловьевым была найдена американская норка, также задавленная бездомными собаками (Стрельников, Масленникова, 2015).

По сообщению А. Птичкина (студента-охотоведа) в июле – августе 2015 г. американская норка задавила 16 кур в пос. Речном Опаринского района. Она была поймана в капкан. По сообщению таксидермиста А. А. Манылова 23 марта 2016 г. в пригороде Кирова норка забралась в хлев и задавила курицу на глазах у хозяина. При попытке человека отобрать у нее добычу – не отпустила. Была задавлена собакой. 16 марта 2016 г. в пгт Оричи норка проникла в клетку с домашним кроликом, была отловлена А.В. Экономовым.

В урбанизированные экосистемы американскую норку привлекает легко доступная пища. Норка чаще наблюдается там осенью, в период расселения выводков и в весенний период, в период гона. Не исключено, что голод также мог быть одним из мотивов появления ее в урбосистемах. Исследованные нами норки, погибшие в городах, задавленные собаками, как правило, имели низкую упитанность (Стрельников, Масленникова, 2014). Кроме того, в последние годы зарегистрированы случаи нападения норки на кур в летнее время, когда в природе недостатка в пище нет. В то же время норка довольно осторожна и в возможных местах встречи ее с человеком появляется ночью или ранним утром (данные фотоловушки). При возможности в зимний и ранне-весенний период норка запасает корм, чаще всего это бывает рыба.

По-видимому, американская норка заняла экологическую нишу лесного хорька, который в прошлом часто заходил в населенные пункты и давил кур. В настоящее время на исследуемой территории хорек не выявлен. Есть лишь одно сообщение о встрече лесного хорька в Унинском районе примерно в километре от населенного пункта.

Наши исследования подтверждают данные сибирских ученых Г. Н. Сидорова и др., (2009), что суточная активность американской норки не имеет четко выраженного ритма, его определяет наличие, а также доступность пищи.

Литература

- Данилов П. И., Туманов И. Л. Куньи Северо-Запада СССР. Л.: Наука. 1976. 256 с.
- Киселева Н. В., Сорокин П. А. Изучение распространения куньих на Южном Урале с помощью неинвазивных методов // Сибирск. экологич. журн. 2013. Т. 20. № 3. С. 383–390.
- Савонин А. А., Филипьев А. О. Суточная активность американской норки (*Neovison vison*, Schreber, 1777) в пойме р. Медведица // Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна. Экологический сборник 5: Труды молодых ученых Поволжья. С. 322–325.
- Сидоров Г. Н., Кассал Б. Ю., Фролов К. В., Гончарова О. В. Пушные звери Среднего Прииртышья (Териофауна Омской области): монография Омск: Изд-во Наука; Полиграфический центр КАН, 2009. С. 232–233.
- Сидорович В. Е. Норки, выдра, ласка и другие куньи. Минск: Ураджай, 1995. 191 с.
- Сокольский С. М. Американская норка // Млекопитающие Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 2004. С. 368–369.
- Стрельников Д. П., Масленникова О. В. Акклиматизация и распространение американской норки в антропогенных ландшафтах Кировской области // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Матер. XI Всерос. науч.-практ. конф.-выставки инновационных экологических проектов с междунар. участием. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 450–453.
- Стрельников Д. П., Масленникова О. В. Американская норка в антропогенных ландшафтах Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути решения: Сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. (24–25 апреля 2015 г.). Киров: Изд-во ООО «ВЕ-СИ», 2015. С. 63–67.
- Стрельников Д. П., Масленникова О. В. Морфологические особенности и распространение американской норки в антропогенных ландшафтах Кировской области // Актуальные вопросы науки и хозяйства: Новые вызовы и решения: Матер. III Междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Общ. научн. орган. «Наука и хозяйство». 2014. № 3. С. 40–42.
- Терновский Д. В., Терновская Ю. Г. Экология куницеобразных. Новосибирск, 1994. 221 с.
- Waser P.M., Wiley R.H. 1979. Mechanisms and evolution of spacing in animals // Marie P., Vandenberg J.G. (eds.). Handbook of behavioral neurobiology. Vol. 3. Socia.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ МЕЛАТОНИНА И ИХ ЭФФЕКТ

**О. В. Часовских^{1,2}, И. И. Окулова^{1,3}, П. Н. Кадников¹,
Л. В. Стефанович¹, Д. В. Россохин¹, А. Ф. Гареева¹,
В. С. Ситдикова¹, С. А. Кондакова¹,
Н. Т. Мамедова¹, Е. А. Бит-Юнан¹**

¹ Кировская государственная медицинская академия,
² Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
³ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова

Мелатонин, синтезируемый пинеальной железой, имеет важное значение в фотопериодическом контроле биологических ритмов, а также регуляции полового созревания, адаптивных реакций и иммунного ответа. Изменения концентрации мелатонина имеют заметный суточный ритм в шишковидном теле и в крови, как правило, с высоким уровнем гормона в течение ночи и

низким уровнем в течение дня. Максимальные значения мелатонина в крови наблюдаются между полуночью и 4 часами утра, так как продукция мелатонина зависит от длины светового дня. У людей, как и у животных, продукция мелатонина летом меньше, чем зимой. У видов птиц и млекопитающих, которые размножаются при длинном дне, мелатонин подавляет секрецию гонадотропинов и снижает уровень половой активности. У животных, размножающихся при коротком световом дне, мелатонин стимулирует половую активность. Согласно литературным данным, у лисиц, как и многих животных, наблюдается суточный ритм концентрации мелатонина в эпифизе. Имплантация препарата мелакрила, действующим началом которого является мелатонин, применяется в специализированных хозяйствах по разведению пушных зверей для ускорения линьки и формирования зимнего меха. Установлено, что у этих животных имплантированный мелатонин влияет на репродукцию, гормональную и антиоксидантную активность и устойчивость к заболеваниям. У мелатонина две основные функции – гормональная регуляция и антиоксидантная защита. Как гормон, он влияет на репродуктивную функцию, стимулирует иммунную систему, регулирует биологические «часы» организма, способствует хорошему сну, поддерживает сердечно-сосудистую систему и, как показывают лабораторные эксперименты, замедляет рост семи видов раковых клеток, включая раковые клетки молочной и предстательной желез. Мелатонин – антиоксидант (антиоксиданты защищают организм от чрезмерно активных свободных радикалов и от старения). Многообразие ролей мелатонина в организме объясняет результаты его еженощного приёма: клинические исследования показали его эффективность против бессонницы и сбоя биоритмов организма при быстрой смене часовых поясов или работе в ночную смену. Перспективно его применение против гипертензии, высокого уровня холестерина, аутизма, эпилепсии, мигрени, артритов, алкоголизма, болезни Альцгеймера, рака и даже СПИДа. Метаболит мелатонина, достоверно положительно коррелирует с надёжным маркером пролиферативной активности опухолевых клеток – ядерным антигеном пролиферирующих клеток (PCNA). Этот показатель отражает степень прогрессии опухоли, то есть метаболиты мелатонина могут служить достоверным диагностическим фактором. Под воздействием мелатонина при некоторых формах рака (молочной железы, яичников, предстательной железы и др.) наблюдалось снижение пролиферативной способности клеток и увеличивалось число клеток, гибнущих в форме апоптоза (онкостатический эффект). Мишенью для реализации противоопухолевых эффектов мелатонина могут служить ядерные рецепторы раковых клеток. *In vitro* было показано подавление мелатонином роста клеток меланомы, хотя эффект гормона зависел от интенсивности пролиферации опухоли: рост ингибировался при умеренной, но не при высокой пролиферативной активности клеток. Эффекты мелатонина являлись дозозависимыми, но механизм онкостатического действия на настоящий момент все ещё не вполне понятен. Эпидемиологические данные свидетельствуют, что у женщин, работающих в ночные смены, авиационных служащих (стюардессы, диспетчеры),

операторов радио и телеграфа отмечается повышенный риск развития рака молочной железы, тогда как у женщин первично слепых (т. е. имеющих световую депривацию) этот риск в 2 раза меньше. Антистрессовый эффект. После экспериментов и прямых клинических наблюдений была сформулирована концепция, что эпифиз и его гормон мелатонин входят в защитную систему организма от неблагоприятных воздействий. Эпифиз и мелатонин играют неспецифическую роль, но эпифизарная поддержка осуществляется на всех уровнях борьбы со стрессом. В случае длительной стрессовой ситуации отмечается двухфазная реакция: первоначальный спад эпифизарной деятельности в резистентную фазу стресса с дальнейшим резким её подъёмом. В экспериментах на крысах было показано, что мелатонин способен менять отрицательное эмоциональное состояние, снижать тревожность, которая провоцируется различными стрессорами. Согласно многочисленным наблюдениям гормон стабилизирует деятельность различных эндокринных систем, дезорганизованных стрессом, в том числе ликвидируя избыточный стрессовый адреналовый гиперкортицизм, снижает уровень свободных радикалов, сохраняет юношеский циркадный цикл, стимулирует повышение уровня гормонов роста. Экстрапинеальными источниками синтеза мелатонина являются энтерохромаффинные клетки желудочно-кишечного тракта (ЕС-клетки), основные клетки-депо серотонина (содержат до 95% всего эндогенного серотонина) – предшественника мелатонина. Выявлен синтез этого гормона в большом количестве нейроэндокринных клеток воздухоносных путей, лёгких, в корковом слое почек и вдоль границы между корковым и мозговым слоем надпочечников, под печеночной капсулой, в параганглиях, яичниках, эндометрии, предстательной железе, плаценте, желчном пузыре и внутреннем ухе. За последние годы изучения обнаружен синтез мелатонина и в неэндокринных клетках: в клетках крови – тучных клетках, лимфоцитах – естественных киллерах, тромбоцитах, эозинофильных лейкоцитах, в тимусе, поджелудочной железе, мозжечке, сетчатке глаза. Прием мелатонина рекомендован больным ишемической болезнью сердца, гипертонией, язвенной болезнью желудка и 12-перстной кишки. Но самый поразительный эффект гормона ожидается в борьбе с эстрогензависимыми женскими заболеваниями. Однако «натуральный мелатонин» по данным И. И. Окуловой, О. Б. Ждановой (2015, 2016) не значит «лучший». Наоборот, полученный из вытяжек из тканей животных, мелатонин может быть загрязнён вирусами и чужеродными белками со всеми вытекающими отсюда последствиями (одно из самых опасных – прионные заболевания). Однако в настоящее время мелатонин, полученный из эпифизов, не считается абсолютно безопасным. Случаи коровьего бешенства привели к замене ряда препаратов, получаемых из мозговой ткани крупного рогатого скота (Окулова и др. 2015, 2016). Учитывая вышесказанное, было решено исследовать динамизированную форму мелатонина и синтетический мелатонин-ретард обеспечивающих умеренный и стабильный уровень мелатонина в крови на протяжении всей ночи. В опыте использовались мыши, достигшие 1,5 и более лет, которым сначала вводилась инъекционная форма, а затем го-

меопатический мелатонин добавлялся в поилку. В результате обнаружили изменения со стороны экстерьера, кожи, волос, выносливости мышей при принудительном плавании и более активного поведения в открытом поле. В настоящее время животные находятся в опыте и основные физиологические показатели соответствуют более молодому возрасту. Предполагается продолжить наблюдение для определения продолжительности их жизни. Влияние мелатонина на репродуктивную функцию у человека недостаточно изучено. Эти данные позволяют предполагать, что мелатонин подавляет репродуктивные функции у женщин. В связи с этим были проведены опыты на красной лисице для выяснения влияния мелакрила на репродуктивную функцию.

В работе использовали мелакрил – препарат эпифизарного гормона мелатонина (разработан сотрудниками ООО «Инполимед АО» совместно с НИИ пушного звероводства и кролиководства им. В. А. Афанасьева, авторское свидетельство СССР № 1579489). Для проведения опытов были созданы две группы самок красной лисицы в возрасте 5 лет, опытная и контрольная. Опытной группе имплантировали подкожно в межлопаточную область препарат «мелакрил» с помощью специального шприца-имплантагора в июле 2016 г. в дозе 10 мг на лисицу. Контрольной группе препарат не имплантировали. Эксперименты на животных проводили в соответствии с основами опытного дела в животноводстве, методическими указаниями по постановке научно-хозяйственных опытов по кормлению на пушных зверях. Работа выполнена с соблюдением международных принципов Хельсинской декларации о гуманном отношении к животным, принципов гуманности, изложенных в директиве Европейского сообщества (86/609/ЕС), «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных».

Для гистологических исследований после убоя животных были взяты яичники, которые фиксировали в 5% нейтральном формалине. Материал обрабатывали по Г. А. Меркулову (1969), гистологические срезы, окрашивали гематоксилин Майера и эозином.

Проведены морфологические и морфометрические исследования яичников красных лисиц, которым был имплантирован мелакрил в сравнении с яичниками контрольной группой лисиц. Определяли площадь яичников в опытной и контрольной группе животных по формуле эллипса: $S = (\pi * A * B) / 4$, где А – большой диаметр в мкм; В – малый диаметр в мкм. Морфометрию проводили с помощью микрометра окулярного винтового МОВ 1-15х. Фотографии сделаны камерой «DIGITAL» на микроскопе «GENAVAL» (Germany).

Результаты исследований. При морфологическом исследовании яичников у опытной группы выражены примордиальные, первичные, вторичные и третичные фолликулы, атретические и жёлтые тела. У контрольной группы зверей наблюдается атрофия яичника с разрастанием соединительной ткани в строме и в жёлтом теле, отсутствие третичных фолликулов и атретических тел. При морфометрическом исследовании яичников у самок красной лисицы опытной группы площадь яичников в 2,25 раза больше по сравнению с контролем, количество примордиальных фолликулов в контроле больше в

2,4 раза, первичных фолликулов – в 2,8 раза, желтых тел – в 11 раз, вторичных – в 2,4 раза (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические и морфологические показатели у красной лисицы до и после имплантирования мелакрила

Показатели	Опытная группа (мелакрил)	Контрольная (без мелакрила)
Площадь(S) яичников, мкм	21006,6	9302
Количество примордиальных фолликулов	35.4±3.203	86.2±2.557
Количество первичных фолликулов	12.2±1.393	4.4±0.5099
Количество вторичных фолликулов	5.6±0.9274	2.3±0.219
Количество третичных фолликулов	1.4±0.5099	–
Количество жёлтых тел	4.4±0.2449	0.4±0.2449
Количество атретических тел	2.1±0.001	–

Таким образом, при имплантации мелакрила самкам красной лисицы в возрасте 5 лет происходит увеличение количества первичных, вторичных и третичных фолликулов. Самок, которым не был имплантирован мелакрил, наступает атрофия яичников. Со стороны волос во всех группах отмечены изменения: в опытных группах отмечали гладкость кутикулы, блеск и яркость окраски, а также увеличение продолжительности плавания при принудительном плавании мышей и более активного поведения в открытом поле. В настоящее время животные находятся в опыте и основные физиологические показатели соответствуют более молодому возрасту.

Литература

- Меркулов Г. А. Курс патолого-гистологической техники. Л.: Медицина, 1969. 326 с.
- Окулова И. И., Жданова О. Б. Прионные инфекции, некоторые аспекты их диагностики и профилактики // Вятский медицинский вестник. 2016. № 1 (49). С. 21–24.
- Окулова И. И., Жданова О. Б., Векшина Е. В., Килас В. И., Дубовцева А. А., Кислицын Д. А. Губчатые энцефалопатии как биологическая и социальная проблема // Наука Оренбуржья. Ежемесячный электронный научно-методический альманах специальный выпуск. Оренбург. 2015. С. 95–102.
- Правила проведения работ с использованием экспериментальных животных. Приложение к Приказу МЗ СССР № 755 от 12.08.1977.
- Zhdanova O., Sheshunov I., Mazina N., Byelorbkina O., Imbryakova I., Kalinina O. The role of educational scientific program «step into the future» in the forming of potential researcher in the field of ultrahigh dilutions // International Journal of High Dilution Research. 2013. T. 12. № 44. С. 154–155.

СЕКЦИЯ 7 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ АЭРОБНЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ КАК ПОДХОД ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТВОРИМЫХ В ВОДЕ

Т. Н. Кувичкина, А. Н. Решетилов

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

Взаимодействие некоторых ксенобиотиков (в частности моноароматических соединений) с аэробными микроорганизмами приводит к изменению их дыхательной активности, обусловленной, в том числе, окислением соединения оксидоредуктазами микроорганизма с потреблением молекулярного кислорода. Это свойство аэробных микроорганизмов может быть использовано в аналитических целях. Биосенсорный, а именно, амперометрический подход, используемый нами, основан на регистрации потреблённого кислорода микроорганизмами, окисляющими субстрат. Целью работы являлось создание амперометрических биосенсоров для определения низкомолекулярных моноароматических соединений (2,4 динитрофенола, пара-толуолсульфоната, натриевой соли 2,2-ди-(пара-хлорбензол)уксусной кислоты, динатриевой соли бензол-1,2-дикарбоновой (орто-фталевой) кислоты), растворимых в воде. Оценка содержания соединения при использовании микроорганизма, не является высокоспецифической, однако может быть применена для решения ряда аналитических задач.

Микроорганизмы выращивали при глубинном культивировании в периодических условиях в колбах на качалке. Выраженную биомассу отделяли центрифугированием, ресуспендировали в буфере. Аликвоту суспензии помещали на носитель (иммобилизация методом физической адсорбции), подсушивали. Полученный биорецептор сопрягали с кислородным электродом типа Кларка. Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с). Она связана пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потреблённого кислорода.

Штамм актинобактерий *Rhodococcus erythropolis* HLPM-1 использован для определения 2,4-динитрофенола. Предел определения составил 25 мкМ. Время работы составляло 14 суток (Китова и др., 2002). Бактериальный штамм *Comamonas testosteroni* BS 1310 (pBS 1010) применяли для определения пара-толуолсульфоната. Предел определения составлял 5 мкМ. Биосенсор сохранял стабильность в течение 14 суток (Макаренко и др., 1999). Разрабо-

тан биосенсор на основе актинобактерий *Rhodococcus wratislaviensis* ВКМ Ас-2631 Д для определения натриевой соли 2,2-ди-(пара-хлорбензол)уксусной кислоты. Предел определения составлял 1,0 мМ. Стабильность наблюдалась в течение 2 суток (Кувичкина и др., 2014). Добавление натриевой соли бензол-1,2-дикарбоновой (орто-фталевой) кислоты к иммобилизованным клеткам бактериального штамма *Gluconobacter oxydans* 9.4 вызывало изменение его дыхательной активности. Предел определения составлял 0,25 мМ. В течение 6 суток регистрируемый сигнал оставался стабильным (Кувичкина и др., 2015). Продолжительность анализа во всех рассмотренных случаях не более 20 мин.

При учёте свойств ферментных систем микроорганизмов, подобраны пары микроорганизм-вещество. Их взаимодействие может быть полезно как для оценки содержания изучаемых соединений в водной среде, так и для изучения свойств микроорганизмов.

Литература

Китова А. Е., Кувичкина Т. Н., Ильясов П. В., Аринбасарова А. Ю., Решетиллов А. Н. Биосенсор реакторного типа на основе клеток *Rhodococcus erythropolis* HL PM-1 для определения 2,4-динитрофенола. // Прикл. биохимия и микробиология. 2002. Т. 38. № 5. С. 585–590.

Кувичкина Т. Н., Будина Д. В., Решетиллов А. Н. Окислительная деградация орто-фталата иммобилизованными клетками *Rhodococcus* и *Gluconobacter*. Новосибирск: Международный Научный Институт «Educatio», 2015. Ч. 4 № 5 (12). С. 38–41.

Кувичкина Т. Н., Макаренко А. А., Ишкина К. Ф., Решетиллов А. Н. Амперометрический подход к определению хлорароматического соединения 2,2-ди-(пара-хлорбензол)ацетата натрия в водной среде. // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 2. Киров, 2014. С. 250–253.

Макаренко А. А., Балашов С. В., Кувичкина Т. Н., Ильясов П. В., Решетиллов А. Н. Штамм *Comamonas testosteroni* BS 1310(pBS 1010) как основа биосенсорного анализатора сульфоароматических соединений // Прикл. биохимия и микробиология. 1999. Т. 35. № 4. С. 412–421.

ОЧИСТКА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД С ПОМОЩЬЮ ОБЕЗВОЖЕННОГО ОСАДКА АКТИВНОГО ИЛА

Ж. Л. Пантюхина, Т. Н. Щемелинина, Е. М. Анчугова
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
zpanyuxina@mail.ru, tatyanakomi@mail.ru, urosova@gmail.com

Нефть и нефтепродукты на современном этапе являются основными загрязнителями внутренних водоемов, морей и вод Мирового океана. Существенные загрязнения окружающей среды происходят от разливов нефти, сброса сточных вод, сжигания или захоронения нефтяных отходов. Наиболее опасными являются жидкие нефтяные шламы, которые представляют собой сложную устойчивую систему, состоящую из нефтепродуктов, воды и мине-

ральной части (Ягафарова, Барахнина, 2006). Мировой опыт по ликвидации аварийных разливов на водной и грунтовой поверхностях, утилизации нефтяных шламов все больше свидетельствует о преимуществе сорбционных методов, которые позволяют оперативно и с меньшими затратами осуществлять сбор и переработку нефти и нефтепродуктов. Для утилизации нефтепродуктов используют разнообразные сорбенты, как природные, так и синтетические. Однако их производство связано с дополнительными материальными и энергетическими затратами. Актуальным для решения этой проблемы является поиск материалов, накапливающихся в виде отходов различных производств в значительном количестве.

В Республике Коми расположено крупное лесопромышленное предприятие Монди СЛПК, отходом производства которого является обезвоженный осадок активного ила. Активный ил – это искусственно выращенный биоценоз при аэрации антропогенно загрязненных вод, населенных гелепродуцирующими бактериями-гетеротрофами, хемотрофами, простейшими и многоклеточными животными, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате сорбции, биохимического окисления, выедания бактерий и простейших. Очистка сточных вод происходит за счет поглощения органических веществ простейшими, бактериями, биосорбции и биохимического окисления. Для наиболее эффективной очистки на органический носитель иммобилизуют нефтеокисляющие микроорганизмы (Жмур, 2003). Ранее была проведена работа, в которой показано, что существование альго-бактериального комплекса совместно с микроорганизмами обезвоженного осадка активного ила предполагает симбиотические (протокооперативные) отношения, приводящие к эффективной деградации углеводородов (Щемелинина и др., 2014). В состав альго-бактериального комплекса вошли штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* № 8 и нефтеокисляющих микроорганизмы (*Rhodotorula glutinis*, В-1115, *Rhodococcus equi* В-1116, *Rhodococcus equi* В-1117, *Rhodococcus equi*), выделенные из нефтезагрязненных почв Усинского района (Маркарова, 2004; Новаковская, 2012).

На основании результатов предыдущих исследований был проведен эксперимент для установления сорбционных и нефтеокисляющих свойств биосорбента в лабораторных условиях на 21 сутки.

В экспериментальные колбы на 250 мл наливали дистиллированную воду по 100 мл, добавляли минеральные соли (NaNO_3 , MgSO_4 , KCl , KH_2PO_4), стерилизовали и добавляли по схеме опыта нефть, биомассу альгобактериального комплекса, обезвоженный осадок активного ила (Биосорбент 1), обезвоженный осадок активного ила, обработанный биомассой альгобактериального комплекса (Биосорбент 2).

Инкубацию проводили при комнатной температуре, естественном освещении, в течение 21 суток. В колбах сразу после введения Биосорбентов 1 и 2 наблюдалось сорбирование нефти на их биомассе. В процессе исследования биомасса увеличилась в объеме.

Схема эксперимента

1 (Контроль)	Дистиллированная вода + минеральные соли + нефть 5% (v/v)
2	Дистиллированная вода + минеральные соли + альгобактериальный комплекс (1 мл) + нефть 5% (v/v)
3	Дистиллированная вода + минеральные соли + Биосорбент 1 (1 г) + нефть 5% (v/v)
4	Дистиллированная вода + минеральные соли + Биосорбент 2 (1 г) + нефть 5% (v/v)

Содержание нефтепродуктов в образцах

Образец	Содержание нефтепродуктов, мг/л
Контроль (модельная вода, загрязненная нефтью)	334
Альго-бактериальный комплекс	325
Биосорбент 1	
водная часть	23
биомасса	298
Биосорбент 2	
водная часть	50
биомасса	258

При внесении в модельную воду, загрязненную нефтью, Биосорбента 1 степень сорбции составила 89 %, количество остаточного содержания нефтепродуктов в воде по отношению к контрольному образцу уменьшилась в 15 раз.

При обработке обезвоженного осадка активного ила альго-бактериальным комплексом (Биосорбент 2) происходит снижение сорбционных свойств. Так, при внесении в модельную воду, загрязненную нефтью Биосорбента 2 степень сорбции составила 76%, количество остаточного содержания нефтепродуктов в воде по отношению к контрольному образцу уменьшилось в 7 раз.

В тоже время, при суммировании количественного содержания остаточных углеводородов в модельной воде и биомассе степень разложения нефтепродуктов выше в варианте, с внесением Биосорбента 2 и в целом составляет 8% от исходного загрязнения. В варианте с внесением Биосорбента 1 степень очистки в 2 раза ниже и составляет 4% от контроля. Это говорит о деструктивной способности по отношению к нефтепродуктам иммобилизованного на сорбенте альго-бактериального комплекса.

Разработанные Биосорбенты могут быть рекомендованы для очистки нефтезагрязненных вод. При невысокой степени загрязнения воды нефтепродуктами (до 10%) следует использовать биомассу обезвоженного осадка активного ила (Биосорбент 1). При загрязнении свыше 10% следует использовать биосорбент на основе биомассы обезвоженного активного ила и иммобилизованного на нем альго-бактериального комплекса (Биосорбент 2).

Литература

Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М., 2003. С. 302–315.

Маркарова М. Ю. Экологические работы на месторождениях нефти Тимано-Печорской провинции. Состояние и перспективы. Сыктывкар, 2004. 34 с.

Новаковская И. В., Патова Е. Н. Коллекция живых штаммов микроводорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН и перспективы ее использования // Изв. Коми УрО РАН. 2012. № 2 (10). С. 36–41.

Щемелинина Т. Н., Маркарова М. Ю., Злобина Н. В., Пантюхина Ж. Л. Биопрепарат «Универсал» и микроводоросли в условиях углеводородного загрязнения // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю. А. Овчинникова. Т. 10. № 2. 2014. С. 18–22.

Ягофарова Г. Г., Барахнина Б. В. Утилизация экологически опасных буровых отходов // Нефтегазовое дело. Уфа. 2006. С. 3.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В ВОДЕ ИЗ РОДНИКОВ г. КИРОВА

С. Г. Скугорова^{1,2,4}, И. А. Домрачев³, Л. И. Домрачева^{2,4}, А. И. Фокина¹

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Кировский лицей естественных наук,

⁴ Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Ученые предсказывают, что в ближайшие десятилетия самым дефицитным природным ресурсом станет пресная чистая вода. Поэтому так важно иметь сведения о качестве природных вод, в том числе и грунтовых, так как в связи с увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду происходит загрязнение и грунтовых вод, которые всегда считались наиболее чистыми на планете. В качестве индикаторов их состояния можно использовать данные о качестве родниковой воды. Причины загрязнения родниковой воды в черте города – близкое расположение к автомагистралям, гаражам, свалкам. В г. Кирове много неконтролируемых родников. Систематически подвергаются проверке ОАО «Кировские коммунальные системы» лишь три из них: в Трифоновом монастыре, у Диорамы и в районе завода Авитек.

Целью работы было установить степень химического и микробиологического загрязнения воды различных родников г. Кирова.

В задачи работы входило: 1) Определить химический состав и провести определение численности микроорганизмов в воде четырех родников и двух резервуаров, в которые они стекают. 2) Провести определение содержания ионов и численности микроорганизмов в бутилированной воде. 3) Определить степень чистоты исследуемой воды.

Для анализа в стерильные емкости отобрана вода из 4-х источников на территории г. Кирова – родник у Диорамы, родник на территории сквера 60-летия СССР, родник в овраге Засора, родник Трифонова монастыря, воду

также отбирали из резервуаров, в которые стекает вода из родников (у Трифонова монастыря и Диорамы).

Контрольные образцы: питьевая артезианская негазированная бутилированная вода Русскосельская (емкость 0,33 л). Вода из скважины, высшей категории, с. Русское. Запечатана 22.09.16. Срок годности 12 месяцев. Данные химического анализа, согласно этикетке: кальций – 25–80 мг/л; магний – 5–50 мг/л; бикарбонаты – 30–400 мг/л; фторид-ион – 0,6–1,2 мг/л. Жесткость 1,5–7,0 градусов жесткости.

2-й контрольный образец – вода Ивкинская, емкость 0,5 л. Произведена 11.07.16. Срок годности 12 месяцев. Вода газированная артезианская питьевая. Производство – Куменский район, п. Нижнеивкино. Состав: гидрокарбонаты – 150–300 мг/л; хлориды – 10–60 мг/л; сульфаты – 100–220 мг/л; магний – 10–50 мг/л; кальций – 20–100 мг/л. Общая минерализация 300–800 мг/л. Общая жесткость 3,0–6,5.

Определение массовой концентрации ионов в воде проводили методом ионной хроматографии на хроматографе «Стайер», водородный показатель измеряли на рН-метре-иономере «Эксперт-001», электропроводность – на кондуктометре «Cond 340i». Содержание тяжелых металлов определяли методом инверсионной вольтамперометрии на приборе «Экотест-ВА».

Микробиологический анализ воды проводили методом глубинного посева на среду МПА (мясо-пептонный агар) в трехкратной повторности 12 октября 2016 г.

В ходе анализа воды были получены данные по содержанию ионов, показателю кислотности и электропроводности (табл. 1). По уровню кислотности родниковую воду можно отнести к слабощелочной, водородный показатель изменялся от 7,23 до 8,00. Питьевая бутилированная вода Ивкинская является слабокислой, имеет рН = 5,95.

Таблица 1

Ионный состав воды из родников и питьевой воды, реализуемой для продажи в г. Кирова

Водный источник	Э	рН	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Ж	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
Родник у Диорамы	644	7,23	44±7	2,35±0,35	26,3±2,6	133±13	8,8	62±6	77±8	95±14
Водоем у Диорамы	627	7,70	40±6	3,4±0,5	19,6±2,0	97±10	6,5	36±3,6	73±7	27±4
Родник у Трифонова монастыря	1043	7,59	48±7	2,02±0,30	41±4	149±15	10,8	54±5	105±11	51,4±8
Чаша у Трифонова монастыря	1050	7,78	57±9	2,9±0,4	41±4	149±15	10,8	58±6	109±11	44±7
Родник в сквере 60-летия СССР	644	7,86	32±5	3,6±0,6	19,2±1,9	98±10	6,5	31±3	59±6	20,7±3,1
Родник в овраге Засора	965	8,00	49±7	11,3±1,7	26,9±2,7	151±15	9,7	55±6	88±8	69±10
Ивкинская вода	877	5,95	124±19	7,8±1,2	13,9±1,4	62±6	4,2	33,6±3,4	210±21	16,2±2,4
Русскосельская вода	265	7,64	7,9±1,2	1,23±0,18	5,3±0,5	38,2±3,8	2,3	57±6	0,82±0,08	4,8±0,7
Норматив	–	6-9	200	–	50	–	7	350	500	45

Примечание: Э – электропроводность, мкСм/см; рН – показатель кислотности, в относительных единицах (ошибка 0,1 ед.); Ж – общая жесткость (определена расчетным методом), ммоль/л; для ионов приведена массовая концентрация в мг/л; жирным шрифтом выделены значения, превышающие норматив.

По такому показателю, как электропроводность, можно оценивать общее содержание ионов. Максимум электропроводности установлен для родников у Трифонова монастыря и в овраге Засора, минимум – для Русскосельской воды.

Содержание фторидов в большинстве проб воды было ниже предела обнаружения хроматографического метода. Исключение составила Русскосельская вода, в которой установлено 0,59 мг/л фторид-ионов, что в пределах ПДК (1,5 мг/л). Содержание хлоридов во всех проанализированных пробах было не высоко, варьировало в пределах от 31 до 62 мг/л, что ниже норматива в 11 и 5,6 раза соответственно. Концентрация сульфат-ионов в пробах воды колебалась в широких пределах: от 0,82 до 210 мг/л, и было в пределах ПДК.

Содержание нитратов в пробах воды из родника у Диорамы и Трифонова монастыря превышало ПДК для питьевой воды в 1,5–2,1 раза. Ранее (2010–2012 гг.) нами также было найдено повышенное содержание нитратов в данных родниках, особенно в период половодья (Крюкова, Скугорева, 2010; 2011).

Содержание ионов натрия в исследуемой воде составило 7,9–124 мг/л. Минимальное значение установлено для Русскосельской воды, максимальное для Ивкинской воды. Концентрация катионов калия во всех пробах была невелика. Наименьшие количества K^+ содержала вода Русскосельская, наибольшее – из родника в овраге Засора. Содержание катионов магния во всех пробах не превышало ПДК.

Концентрация Ca^{2+} во всех пробах была выше, по сравнению с другими катионами. Максимальные значения установлены для воды из родника у Диорамы, у Трифонова монастыря и в овраге Засора. В данных родниках общая жесткость воды составляет 8,8–10,8 ммоль/л, что превышает норматив для питьевой воды. Наиболее мягкой является вода Русскосельская (2,3 ммоль/л). Ионы стронция были определены лишь в воде родников у Диорамы (0,37 мг/л) и Трифонова монастыря (0,76 мг/л), однако их концентрация во много раз ниже норматива (7 мг/л).

Если сравнивать ионный состав родниковой воды и воды из резервуаров, в которые она попадает, то можно отметить, что он в основном идентичен (значения концентраций находятся в пределах ошибки измерения). Однако, в отношении нитрат-ионов в пробах, отобранных у Диорамы, различие в содержании ионов составило 3,5 раза: в роднике нитратов 95 мг/л, а в водоеме их небольшое количество – 27 мг/л. Такая же особенность наблюдалась в концентрации ионов кальция – в роднике она была выше в 1,4 раза, по срав-

нению с водоемом. Данный факт позволяет предположить, что родниковая вода загрязнена, причиной могут быть загрязненные грунтовые воды.

В ходе анализа установлено, что по ионному составу воды Русскосельской и Ивкинской реальный состав отвечает интервалу значений, указанному на этикетке. Однако в качестве контроля при проведении микробиологического анализа лучше использовать Русскосельскую воду, которая обладает низким содержанием ионов.

В ходе химического анализа воды определяли и содержание тяжелых металлов (табл. 2). Выявлено, что содержание кадмия ниже предела обнаружения. Значения концентраций ионов цинка и меди в воде незначительны, в среднем в 50–100 раз ниже ПДК.

Содержание ионов свинца в пробах сильно варьировало – от 0,001 до 0,043 мг/л. В пробах из родника у Трифонова монастыря и водоема у Диорамы значения концентрации Pb^{2+} были на уровне ПДК. Высокие концентрации свинца в родниках у Трифонова монастыря (15 ПДК) и Диорамы (3 ПДК) были установлены нами ранее – в сентябре 2011 г. (Крюкова, Скугорева, 2012).

Максимальное количество ионов свинца, превышающее ПДК в 4,3 раза, установлено в роднике в овраге Засора. Возможно, что высокое содержание свинца в данной пробе обусловлено загрязнением грунтовых вод на данной территории и/или близостью еще одного источника загрязнения – автотранспорта (рядом автодорога), не исключено также попадание свинца из материала трубы родника.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в воде родников г. Кирова, мг/л

Водный источник	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺
Родник у Диорамы	< 0,001	< 0,0005	0,001±0,00004	0,001±0,00003
Водоем у Диорамы	0,02±0,01	< 0,0005	0,016±0,004	0,018±0,007
Родник у Трифонова монастыря	0,02±0,01	< 0,0005	0,021±0,005	0,013±0,005
Чаша у Трифонова монастыря	0,01±0,005	< 0,0005	0,015±0,003	0,0030±0,0016
Родник в овраге Засора	0,01±0,005	< 0,0005	0,021±0,005	0,043±0,008
ПДК	1	0,001	1	0,01

Результаты микробиологического анализа приведены в таблице 3.

Таблица 3

Численность микроорганизмов в родниковой воде из различных источников (тыс. КОЕ/мл)

Водный источник	Численность микроорганизмов	Класс качества воды природных водоемов	Соответствие качеству питьевой воды
Родник у Диорамы	75,3±10,8	Предельно чистая	Хорошая
Водоем у Диорамы	800,0±100,0	Чистая	Грязная
Родник у Трифонова монастыря	226,5±20,5	Чистая	Сомнительная
Чаша у Трифонова монастыря	700,0±100,0	Чистая	Грязная
Родник в сквере 60-летия СССР	355,3±17,6	Чистая	Сомнительная

Водный источник	Численность микроорганизмов	Класс качества воды природных водоемов	Соответствие качеству питьевой воды
Родник в овраге Засора	88,3±11,5	Предельно чистая	Хорошая
Вода Русскосельская	24,0±3,6	Предельно чистая	Хорошая
Вода Ивкинская	119,3±21,0	Чистая	Пригодная к употреблению

Согласно полученным данным, численность микроорганизмов в исследуемых родниках колеблется от 88,3 КОЕ/мл (минимум) до 226,5 (максимум). При этом в контрольных образцах также зафиксированы существенные колебания численности микроорганизмов (24 КОЕ/мл в воде Русскосельской и 119,3 КОЕ/мл в воде Ивкинской). По классам качества воды природных водоемов (табл. 4) к предельно чистой относится вода родников у Диорамы и в овраге Засора, а также Русскосельская вода. К категории чистой воды относится вода всех остальных источников.

Вода природниковых резервуаров содержит микроорганизмов намного больше, чем родниковая вода: в 3 раза для чаши у Трифонова монастыря и почти в 11 раз – для водоема у Диорамы (табл. 3), что обусловлено микробным загрязнением из воздуха, а также контактом родниковой воды с облицовкой природниковых резервуаров.

Таблица 4

**Классы качества воды природных водоёмов
по бактериальным показателям (Биологический контроль ..., 2007)**

Показатель	Классы качества воды				
	предельно чистая	чистая	удовлетворительно чистая	загрязненная	грязная
Численность гетеротрофных бактерий, КОЕ/мл	≤ 100	100–1000	1100–5000	5100–10000	>10000

При определении качества питьевой воды по микробиологическим показателям руководствуются следующими показателями численности бактерий (КОЕ/мл): вода хорошая – не более 100; пригодная к употреблению – 100–150; сомнительная – 150–500; более 500 – непригодная к употреблению в сыром виде, грязная (Уголькова, 2002). Определение соответствия исследуемой воды стандартам, существующим для питьевой воды, показало, что хорошей можно признать воду родников у Диорамы, и в овраге Засора, а также Русскосельскую (табл. 3). Пригодна к употреблению по этой классификации бутилированная вода Ивкинская. Воду других родников можно использовать для питья, но показатели микробиологического загрязнения всё-таки довольно высокие и далекие от показателей, характеризующих хорошую воду.

Таким образом, проведенный химический и микробиологический анализы показывают, что существует ряд ограничений для использования исследуемой родниковой воды в качестве питьевой. Так, наблюдается превышение нормативов по нитратам в родниковой воде у Диорамы и в овраге Засора (в

2,1 и 1,5 раза соответственно). По содержанию тяжёлых металлов превышение ПДК по свинцу зарегистрировано в родниковой воде Трифонова монастыря и оврага Засора (в 1,8 и 4,3 раза соответственно). В то же время, по данным микробиологического анализа, все исследуемые родники соответствуют классу качества воды природных водоёмов предельно чистая и чистая. По качеству питьевой воды к категории хорошая относится вода только родников у Диорамы и в овраге Засора.

Совмещение показателей химического и микробиологического анализов показывает, что в питьевых целях нежелательно использовать воду из любого исследуемого родника.

Результаты химического и микробиологического анализов также показали резкое изменение состава воды родников, попадающих в природниковые емкости.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.

Крюкова А. А., Скугорева С. Г. Оценка ионного состава воды из родников г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодежи. Киров: ООО «Лобань», 2010. С. 248–250.

Крюкова А. А., Скугорева С. Г. Динамика ионного состава родниковой воды в г. Кирове // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. молодёжной науч.-практ. конф. Киров: ООО «Лобань», 2011. С. 252–254.

Крюкова А. А., Скугорева С. Г. Содержание тяжелых металлов в воде из родников г. Кирова // Экология родного края: проблемы и пути решения: Материалы Всерос. молодёжной науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. Киров: ООО «Лобань», 2012. С. 67–69.

Уголькова Н. В. Санитарная микробиология. М.: Макс Пресс, 2002. 35 с.

СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПОСТАГРОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТУНДРОВЫХ ПОЧВ

В. А. Ковалева, А. Н. Панюков, С. В. Денева

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, kovaleva@ib.komisc.ru

В последние годы, в связи с увеличением масштаба выведения из сельскохозяйственного использования земель, изучение механизмов постагрогенной демутиации имеет большое значение для определения механизмов самостановления и прогноза развития постагроценозов (Динамика сельскохозяйственных ..., 2010). Большинство современных исследований постагрогенных преобразований экосистем связано с таежной зоной России, где были забро-

шены значительные площади пахотных угодий (Агроэкологическое состояние..., 2008; Динамика некоторых ..., 2009) и в настоящее время процесс постагрогенной трансформации почвенного микробного сообщества в тундре остается практически неизученным, при том, что установление закономерностей этого процесса необходимо для прогнозирования процесса сохранения экологической устойчивости экосистем и раскрытия механизмов постагрогенной сукцессии в тундровой зоне.

Исследования проводили в Воркутинском районе Республики Коми. Район исследования расположен в юго-восточной части Большеземельской тундры. Микробиологические исследования проводили на стационарных участках Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Участок 1 – целинная (ненарушенная) ерниково-ивняковая моховая тундра располагается на вершине водораздельного холма Нерусовой-Мусюр и является характерным растительным сообществом для автоморфных условий плоских вершин мусюров и равнинных водораздельных территорий. Ведущую роль в сложении растительного покрова играют карликовая береза, а также бореальные и гипоарктические ивы (сероголубая, шерстистая, лапландская и филиколистная). Почва: глеезем криометаморфический.

Участок 2 – 46-летняя залежь. Участок расположен в верхней части того же холма. В 1965 г. после уборки крупного кустарника и многократного дискования почвы освоенный участок засеяли местными видами многолетних трав (мятлик луговой и лисохвост луговой) и внесли минеральные удобрения. Через три года после освоения в связи со строительством водовода с р. Уса сеяный луг забросили, и урожай трав ни разу не собирали. Последние наблюдения показали, что растительное сообщество на этом участке представляет собой тундровый ивняково-ерниковый кустарничково-моховый фитоценоз, близкий по типу к целинной тундре, характерный для равнинных слабопониженных водораздельных территорий, однако в отличие от целинной тундры полноценный мохово-лишайниковый ярус пока не оформлен. Почва: глеезем криометаморфический постагрогенный криогенно-ожелезненный.

Участок 3 – 14-летняя залежь. Участок расположен в 200–250 м от участка 2 в тех же условиях. Участок был освоен в 1965–1966 гг. аналогично участку 2 и находился в хозяйственном использовании около 35 лет. Каждый год вносили различные дозы минеральных удобрений NPK – в конце мая, либо в начале июня. Сенокосение производилось обычно в конце июля. В 2000–2001 гг. хозяйственное использование луга прекратилось. В настоящее время растительное сообщество формируется на основе самозаращения многолетнего сеяного мятликового луга. По фону мятликового травостоя отмечены многочисленные синузии злаков и разнотравья. В луговое сообщество активно внедряются тундровые ивы. Небольшими пятнами появляется моховой покров. Почва: глеезем криометаморфический постагрогенный.

Для микробиологического анализа отбор почвенных проб осуществляли с учетом стерильности из генетических горизонтов почвы. Прямой учет численности бактерий и спор грибов, измерение длины грибного мицелия прово-

дили методом люминесцентной микроскопии (Полянская и др., 1995; Головченко, Полянская 1996).

Результаты микробиологического анализа показали, что в профильном распределении выявлено резкое сокращение микроорганизмов на границе 12–14 см, основная их масса сосредоточена в органогенных слоях почвы (табл.). В минеральных слоях сохраняются стабильно низкие показатели численности микроорганизмов, исчезает грибной мицелий. Количественные показатели микробного сообщества почвы 46-летней залежи достоверно не отличаются от таковых в почве целинной тундры. В почве 16-летней залежи численность бактерий выше примерно в два раза, чем в целинной почве. А численность спор наоборот в два раза ниже. Мицелий распространен на большую глубину в почве, его длина в два раза больше, чем в почве ерниково-ивняковой моховой тундры.

Показатели распределения общей микробной биомассы по профилю почвы соотносятся с показателям численности микроорганизмов. Сравнение содержания микробной биомассы показало, что почвы ненарушенной экосистемы и 46-летней залежи достоверно не отличаются показателями общей биомассы. Самыми высокими показателями характеризуются органогенные горизонты почвы 16-летней залежи, где основную роль играет биомасса грибного мицелия.

Один из важных показателей, характеризующих состояние почвенного микробоценоза при восстановительных процессах, – это соотношение компонентов биомассы. В почвах всех трех участков основная доля в общей микробной биомассе принадлежит грибам по всему почвенному профилю. В верхних горизонтах в биоморфологической структуре микромицетов мицелий доминирует над спорами: в почве ерниково-ивняковой тундры биомасса мицелия составляет 61%, спор – 28%, бактерий – 11%; в почве 46-летней залежи биомасса мицелия – 60%, спор – 26%, бактерий – 14%; в почве 14-летней залежи биомасса мицелия – 70%, спор – 16%, бактерий – 14% от общей биомассы. Практически идентичное относительное содержание спор и мицелия грибов в общей биомассе ненарушенной почвы и почвы 46-летней залежи свидетельствует о сходстве почвенных микробных комплексов двух этих экосистем.

Таблица

Численность и биомасса микроорганизмов исследуемых почв

Горизонт	Глубина, см	Численность бактерий, млрд. кл./г а.с.п.			Численность спор грибов, млн. кл./г а.с.п.	Длина мицелия грибов, м/г а.с.п.	Биомасса мг/г а.с.п.		
		Общая	Живые клетки	Мертвые клетки			Бактерий	Спор грибов	Грибного мицелия
Ненарушенная экосистема									
O1	0-5	1.4±0.3	1.2±0.3	0.2±0.02	44.8±12.7	58.4±23.4	27.2±6.4	68.4±24.8	146.7±14.6
O2	5-8	0.7±0.1	0.6±0.05	0.1±0.05	20.5±4.8	31.8±11.6	14.4±1.3	33.3±1.4	60.9±4.8
O3ao	8-12	0.5±0.05	0.4±0.05	0.1±0.01	14.5±1.5	Не обнаруж.	10.5±0.9	31.1±4.2	0
Bg(G)	12-33	0.2±0.03	0.1±0.03	0.1±0.01	4.5±0.5	Не обнаруж.	3.9±0.6	15.2±8.8	0
CRM	33-65	0.2±0.06	0.1±0.04	0.1±0.02	1.2±0.2	Не обнаруж.	4.0±0.8	5.2±1.2	0
CRM1(g)	65-125	0.1±0.05	0.05±0.01	0.06±0.01	0.6±0.1	Не обнаруж.	2.1±0.2	3.2±0.4	0
46-летняя залежь									
O1	0-4	1.6±0.3	1.3±0.3	0.3±0.03	47.8±1.8	76.4±8.0	31.3±5.3	60.2±1.8	136.0±25.5
O2	4-7	1.3±0.1	1.0±0.1	0.3±0.05	40.5±1.2	57.7±8.7	26.8±1.9	44.9±3.1	100.6±10.7
O3[ay-pa]mr	7-14	1.1±0.1	1.0±0.1	0.1±0.03	28.5±0.6	12.5±4.4	12.9±0.8	16.5±3.7	25.0±0.8
O4[ay-pa]mr	14-16	0.2±0.05	0.1±0.05	0.1±0.02	4.5±0.3	Не обнаруж.	4.2±0.5	10.2±2.2	0
Gcf, hi	16-39	0.2±0.03	0.1±0.02	0.1±0.02	2.3±0.5	Не обнаруж.	4.0±0.5	5.2±1.3	0
CRM	39-86	0.1±0.03	0.05±0.01	0.05±0.01	1.5±0.2	Не обнаруж.	2.0±0.6	3.2±0.8	0
14-летняя залежь									
W	0-3	2.2±0.6	1.8±0.4	0.4±0.1	25.4±2.1	112.3±22.8	44.3±4.5	50.9±11.2	216.6±35.6
AY1ao	3-6	1.3±0.2	1.1±0.5	0.2±0.06	19.2±2.7	62.9±14.3	26.4±5.1	25.6±4.5	98.5±21.3
AY2ao	6-7	0.7±0.1	0.6±0.1	0.1±0.03	3.1±1.2	21.7±4.2	14.2±3.2	7.2±3.1	47.3±11.6
AY3pa, g	7-14	0.15±0.05	0.1±0.04	0.05±0.01	1.6±1.1	4.8±1.6	3.2±1.2	3.5±1.1	12.1±5.1
Bg(G)	14-36	0.1±0.03	0.1±0.03	0.03±0.01	0.8±0.2	не обнаруж.	1.7±0.8	2.4±0.6	0
CRM	36-57	0.1±0.03	0.04±0.01	0.03±0.01	0.6±0.2	не обнаруж.	1.7±0.5	2.2±0.3	0
CRM1C(g)	57-110	0.1±0.02	0.04±0.01	0.03±0.01	0.5±0.1	не обнаруж.	1.8±0.5	2.3±0.3	0
CRM2Cg	110-135	0.1±0.03	0.04±0.01	0.03±0.01	0.5±0.1	не обнаруж.	1.6±0.4	2.1±0.4	0

Таким образом, на данном этапе самовосстановления состав и структура почвенного микробного комплекса 46-летней залежи незначительно отличается от ненарушенной тундровой экосистемы. Полученные данные свидетельствуют о том, что в пятом десятилетии сукцессии постагрогенная экосистема находится на завершающем этапе преобразования. Установлено значительное сходство микробных комплексов по ряду показателей: состав и структура микробоценоза, профильное распределение численности и биомассы микроорганизмов, соотношение компонентов микробной биомассы.

Микробный комплекс почвы 14-летней залежи, по сравнению с почвой ненарушенной экосистемы, характеризуется более высокими показателями численности бактерий, длины грибного мицелия, микробной биомассы, низкой численностью спор грибов при сходстве профильного распределения микроорганизмов. Комплекс микромицетов характеризуется специфичным видовым составом при практически идентичном целинной почве комплексе доминантов, что свидетельствует о перестройке микробного комплекса в процессе постагрогенной сукцессии и промежуточном этапе самовосстановления.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Комплексной программы УрО РАН №15-12-4-45 «Функционирование и эволюция экосистем криолитозоны европейского северо-востока России в условиях антропогенных воздействий и изменения климата».

Литература

Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, выбывших из активного сельскохозяйственного оборота: Материалы Всерос. науч. конф. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 405 с.

Головченко А. В., Полянская Л. М. Сезонная динамика численности и биомассы микроорганизмов по профилю почвы // Почвоведение. 1996. № 10. С. 1227–1233.

Динамика некоторых свойств постагрогенных почв южной тайги в связи с особенностями смены растительности / А. С. Владыченский, В. М. Телеснина, К. А. Румянцева, С. И. Филимонова // Вестн. Московского ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2009. № 1. С. 3–11.

Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д. И. Люри, С. В. Горячкин, Н. А. Караваева, Е. А. Денисенко, Т. Г. Нефедова. М.: ГЕОС, 2010. 412 с.

Полянская Л. М., Гейдебрехт В. В., Степанов А. Л., Звягинцев Д. Г. Распределение численности и биомассы микроорганизмов по профилям зональных типов почв // Почвоведение. 1995. № 3. С. 322–328.

РАЗНООБРАЗИЕ КЛЮЧЕВЫХ ГЕНОВ ДЕСТРУКЦИИ БИФЕНИЛА В МИКРОБНОМ СООБЩЕСТВЕ РАЙОНА СОЛЕРАЗРАБОТОК (г. БЕРЕЗНИКИ, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

А. О. Воронина¹, А. А. Пьянкова¹, Е. С. Корсакова^{1,2}, Е. Г. Плотникова^{1,2}

¹ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН,

² Пермский государственный национальный исследовательский университет,
voroninaao@gmail.com

В результате промышленной деятельности человека увеличивается поступление в окружающую среду моно- и полиароматических соединений, которые устойчивы к внешним воздействиям, обладают токсичностью и канцерогенными свойствами, что представляет существенную опасность для здоровья человека и биосферы в целом. Большое количество таких соединений обнаруживается в отходах горнодобывающих производств, образующихся в результате разработки Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей Пермского края (Бачурин, Одинцова, 2006; Егорова и др., 2013). Ранее из почв, загрязненных различными отходами производства (г. Березники, Пермский край), были выделены аэробные бактерии, способные осуществлять разложение таких стойких органических загрязнителей как бифенил и его хлорированные производные (Wang 2016; Рыбкина, 2003; Плотникова и др., 2005). Деградация данных соединений до промежуточной стадии бензойной или соответствующей хлорбензойной кислоты у бактерий осуществляется по одному биохимическому пути. При этом, первую реакцию гидроксирования ароматического кольца с образованием (хлор)бифенилдигидродиола, осуществляет бифенил 2,3-диоксигеназа (БДО), являющаяся представителем большого семейства гидроксилирующих диоксигеназ (Шумкова и др., 2014). Этот фермент отвечает за распознавание субстрата и связывание с ним, а ген *bphA1* (кодирует α -субъединицу бифенил 2,3-диоксигеназы) является важным маркером при исследовании биодegradационного потенциала бактериального сообщества (Шумкова и др., 2015b).

Цель работы – оценка разнообразия *bphA1*-генов в микробном сообществе почв, расположенных на территории промышленных разработок Верхнекамского месторождения солей.

В качестве материала для исследования были взяты образцы почвы в непосредственной близости (на расстоянии 3 - 5 м) от солеотвала предприятия БКПРУ-3 ПАО «Уралкалий» (г. Березники, Пермский край).

Выделение тотальной ДНК проводили с использованием коммерческого набора реактивов “MP Biomedicals” (США). Амплификацию *bphA1*-генов осуществляли на приборе MyCycler (“Bio-Rad Laboratories”, США) с праймерами, специфичными к гену α -субъединицы бифенил 2,3-диоксигеназы: прямым *BphA1* F450 (5'-CCGGCGACTTYATSACSAMSTACAT-3') и обратным *BphA1* R900 (5'-TCSGCDGCRAWYTTCCAGTT-3') (Шумкова и др., 2015a). Затем ПЦР-фрагменты *bphA1*-генов клонировали в клетках *E. coli* JM109

в составе вектора pTZ57R («Thermo Scientific», США). Последующий отбор рекомбинантных клонов осуществляли на основании «бело-голубого» теста, высевая трансформанты на среду LB, содержащую 25 мкг/мл ампициллина, 100 мМ IPTG, 20 мкг/мл X-gal («Fermentas», Литва). С ДНК-матрицы отобранных рекомбинантных клонов проводили амплификацию фрагментов *bphA1*-генов со специфичными праймерами BphA1 F450 и BphA1 R900.

Анализ полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ-анализ) осуществляли с использованием эндонуклеазы рестрикции *HhaI* («Fermentas», Литва). Для секвенирования клонированных фрагментов в составе вектора pTZ57R, проводили амплификацию вставки с использованием универсальных праймеров M13 (прямого 5'-GTTTCCAGTCACGAC-3' и обратного 5'-CAGGAAACAGCTATGAC-3'), для которых имеются сайты связывания в векторе pTZ57R по обеим сторонам от полилинкера.

Определение нуклеотидных последовательностей проводили с применением набора реактивов Big Dye Terminator Cycle Sequencing Kit v. 3.1 («Applied Biosystems», США) на автоматическом секвенаторе Genetic Analyser 3500XL («Applied Biosystems», США) согласно рекомендациям производителя. Анализ нуклеотидных последовательностей осуществляли с использованием программ CLUSTAL W (<http://www.ebi.ac.uk/clustalw>) и Sequence Scanner v 2.0. Поиск гомологичных последовательностей проводили в международной базе данных GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

В результате проведенного исследования с выделенной тотальной ДНК (при использовании праймеров BphA1 F450 и BphA1 R900) был получен ПЦР-продукт ожидаемой длины, в результате клонирования которого создана библиотека *bphA1*-генов бактерий-деструкторов, входящих в состав микробного сообщества исследуемой почвы. Для дальнейшего анализа было отобрано 73 рекомбинантных клон, содержащих встроенный фрагмент ДНК.

Для выявления сходства и различий между клонированными участками гена *bphA1*, был проведен ПДРФ-анализ полученных ампликонов. По результатам гидролиза ДНК эндонуклеазой рестрикции *HhaI* исследуемые клоны были подразделены на девять геномогрупп. Далее были определены нуклеотидные последовательности участков генов *bphA1* представителей каждой геномогруппы и проведен филогенетический анализ, заключающийся в сравнении с гомологичными последовательностями из базы данных GenBank, по итогам которого было сформировано три кластера генов (табл.).

Таблица

Анализ клонированных нуклеотидных последовательностей

Геномо- группа	Наиболее близкие гомологичные гены	Номер GenBank	Сходство, %
I – IV, VII – IX	<i>Rhodococcus wratislaviensis</i> IFP2016, <i>ipbA1</i>	JX569344	99
	<i>Rhodococcus erythropolis</i> , <i>ipbA123</i> , <i>ipbC</i>	U24277	99
V	<i>Burkholderia</i> sp. JB1, <i>bphA1</i>	AJ010057	87
	<i>Pandoraea pnotenusia</i> B-356, <i>bphA</i>	U47637	87
VI	Некультивируемый бактериальный клон, контиг 00175	JX827968	81

Геномо- группа	Наиболее близкие гомологичные гены	Номер GenBank	Сходство, %
	Некультивируемый бактериальный клон NMR-OR05-07, <i>arhD</i>	FJ493450	80

На основании полученных результатов можно предположить, что в микробном сообществе почвы вблизи солеотвала предприятия БКПРУ-3 (г. Березники, Пермский край) основная роль в деструкции моно- и полиароматических соединений, в т. ч., бифенилов принадлежит бактериям, содержащим гены трех типов диоксигеназ: бифенил 2,3-диоксигеназы (*bphA*), изопропилбензол 2,3-диоксигеназы (*ipbA*) и диоксигеназы, гидроксилирующей ароматическое кольцо (*arhD*). Стоит отметить, что с ДНК-матрицы, выделенной из исследуемой почвы, амплифицировались преимущественно гены (*ipbA*) бактерий рода *Rhodococcus* (97,2% от общего количества рекомбинантных клонов), показывающие наибольшее сходство с генами, кодирующими фермент изопропилбензол 2,3-диоксигеназу. Также были выявлены рекомбинантные клоны (V геномогруппа), содержащие нуклеотидную последовательность, на 87% сходную с геном α -субъединицы бифенил 2,3-диоксигеназы бактерий родов *Burkholderia* и *Pandoraea*, и клоны (VI геномогруппа) с нуклеотидными последовательностями, имеющими наибольший уровень сходства с таковыми некультивируемых бактериальных клонов, в частности, с геном α -субъединицы, гидроксилирующей ароматическое кольцо (*arhD*). Относительно невысокий процент сходства исследуемых последовательностей (80–87%) предполагает, что клонированные гены (клоны V и IV геномогрупп) кодируют α -субъединицу неизвестной ранее БДО или другой ароматической диоксигеназы со сходной структурой.

Таким образом, полученные результаты указывают на участие гетерогенных генетических систем бактерий исследуемых техногенно-загрязненных почв района соледобычи в разложения бифенила, хлорированных бифенилов и ряда других моно(поли)ароматических соединений.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-34-01009 мол_а, а также Программой УрО РАН «Молекулярная и клеточная биология», проект №15-4-4-13.

Литература

Бачурин Б.А., Одинцова Т.А. Стойкие органические загрязнители в отходах горного производства // Современные экологические проблемы Севера. Изд-во Кольского НЦ РАН. Апатиты. 2006. Ч. 2. С. 7–9.

Егорова Д.О. и др. Деструкция ароматических углеводородов штаммом *Rhodococcus wratislaviensis* КТ112-7, выделенным из отходов соледобывающего предприятия // Прикладная биохимия и микробиология. 2013. Т. 49, № 3. С. 267–278.

Плотникова Е.Г. и др. Бактерии-деструкторы полихлорированных бифенилов, перспективные для биоремедиации загрязненных почв // Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы конгресса. Ч. 2. М., 2005. С. 135.

Рыбкина Д.О. Исследование аэробных бактерий, разлагающих полихлорированные бифенилы и хлорбензойные кислоты // Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Пермь, 2003. 181 с.

Шумкова Е.С. и др. Молекулярно-биологическая характеристика бактерий-деструкторов бифенила и идентификация генов α -субъединицы бифенил 2,3-диоксигеназы // Микробиология. 2014. Т. 83, № 1. С.63–71.

Шумкова Е.С. и др. Полиморфизм генов *bphA* бактерий-деструкторов бифенила/хлорированных бифенилов // Молекулярная биология. 2015а. Т. 49, № 4. С. 638–648.

Шумкова Е.С. и др. Разнообразие ключевых генов деструкции бифенила в микробном сообществе прибрежных донных отложений Анадырского залива // Генетика. 2015b. Т. 51, № 7. С.841–846

Wang X. et al. Changes in atmospheric concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls between the 1990s and 2010s in an Australian city and the role of bushfires as a source // Environmental Pollution. 2016. V. 213. P. 223–231.

МИКРОБНЫЕ ГРУППИРОВКИ ПОЧВ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ТЭЦ (НА ПРИМЕРЕ г. КИРОВА)

Л. И. Домрачева^{1,2}, *К. А. Леонова*¹, *А. А. Кузнецова*¹,
С. Г. Скугорева^{2,3}, *А. И. Фокина*³

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

³ *Вятский государственный университет*

Городские почвы – особый природно-антропогенный объект, в который попадает чрезвычайно широкий круг различных поллютантов. В урбаноземах меняется не только химический состав, но также тепловой, водный, воздушный режимы и степень уплотнения. В частности, для г. Кирова характерны такие изменения городских почв, по сравнению с фоновыми, как более высокие значения рН почвенной вытяжки и более высокое содержание тяжёлых металлов (ТМ). Так, урбанозёмы в черте города характеризуются близкими к нейтральным значениями кислотности (рН 6,5–7,5), а почвы загородных лесопарков и фоновых территорий имеют более кислую реакцию (рН 4,9–5,2), характерную для зональных почв дерново-подзолистого типа. Кроме того, было установлено, что суммарное содержание Cu, Zn и Pb в почвах загородных лесопарков превышает в среднем в 4 раза, а на придорожных газонах – в 40 раз содержание ТМ в почвах фоновых территорий (Широких и др., 2012).

В ходе многолетних исследований почв г. Кирова были достаточно подробно изучены такие микробные группировки, как альго-цианобактериальные (Кондакова, Домрачева, 2011; Зыкова, 2013), актиномицетные (Широких и др., 2014); микромицетные (Широких, 2012). Показано, что для различных зон города характерны микробные комплексы, которые различаются как по видовому разнообразию, доминирующим формам, так и по количественному обилию. Из городских почв выделены резистентные и чувствительные формы микроорганизмов, перспективные в дальнейшей работе как

тест-организмы (чувствительные виды) или как организмы-биоремедиаторы (устойчивые виды).

Разработаны приёмы биодиагностики состояния урбаноземов с использованием различных критериев состояния почвенной микробиоты (Особенности ..., 2012).

Однако, в ходе проведенных исследований, как правило, не определяли численность таких групп микроорганизмов, как бактерии-аммонификаторы и свободноживущие гетеротрофные азотфиксаторы.

Цель данной работы – изучить особенность сапротрофных микробных комплексов в зоне действия ТЭЦ-5 (г. Киров).

Почвенные образцы для химического и микробиологического анализов отбирали на 10-и участках:

1. Открытый участок между ТЭЦ-5 (с южной стороны) и железной дорогой (с северной стороны). Дорога используется интенсивно. Является веткой западного направления от Кирова. Участок сильно трансформирован хозяйственной деятельностью (засорен опилками, через него идут к городу от ТЭЦ трубы). Характеризуется мощными зарослями борщевика.

2. Участок с северной стороны от железной дороги. Дорога используется мало, имеет транспортное значение для ТЭЦ-5. На ней стоят хопперы для перевозки угля.

3. Открытый участок с севера от железной дороги. Сильно трансформирован, зарос борщевиком, есть мать-и-мачеха.

4. Участок леса в юго-восточном направлении от ТЭЦ-5. Лес еловый. Заросли кислицы.

5. Открытый участок перед четвертым участком. Заросли борщевика, есть мать-и-мачеха, появляются грушанка и одуванчики. Сильно трансформирован, перерыт. Рядом распределитель газа.

6. Участок в еловом лесу на северо-востоке от ТЭЦ-5, сильно засоренный. Близко располагается Советский тракт.

7. Сады на северо-востоке от ТЭЦ-5, близко еловый лес и Советский тракт.

8. Сады повышенной плотности.

Контрольными (участки № 9–10) служили образцы почв, отобранные в луговых и лесных фитоценозах в 10 км от ТЭЦ-5.

9. Луг.

10. Лес.

Количественный учет микроорганизмов проводили методом посева почвенных суспензий в соответствующем разведении на селективные питательные среды. Определяли численность 3-х групп почвенных микроорганизмов: аммонификаторов на среде МПА; азотфиксаторов на среде Эшби и микромицетов на среде Чапека.

Результаты количественного учета показали, что суммарная биологическая активность (биогенность) почвы, вычисленная как сумма численности всех исследуемых групп микроорганизмов, колеблется не значительно: от 267

до 643 тыс. КОЕ/г (табл. 1). Данные показатели численности не велики, что, вероятно, объясняется очень жарким и сухим летом 2016 г. в Кировской области. Необходимо учитывать, что почвенные образцы отбирались в июле, когда дневная температура воздуха почти каждый день превышала 30 °С.

Таблица 1

**Численность различных групп микроорганизмов в почвах
в зоне действия ТЭЦ (тыс. КОЕ/г)**

№ участка	Аммонификаторы (МПА)	Азотфиксаторы (Эшби)	Грибы (Чапек)	Биогенность (суммарная численность)
1	143±45	129±26	105±31	377
2	115±35	122±28	30±2	267
3	235±49	245±49	52±16	532
4	135±21	142±38	39±11	316
5	303±30	123±22	62±9	488
6	175±21	82±2	14±3	271
7	213±13	53±7	10±3	276
8	375±35	83±15	27±3	485
Луг	520±190	73±6	50±1	643
Лес	443±37	85±10	32±5	560

Однако в большинстве случаев на фоновых участках, которые принимали за контроль, биогенность почвы всё-таки выше, чем в зоне действия ТЭЦ. Сравнение результатов отдельного количественного учета по эколого-физиологическим группам показывает, что в пределах этих групп микробов колебания их численности значительнее, чем при сравнении общей биогенности почвы. Так, в группе бактерий-аммонификаторов, участвующих в разложении органического азота, наблюдаются самые существенные отклонения от контрольных вариантов на 1, 2, 4 и 6-м участках (в 2,5–4,5 раза). Участки 1, 2 и 6 сильно трансформированы хозяйственной деятельностью.

Проведенный химический анализ показал, что содержание ТМ, а также бенз(о)пирена во всех исследуемых почвенных образцах не превышает ПДК. Следовательно, токсикоз почвы, вызванный ТМ, какой наблюдался при исследовании почв вблизи г. Владикавказа в зоне действия горно-металлургического комбината (Скугорева и др., 2016), исключается.

Не наблюдается корреляции также между развитием аммонификаторов с рН среды и содержанием органического вещества (табл. 2). Более того, при максимальном содержании органического вещества (участок № 1) численность аммонификаторов намного ниже, чем в луговой и лесной почве.

Таблица 2

**Содержание органического вещества и величина рН в почвах
в зоне действия ТЭЦ-5**

Номера участков	рН водн.	рН сол.	Содержание орг. вещества, %
1	6,93	5,95	5,8±0,6
2	6,60	5,31	1,34±0,27
3	7,13	6,01	1,14±0,23
4	6,82	5,78	3,8±0,6

Продолжение таблицы 2

Номера участков	pH водн.	pH сол.	Содержание орг. вещества, %
5	6,73	5,43	1,50±0,30
6	5,65	4,26	2,5±0,5
7	5,73	4,78	1,82±0,36
8	7,28	6,45	3,3±0,5
Луг	6,14	4,75	1,04±0,21
Лес	6,55	5,32	3,5±0,5

При анализе развития азотфиксаторов можно видеть, что по интенсивности их размножения выделяются 2 группы: на участках № 1–5, где их численность выше 100 тыс. КОЕ/г и на участках № 6–10 с численностью азотфиксаторов, менее, чем 100 тыс. КОЕ/г. Следовательно, пик их размножения, в основном, приурочен к наиболее техногенно трансформированным участкам. В то же время на окультуренных участках (сады) и в природных фитоценозах (луг и лес) численность этой группы бактерий ниже.

Малое количество микроскопических грибов во всех вариантах свидетельствует как о слабой интенсивности протекания минерализационных процессов, так и о влиянии засухи на рост мицелия.

Таким образом, изучение количественного обилия бактерий-аммонификаторов, азотфиксаторов и микромицетов методом посева на селективные питательные среды оказалось малоинформативным. Низкие показатели численности исследуемых групп микроорганизмов связаны не с химическим загрязнением почвы (по данным химического анализа содержание ТМ и бенз(а)пирена находится в пределах нормы), а, скорее всего, с теми неблагоприятными экологическими условиями аномально жаркого лета 2016 г.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Зыкова Ю. Н. Комплекс водорослей, цианобактерий и грибов городских почв и их реакции на действие поллютантов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2013. 22 с.

Кондакова Л. В., Домрачева Л. И. Специфика альго-микологических комплексов городских почв // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 267–287.

Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока / Под ред. Т. Я. Ашихминой, Л. И. Домрачевой. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. 282 с.

Скугорева С. Г., Фокина А. И., Домрачева Л. И. Токсичность тяжёлых металлов для растений ячменя, почвенной и ризосферной микрофлоры // Теор. и прикл. экология. 2016. № 2. С. 32–45.

Широких А. А. Грибы в урбоэкосистемах // Особенности урбоэкосистем подзоны южной тайги Европейского Северо-Востока. Киров: Изд-во ВятГГУ, 2012. С. 104–120.

Широких И. Г., Соловьёва Е. С., Ашихмина Т. Я. Комплексы актиномицетов в почвах промышленной и селитебной зон Кирова // Почвоведение. 2014. № 2. С. 203–209.

СОКУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ- НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ

А. И. Некрасова¹, Д. В. Тарабукин², Т. Н. Щемелинина²

¹ Сыктывкарский государственный университет, rease.anna@yandex.ru

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, dim1822@yandex.ru

Специализированные к нефтеокислению группы микроорганизмов широко применяются в составе различных препаратов в процессе рекультивации почв и для очистки водных объектов, подвергшихся воздействию нефтяных загрязнений. Микроорганизмы ориентированы на утилизацию конкретных компонентов нефти в конкретных субстратных условиях (Тимергазина, 2012), поэтому создаются комплексные препараты, содержащие несколько видов биологических агентов (Киреева, 2010; Киреева, 2009; Рогозина, 2010).

В процессе получения таких препаратов и функциональных материалов ставятся задачи выявления оптимальных условий культивирования, а также выделения биологических агентов из культуральной среды (Филонов, 2008).

Целью исследования была оценка возможности получения биопрепарата нефтеокисляющего действия при совместном культивировании двух микроорганизмов из разных доменов.

В работе был использован штамм почвенных дрожжей *Rhodotorula glutinis* ВКМ У-2993D, выделенный из нефтезагрязнённых почв Усинского района Республики Коми и проявляющий способность к деструкции широкого спектра нефтяных углеводородов. В качестве бактериальной культуры использовали штамм *Pseudomonas libanensis* ВКМ В-3041D, также выделенный из нефтезагрязнённых почв Усинского района Республики Коми. Штаммы микроорганизмов культивировали в колбах вместимостью 250 см³ на стерильной полусинтетической среде при 20°С, содержащей минеральные соли (из расчёта на 1 дм³ воды NaNO₃ – 3 г; K₂HPO₄ – 1 г; MgSO₄ – 0,5 г; KCl – 0,5 г; FeSO₄ – 0,01 г) и в качестве источника углерода сахарозу 20 г/дм³. Объём среды составлял 150 см³. Накопление биомассы культур контролировали с помощью КФК-3-01 при длине волны λ=500 нм с длиной поглощающего слоя кювет 5 мм. В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду.

Совместное культивирование предъявляет определённые требования к микроорганизмам, где, в частности, не должно быть явного подавления одной культуры другой. С целью нивелирования эффектов антагонизма при совместном культивировании двух и более культур возможно использовать различные источники углерода, для того чтобы уменьшить конкуренцию за субстрат, и тем самым получить на выходе сбалансированный по составу препарат.

В процессе отдельного культивирования дрожжей и бактерий выявлено, что культура прокариот в данных условиях быстрее выходит на стадию плато (фактически на третьи сутки) в отличие от дрожжей, которые и на пятые сутки продолжают интенсивный рост (табл.). Следует отметить, что ме-

тодика оценки роста культуры микроорганизмов с помощью оптической плотности культуральной жидкости (КЖ) не отражает абсолютного значения прироста клеток, так как не учитывает синтез экзогенных веществ, однако удобна для первичной оценки содержания клеток в среде.

Таблица

Оптическая плотность КЖ в процессе культивирования

Культура	Время культивирования, сутки					
	0	1	2	3	4	5
<i>Rhodotorula glutinis</i> BKM Y-2993D	0,004	0,3164±0,03	0,664±0,04	0,382±0,04 (1X)*	0,612±0,04 (1X)	0,462±0,04 (1XЧ2)
<i>Pseudomonas libanensis</i> BKM B-3041D	0	0,423±0,04	0,210±0,03 (1X)	0,339±0,03 (1X)	0,354±0,03 (1X)	0,326±0,03 (1X)
<i>Rhodotorula glutinis</i> BKM Y-2993D + <i>Pseudomonas libanensis</i> BKM B-3041D	0,004	0,422±0,04	0,264±0,03 (1X)	0,326±0,03 (1X)	0,385±0,03 (1X)	0,471±0,03 (1X)

*В скобках кратность разведения КЖ перед измерением оптической плотности.

В нашем случае оптическая плотность культуры *Rhodotorula glutinis* BKM Y-2993D на пятые сутки соответствовала титру клеток $1-3 \cdot 10^7$ КОЕ/см³. Для культуры *Pseudomonas libanensis* BKM B-3041D на третьи сутки титр клеток составил $1-5 \cdot 10^9$ КОЕ/см³.

В рамках работы не было выявлено существенного подавления одной культуры другой, хотя и наблюдалось снижение оптической плотности на 4-е сутки совместного культивирования по отношению к монокультуре дрожжей, что можно объяснить началом конкуренции за источник углерода. Однако по окончании процесса в культуральной жидкости для выделения сухой биомассы биопрепарата было достаточно клеток обоих штаммов, поэтому на начальных стадиях не предъявляли особых условий для среды выращивания. При совместном культивировании на первых стадиях доминирует культура бактерий, однако со временем количество клеток дрожжей также начинает возрастать, что сказывается на большем показателе оптической плотности, в отличие от монокультуры бактерий. С учётом этого можно предположить, что при совместном культивировании рациональнее вводить культуру бактерий к дрожжам на 2–3 дня для получения более сбалансированного по количеству клеток комплексного биопрепарата.

Литература

Киреева Н. А., Водопьянов В. В., Григориади А. С., Новосёлова Е. И., Багаутдинова Г. Г., Гареева А. Р., Лобастова Е. Ю. Эффективность применения биопрепаратов для восстановления плодородия техногенно-загрязнённых почв // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1(4). С. 1023–1026.

Киреева Н. А., Григориади А. С., Хайбулина Е. Ф. Ассоциации углеводородокисляющих микроорганизмов для биоремедиации нефтезагрязнённых почв // Вестник Башкирского университета. 2009. Т. 14. № 2. С. 391–394.

Рогозина Е. А., Андреева О. А., Жаркова С. И., Мартынова Д. А. Использование иммобилизованных на керамзите клеток нефтеокисляющих микроорганизмов для очистки воды от нефти // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 4. (http://www.ngtp.ru/rub/7/37_2010.pdf).

Тимергазина И. Ф., Переходова Л. С. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородокисляющими микроорганизмами // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7. № 1. (http://www.ngtp.ru/rub/7/16_2012.pdf).

Филонов А. Е., Петриков К. В., Якшина Т. В., Пунтус И. Ф., Власова Е. П., Нечаева И. А., Самойленко В. А. Разработка режимов раздельного и совместного культивирования микроорганизмов-деструкторов нефти родов *Pseudomonas* и *Rhodococcus* // Биотехнология. 2008. № 6. С. 80–85.

БАКТЕРИИ-ДЕСТРУКТОРЫ ОРТО-ФТАЛЕВОЙ КИСЛОТЫ, ВЫДЕЛЕННЫЕ ИЗ РАЙОНА ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ (г. БЕРЕЗНИКИ, ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

Ю. М. Кандаурова¹, О. В. Ястребова², Е. Г. Плотникова^{1,2}

¹ *Пермский государственный национальный исследовательский университет, peg_el@mail.ru*

² *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, olyastr@mail.ru*

Фталаты – сложные эфиры орто-фталевой кислоты (орто-ФК) имеют широкое применение в химической промышленности, используются в качестве пластификаторов при производстве пластмасс и относятся к загрязнителям, интенсивно поступающим в окружающую среду с промышленными выбросами и бытовыми отходами. Данные соединения обладают гепатотоксичными, тератогенными и канцерогенными свойствами и признаны опасными для человека и животных (Liang, 2008). Фталаты обнаружены в районах интенсивной работы предприятий горнодобывающей промышленности, в том числе в отходах калийного производства Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (Пермский край) (Бачурин, Одинцова, 2006). Основную роль в процессе утилизации орто-ФК и ее производных в окружающей среде выполняют бактерии-деструкторы (Vamsee-Krishna, 2008). Известна способность почвенных бактерий родов *Comamonas*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Gordonia*, *Bacillus*, *Acinetobacter* к утилизации данных соединений и их метаболитов (Пастухова и др., 2010; Liang, 2008).

Цель работы – исследование разнообразия бактерий-деструкторов орто-фталевой кислоты, выделенных из галитовых отходов, почв и донных от-

ложений, отобранных вблизи солеотвала предприятия БКРУ-3 г. Березники (Пермский край).

На территории калийного производства БКРУ-3 ОАО «Уралкалий», в районе Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, были отобраны образцы галитовых отходов, грунта около солеотвала, донных отложений р. Зырянка и рассолосборника, а также ризосферы доминирующих растений – мятлика лугового и бескильницы расставленной, произрастающих в непосредственной близости от солеотвала. Отобранные образцы были использованы для постановки накопительных культур в минеральной среде с повышенным содержанием NaCl (30 г/л) и орто-фталевой кислотой (орто-ФК) (10 г/л) в качестве субстрата.

Из полученных 10 накопительных культур выделено 52 штамма бактерий, а также 9 смешанных культур. Установлено, что 8 выделенных бактериальных штаммов, отличающихся морфологией колоний и клеток, способны к эффективному росту на орто-ФК (1 г/л) в качестве субстрата. На основании анализа фрагмента гена 16S рРНК установлено, что выделенные штаммы-деструкторы орто-ФК являются представителями родов *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Bacillus*, *Halomonas*, *Erythrobacter*, *Idiomarina* и *Oceanisphaera* (табл. 1).

Таблица 1

**Анализ нуклеотидных последовательностей генов
16S рРНК бактерий-деструкторов орто-фталата**

Штамм	Типовой штамм ближайшего родственного вида и номер в базе данных GenBank	Сходство генов 16S рРНК, %	Кол-во нуклеотидов
PG1	<i>Halomonas alkaliantarctica</i> CRSS ^T (AJ564880)	100	875
PP23-2	<i>Oceanisphaera sedimentis</i> TW92 ^T (HQ171441)	98,85	780
PSH17-1	<i>Idiomarina fontislapidosi</i> F23 ^T (AY526861)	99,43	885
PP22-1	<i>Rhodococcus jialingae</i> djl-6-2 ^T (DQ185597)	99,73	751
PD10-2	<i>Idiomarina loihiensis</i> L2TR ^T (AE017340)	100	882
PB8-1	<i>Arthrobacter arilaitensis</i> Re117 ^T (FQ311875)	100	856
PB8-2	<i>Bacillus vietnamensis</i> 15-1 ^T (AE017340)	99,5	891
PB8-4	<i>Erythrobacter citreus</i> RE35F/1 ^T (AF118020)	99,53	849

Данные штаммы проверены на способность к утилизации ряда ароматических углеводов (табл. 2). Установлено, что 4 штамма-деструктора орто-ФК способны к росту на салицилате, 5 штаммов – на бензоате и 5 штаммов – на гентизате в качестве единственного источника углерода и энергии. Пять штаммов растут на пара-оксибензоате – ключевом метаболите орто-ФК. Штаммы *Arthrobacter* sp. PB8-1 и *Rhodococcus* sp. PP22-1 способны к росту на нафталине и бифениле в качестве субстратов (табл. 2).

Установлено, что изолированные штаммы-деструкторы орто-ФК способны к росту как в среде без добавления соли, так и при повышенном засолении среды и относятся к галотолерантным микроорганизмам по классификации Кашнера (Кашнер, 1981) (табл. 3). Штамм *Idiomarina* sp. PSH 17-1 не

способен к росту в среде без добавления NaCl и относится к галофильным микроорганизмам. Пять выделенных штаммов способны к росту на полноценной агаризованной среде в присутствии до 10 % NaCl (табл. 3).

Таблица 2

Рост бактерий на различных ароматических углеводородах

Штамм	Субстрат						
	<i>орто</i> -ФК	ПОБК*	Салицилат	Бензоат	Гентизат	Нафталин	Бифенил
<i>Arthrobacter</i> sp. PB8-1	+	+	++	-	+	+-	+-
<i>Bacillus</i> sp. PB8-2	+	+	-	-	-	-	-
<i>Erythrobacter</i> sp. PB8-4	+	-	++	+-	++	-	-
<i>Idiomarina</i> sp. PSH17-1	+	+	+-	+	+	-	-
<i>Idiomarina</i> sp. PD10-2	+	+	-	-	-	-	-
<i>Halomonas</i> sp. PG1	+	-	-	+	++	-	-
<i>Oceanisphaera</i> sp. PP23-2	+	+	-	+	-	-	-
<i>Rhodococcus</i> sp. PP22-1	+	-	+	+	+	+-	+-

Примечание: * – пара-оксибензоат; «+-» – слабый рост; «+» – средний рост; «++» – хороший рост; «-» – отсутствие роста бактерий.

Таблица 3

Рост бактерий в присутствии различных концентраций соли

Штамм	Концентрация NaCl (%)*			
	Без NaCl	3	6	10
<i>Arthrobacter</i> sp. PB8-1	+	++	++	+
<i>Rhodococcus</i> sp. PP22-1	++	++	+	-
<i>Bacillus</i> sp. PB8-2	++	++	++	+-
<i>Erythrobacter</i> sp. PB8-4	++	++	+	-
<i>Idiomarina</i> sp. PSH17-1	-	++	++	+
<i>Idiomarina</i> sp. PD10-2	++	++	++	+-
<i>Halomonas</i> sp. PG1	+	++	+	+
<i>Oceanisphaera</i> sp. PP23-2	+	++	+	-

Примечание. * – Рост штаммов проверяли на агаризованной полноценной среде Раймонда; «+-» – слабый рост; «+» – средний рост; «++» – хороший рост; «-» – отсутствие роста бактерий.

Таким образом, штаммы-деструкторы *орто*-ФК, выделенные из образцов галитовых отходов, грунта и донных отложений на территории соледобывающего предприятия БКРУ-3 (г. Березники), характеризуются таксономическим разнообразием: выявлены грамположительные бактерии родов *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Bacillus* и грамотрицательные бактерии родов *Halomonas*, *Erythrobacter*, *Idiomarina* и *Oceanisphaera*. Выделенные штаммы

способны к деструкции ряда ароматических углеводов, приспособлены к росту в условиях повышенного засоления среды и являются перспективными для разработки методов биоремедиации засоленных почв, загрязненных орто-ФК и ее производными.

Работа поддержана грантом РФФИ-Урал № 16-44-590968 p_a

Литература

Бачурин Б. А., Одинцова Т. А. Стойкие органические загрязнители в отходах горного производства // Современные экологические проблемы Севера. Апатиты: Изд-во Кольского НЦ РАН, 2006. Ч. 2. С. 7–9.

Кашнер Д. Жизнь микробов в экстремальных условиях. М.: Мир, 1981. 365 с.

Пастухова Е. С., Егорова Д. О., Ястребова О. В., Плотникова Е. Г. Бактерии-деструкторы орто-фталевой кислоты, выделенные из отходов калийного производства // Вестник Пермского Университета. Серия Биология. 2010. Вып. 1(3). С. 24–28.

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

Vamsee-Krishna C., Phale P. S. Bacterial degradation of phthalate isomers and their esters // Indian J. Microbiol. 2008. V. 48. P. 19–34.

ЭКОЛОГИЯ БАКТЕРИЙ *ACINETOBACTER RADIORESISTENS* И ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ В СТОМАТОЛОГИИ

А. Н. Подволоцкий¹, И. В. Хренов¹, Г. А. Фролов², И. П. Погорельский¹

¹ *Вятский государственный университет, biologiavgu@yandex.ru*

² *Национальный исследовательский технологический университет: Московский институт стали и сплавов, georifroloff@yandex.ru*

В настоящее время широкое распространение в стоматологии получила технология атравматического восстановительного лечения кариеса зубов (технология ART), предусматривающая использование новых материалов искусственного происхождения. К ним относятся различные композитные материалы, стеклоиономерные цементы, акриловые пластмассы, полиуретан, стекловолоконный и прочие полимеры для протезирования, имплантации, реставрации и конструкции зубов (Пахомов, Леонтьев, 2013, Диденко и др., 2015). Перечисленные материалы медицинского назначения, используемые в стоматологии, подвергаются адгезии и колонизации микроорганизмами ротовой полости, инициирующими процессы биодеструкции и биокоррозии.

К сожалению, в современных условиях экология микробного сообщества ротовой полости в корне изменилась: в зубном налете отсутствуют классические представители кариесогенных микроорганизмов. Вместо них все чаще среди бактерий зубного налета стали выделять кишечную палочку, золотистый стафилококк, кандиды, бактерии *Alcaligenes faecalis*, которые являются показателями дисбиотического состояния микробиоценоза ротовой полости. Вместе с тем, стоматологи констатируют, что вне зависимости от этиологического фактора, вызывающего кариес, протекание данного патологического

процесса, приводящего к разрушению зубов, остается неизменным, что требует применения соответствующего лечения.

В зубном налете, как и на слизистой оболочке полости рта, могут содержаться следующие микроорганизмы: *S. mutans/sorbinus*, *A. sanguinis*, *S. mitis*, *S. salivarius*, *Lactobacillus*, *Veilonella*, *Neisseria*. Указанные микроорганизмы обладают разной адгезивной способностью, но наиболее выраженные адгезивные свойства у трех видов стрептококков: *S. mutans*, *S. sorbinus* и *S. mitis*. Другие виды микроорганизмов чаще локализуются на слизистой оболочке языка и щек. Несмотря на то, что микробный пейзаж бактерий ротовой полости является индивидуальным, однако общим является то, что по мере утяжеления протекания кариеса зубов увеличивается количество микроорганизмов, причастных к разрушению эмали зубов и формированию глубокого кариеса различной локализации.

Изменившаяся микроэкология ротовой полости и появление в микробном сообществе микроорганизмов, обладающих комплексом факторов патогенности, ведет к формированию микробных биопленок на поверхности реставрационных (пломбирочных) материалов, а также на поверхностях зубных протезов. Выполненные исследования по изучению этапности процесса формирования биопленки, механизмов регуляции и формирования кворум-сенсинга (Hadke, Rupp, 2006) дают основания утверждать, что существует реальная возможность влиять на процесс формирования биопленок. Одним из таких подходов к воздействию на отмеченный процесс, по мнению академика РАН В.К. Леонтьева, является использование микробного антагонизма. Научной основой данного подхода являются теоретические и клинические исследования, связанные с применением бактериальных лизатов для лечения воспалительных заболеваний слизистой оболочки ротовой полости и периодонта (Lachard et al., 1975). Кроме того, получены убедительные клинические доказательства четкой взаимосвязи дефицита оральных стрептококков полости рта и бифидобактерий как наиболее значимого представителя кишечной микробиоты (Файзуллина и др., 2014). В свою очередь, представители кишечной микробиоты, в первую очередь лактобациллы, бифидобактерии, эшерихии, являются основой пробиотических препаратов. Терапевтический потенциал современных пробиотиков довольно высок (Урсова, 2013). Они оказывают протективное действие на кишечный барьер, антагонистическое – на условно-патогенные микроорганизмы, и стимулирующее – на иммунитет.

С учетом того, что пробиотические микроорганизмы традиционно выделяют из кишечного содержимого, была предпринята попытка выделения таких микроорганизмов из данного биотопа с последующим определением их антагонистической активности в отношении бактерий зубного налета. Из многих выделенных культур одна проявила выраженную антагонистическую активность к консорциуму бактерий зубного налета и отдельно к каждому виду, входящему в данное объединение. Культура бактерий при посеве на простые питательные среды образует гладкие выпуклые колонии до 2-3 мм в диаметре. При микроскопировании окрашенных препаратов выявились гра-

мотрицательные овоидные бактерии. По данным специалистов лаборатории молекулярной диагностики ЦКП «Биоинженерия» Федерального исследовательского центра «Фундаментальные основы биотехнологии», выполнивших генетическую идентификацию культуры, с высокой долей вероятности и с учетом идентификации полной последовательности гена 16SpPHK и BLAST-анализа данной последовательности, культура определена как *Acinetobacter radioresistens*.

На сегодняшний день установлено 32 вида *Acinetobacter*. Относительно бактерий *A. radioresistens* сведений очень мало. Тем не менее известно, что ацинетобактерии переживают пересыхание и обнаруживаются в составе пыли. Выраженная способность выживать в условиях обезвоживания дала повод называть ацинетобактерии «верблюдами среди прокариот» (Bhargava et al., 2010). Выполненные нами исследования дают основания полагать, что культура *A. radioresistens* является безвредной для лабораторных животных и экологически безопасной, что открывает перспективу использования ацинетобактерий данного вида в качестве антагонистов кариесогенных бактерий.

Литература

Диденко Л. В., Автандилов Г. А., Ипполитов Е. В., Царева Е. В., Смирнова Т. А., Шевлягина Н. В. Формирование биопленок на стоматологический полимерных материалах как основа персистенции микроорганизмов при патологии зубов и пародонта // Эндодонтия. 2015. № 14. С. 13–17.

Пахомов Г. Н., Леонтьев В. К. Аатравматическое восстановительное лечение кариеса зубов. Москва-Женева: Инкорая, Швейцария, 2013. 112 с.

Урсова Н. И. Терапевтический потенциал современных пробиотиков // Журн. международн. медицины. 2013. 4 (5). С. 79–87.

Файзуллина Р. А., Пикуза О. И., Закирова А. М., Сулейманова З. Я. Феномен солидарности колонизационной резистентности системы пищеварительного тракта у детей // Журн. международн. медицины. 2014. 6 (11). С. 107–109.

Bhargava N., Sharma P., Capalash N. Quorum sensing in *Acinetobacter*: an emerging pathogen // Crit. Rev. Microbiol. 210. 36 (4). 349–360.

Hadke L. D., Rupp M. E., In vivo models for the study of biomaterials – associated infection by biofilm – formind staphylococci. Eds.: V.L. Pace, M.E. Rupp, R.G. Finch / Biofilms, infection and microbiae therapy. Taylor & Francis. 2006. 290–299.

Zachard V., Vars G., Fourestier G. Chiminal study of a new drug: Imudon in the treatment of diseases of tluе oral mucosa and periodontium // Sem. Hop. Ther. 1975. Vol. 51 (3).

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ПОЧВЕННЫХ СТРЕПТОМИЦЕТОВ В ПРИСУТСТВИИ МЫШЬЯКА

Е. В. Товстик^{1,2,3}, И. Г. Широких^{1,2}

¹ *НИИСХ Северо-Востока,*

² *Вятский государственный университет,*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

tovstik2006@inbox.ru, irgenal@mail.ru

Среди редких элементов земной коры мышьяк является одним из наиболее опасных. Его содержание в верхнем слое почвы колеблется от 0,2 до 50,0 мг/кг для разных геохимических провинций, зачастую превышая установленную для мышьяка величину предельно допустимой концентрации (2 мг/кг) (Водяницкий, 2009).

Естественным путём поступления мышьяка в почву считается процесс извержения вулканов, а также гипергенез, в ходе которого идёт выщелачивание мышьяка из горных пород. Наряду с этим существуют и другие пути, связанные, в том числе, с химическим загрязнением, возможным за счет добычи и переработки мышьяксодержащих руд, минералов серы и фосфора, при сжигании угля и нефти, использовании пестицидов. Имеются данные о повышении содержания мышьяка (до 14,1 мг/кг) в почвах вблизи объектов по уничтожению химического оружия.

Благодаря высокой растворимости, многие соединения мышьяка, попадая в почву, могут легко мигрировать в природные воды (Шумилова и др., 2011), что опасно, а иногда и смертельно для людей, употребляющих такую воду в пищу. Наиболее ядовитыми для живых организмов считаются соединения трехвалентного мышьяка, в силу их большей, по сравнению с пятивалентными соединениями, растворимости.

Для предотвращения поступления мышьяка в грунтовые и поверхностные воды, а также в целях локализации мышьякового загрязнения в почве, используют различные приемы, включая фиторемедиацию. Сущность фиторемедиации заключается в способности некоторых видов растений поглощать и накапливать в надземной части мышьяк, в том числе в экстремально высоких количествах – более 6000 мг/кг сухой массы (Янников и др., 2007).

Известно, что важное содействие растениям в процессе фиторемедиации способны оказывать микроорганизмы. Их положительный эффект основан, прежде всего, на способности усиливать метаболическую активность ризосферы растений, стимулируя тем самым их рост, подавлять развитие фитопатогенов, а также снижать подвижность в почве загрязнителей, посредством их поглощения и связывания.

Перспективной, но мало изученной в отношении эффектов ремедиации, группой почвенных микроорганизмов являются стрептомицеты. К настоящему времени известны штаммы стрептомицетов, предлагаемых для стимуляции роста растений и защиты их от фитопатогенов (Гайдашева, Громовых,

2011; Рябова, Широких, 2014). При этом вопрос о способности данных штаммов оставаться физиологически активными в условиях почвенного загрязнения остается открытым.

Целью данной работы явилось исследование способности природных изолятов стрептомицетов к накоплению биомассы в присутствии мышьяка. Объектом исследования служили почвенные изоляты стрептомицетов *Streptomyces hygroscopicus* 135.8 и *S. plicatus* 103.9, принадлежащие к цветовым сериям *Cinereus Achromogenes* и *Cinereus Chromogenes* (Гаузе и др., 1983), соответственно. Оба штамма обладали в чистых культурах антифунгальной активностью.

Накопление биомассы культурами стрептомицетов в присутствии мышьяка определяли гравиметрическим методом (Практикум ... , 2005). Для этого исследуемые изоляты культивировали в жидкой питательной среде Гаузе 1 с добавлением хлорида мышьяка в концентрациях, пересчитанных на As (III): 0,5; 1 мг/мл на качалке (180 оборотов/мин) в течение 3, 7, 14, 21-ти суток. Контролем служила среда Гаузе 1. Полученные суспензии стрептомицетов фильтровали, используя бумажные фильтры. Отфильтрованную биомассу стрептомицетов высушивали до постоянной массы при 105 °С, с последующим взвешиванием.

Рост культур стрептомицетов в присутствии мышьяка наблюдали во всем диапазоне исследуемых концентраций (от 0,5 до 1,0 мг/мл As) (рис.).

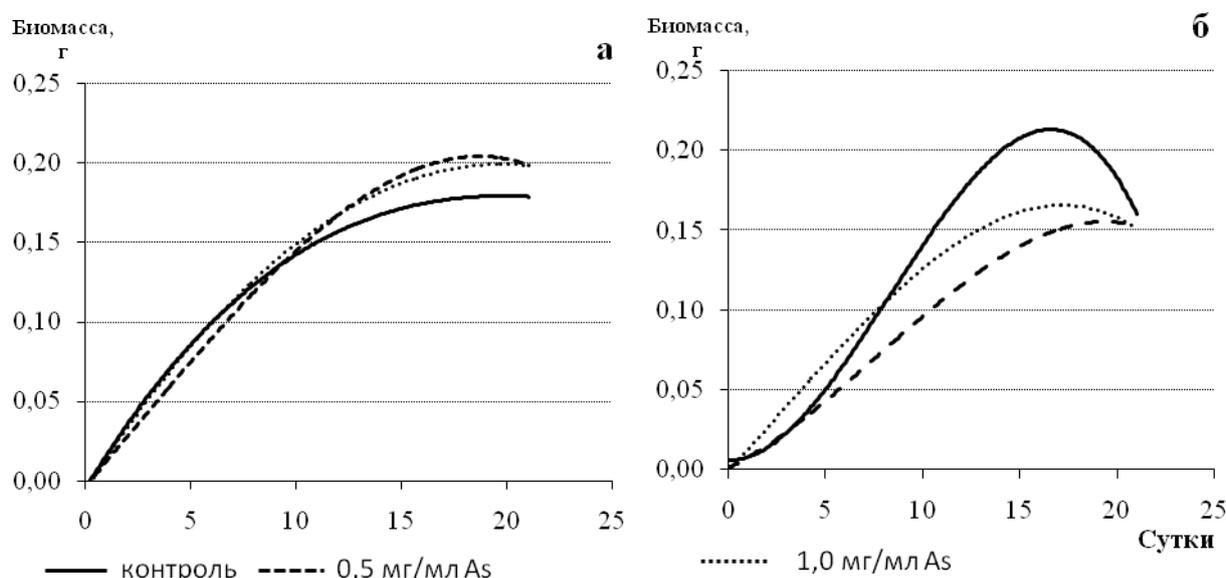


Рис. Динамика накопления биомассы видами *Streptomyces plicatus* 103.9 (а) и *S. hygroscopicus* 135.8 (б) при разных концентрациях мышьяка

Увеличение биомассы, как в контроле, так и в присутствии токсиканта, для вида *S. plicatus* регистрировали на протяжении всего периода наблюдений (21 сутки), а для вида *S. hygroscopicus* – только в течение первых 15 суток культивирования. Однако, если на первом этапе роста (до 7 суток) у обеих культур на добавление в среду мышьяка в концентрации 0,5 мг/мл отмечали сходную реакцию, заключающуюся в угнетении накопления биомассы, по

сравнению с контролем, то на более поздних этапах в ходе накопления биомассы у изолятов отмечали различия.

Так, начиная с 7 суток культивирования, во всем диапазоне исследованных концентраций мышьяка отмечали ингибирование, по сравнению с контролем, накопления биомассы видом *S. hygrosopicus* 135.8, а для вида *S. plicatus* 103.9, напротив, – стимуляцию роста. Мышьяк стимулировал также и рост культуры *S. hygrosopicus* 135.8, но только в самом начале культивирования (до 7 суток) и в только концентрации 1 мг/мл As, тогда как характер роста культуры *S. plicatus* 103.9 по сравнению с контролем не изменялся.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлена более высокая толерантность к мышьяку пигментированного стрептомицета *S. plicatus* 103.9 из серии *Cinereus Chromogenes*, по сравнению с непигментированным видом *S. hygrosopicus* 135.8 из серии *Cinereus Achromogenes*. Можно предположить, что, как и в случае с микромицетами (Zhdanova et al., 2003), реакция на загрязнение среды токсическими элементами, определяется наличием меланиновых пигментов, которые обеспечивают стрессоустойчивость организму при воздействии токсикантов.

Установленный отклик на мышьяк со стороны стрептомицетов, имеющих различную пигментацию, указывает на то, что скрининг штаммов, перспективных для проведения фиторемедиации загрязненных мышьяком почв, следует вести среди представителей пигментированных секций и серий, в частности, среди видов из серии *Cinereus Chromogenes*.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Водяницкий Ю. Н. Свойства тяжелых металлов и металлоидов в почвах // *Агрохимия*. 2009. № 8. С. 85–94.

Гайдашева И. И., Громовых Т. И. Изучение химического состава и биологической активности вторичных метаболитов антагонистически активного штамма *Streptomyces lateritius* 19/97 М // Биологически активные вещества микроорганизмов: прошлое, настоящее, будущее: Материалы Всероссийского симпозиума с международным участием. М., 2011. 29 с.

Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. Роды *Sreptomycetes*, *Streptoverticillium*, *Chainia*. М.: Наука, 1983. 248 с.

Практикум по микробиологии / Под ред. А. И. Нетрусова. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

Рябова О. В., Широких И. Г. Рост и антифунгальная активность стрептомицетов на фоне повышенной кислотности среды // *Сельскохозяйственная биология*. 2014. № 3. С. 100–107.

Шумилова М. А., Набокова О. С., Петров В. Г., Фризоргер Г. Г. О некоторых особенностях поведения соединений мышьяка при мониторинге объекта по уничтожению люизита // *Вестник Удмуртского университета*. 2011. Вып. 1. С. 125–129.

Янников И. М., Габричидзе Т. Г., Зубко Т. Л., Козловская Н. В. Выявление спектра травянистых растений перспективных в качестве фитомелиорантов при загрязнении почвы мышьяковистыми соединениями // Вест. ИжГТУ. 2007. № 2. С. 138–140.

Zhdanova N. N., Redchits T. I., Tugay T. I., Zheltonozhsky V. A., Sadovnikov L. V., Dighton J. Biological activity of fungi isolated from localities of high radioactive pollution // The XIV Congr. of Europ. Mycologists (Katsiveli, Yalta, Crimea, Ukraine, 22–27 Sept., 2003). Abstracts. Yalta, 2003. P. 27.

ВЫЖИВАЕМОСТЬ АКТИНОБАКТЕРИЙ И СОХРАНЕНИЕ ИМИ БИОДЕГРАДАТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ

*И. П. Соляникова¹, Е. В. Емельянова¹, Н. С. Егозарьян^{1,2}, О. В. Борзова^{1,3},
В. Н. Поливцева¹, Н.Е. Сузина¹, Л. А. Головлева^{1,3}*

*¹ Институт биохимии и физиологии микроорганизмов
им. Г. К. Скрябина РАН, innas@IBPM.pushchino.ru,*

*² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
natae05@yandex.ru*

*³ Пуцинский государственный естественно-научный институт,
oksana.borzova@inbox.ru*

Способность бактерий, не образующих споры, переживать неблагоприятные условия вызывает повышенный интерес в последние годы. Исследования метаболической активности штаммов, переживших стрессовое воздействие, выявляют пути приспособления микроорганизмов к новым для них ростовым условиям. Полученные данные имеют как теоретическое, так и практическое значение, расширяя наше понимание процессов, происходящих в окружающей среде, и являясь, например, основой для создания высокоэффективных препаратов микроорганизмов для локальной очистки загрязненных территорий.

Целью данной работы было изучение жизнеспособности актинобактерий в неблагоприятных условиях, среди которых – длительные голодание и воздействие токсикантов.

Воссоздание стрессового воздействия и исследуемые параметры. Влияние стрессоров оценивали, имитируя различные неблагоприятные условия и определяя выживаемость клеток и способность осуществлять разложение бензоата. В качестве маркера биодegradативной активности клеток использовали активность фермента начальной атаки бензоата – бензоат 1,2-диоксигеназы (БДО) (КФ 1.14.12.10) и ключевых ферментов расщепления ароматического кольца, пирокатехин 1,2-диоксигеназы (ПК-1,2-ДО) (КФ 1.13.11.1) и протокатехоат 3,4-диоксигеназы (ПКК-3,4-ДО) (КФ 1.13.11.3). Выбор этих ферментов обусловлен тем фактом, что ключевыми интермедиами при аэробном разложении бензоата могут быть пирокатехин (ПК), протокатехоат (ПКК) или гентизат (Field, Sierra-Alvarez, 2008). Дыхательную активность оценивали, измеряя потребление O₂ клетками, ресуспендированными

ми в буфере. Наличие у клеток БДО- и дыхательной активности служило показателем метаболической активности.

Были исследованы клетки при длительном хранении в условиях голодания. Культура клеток *Rhodococcus opacus* 1СР (Горлатов и др., 1989) после роста в богатой среде сохраняла высокое число колониеобразующих единиц (КОЕ) при длительном хранении при комнатной температуре. При этом в течение первого месяца происходило снижение КОЕ, а далее, в результате уменьшения объема культуральной жидкости, число КОЕ значительно увеличивалось (табл.).

Таблица

Выживаемость (по КОЕ $\times 10^9$) культуры клеток *Rhodococcus opacus* 1СР в условиях голодания (хранение при комнатной температуре)

Время опыта	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
12 суток (0,4 мес)	76 \pm 5	8 \pm 1	
26 суток (0,9 мес)	38 \pm 3	9 \pm 1	
7 нед (1,7 мес)	597 \pm 27	221 \pm 8	
76 суток (2,5 мес)			150 \pm 4
3 мес			158 \pm 5
5,5 мес			110023 \pm 156

Метаболическая активность клеток снижалась при хранении, что выражалось в невысоких значениях их дыхательной активности. Активность с бензоатом отсутствовала (рис. 1, а). Однако активность клеток можно было повысить внесением субстрата в суспензию. Все изученные в данной работе штаммы реализовали путь *орто*-расщепления пирокатехина, образующегося из бензоата. В клетках, выращенных на бензоате, были обнаружены активности трех диоксигеназ: БДО, ПК-1,2-ДО и ПКК-3,4-ДО (Solyanikova et al., 2015). Добавление бензоата к суспензии клеток приводило к индукции ферментов разложения бензоата у клеток, не только выращенных на бензоате [данные не приводятся], но и в богатой среде (рис. 1). Внесение бензоата в клеточную суспензию, изначально выращенную в богатой среде, приводило к повышению уровня потребления O_2 уже через 1 ч после внесения субстрата. К 22 ч после добавления бензоата определялась активность диоксигеназ, БДО, ПК-1,2-ДО и ПКК-3,4-ДО, которая продолжала увеличиваться в последующие сутки (рис. 1, б). При этом дыхание культуры, достигнув максимального значения в первые сут после добавления бензоата, несколько снижалось.

Добавление фенола к голодающим клеткам как в ростовых, так и в неростовых условиях приводило к индукции ферментов, участвующих в разложении данного токсиканта – фенол гидроксилазы и ПК-1,2-ДО (рис. 2). Однако увеличение потребления клетками O_2 наблюдалось также в ответ на внесение бензоата и протокатехоата. Это может отражать широкую субстратную специфичность фенол гидроксилазы. Другое возможное объяснение - индукция фенолом приводила к синтезу более чем одного фермента начальной атаки.

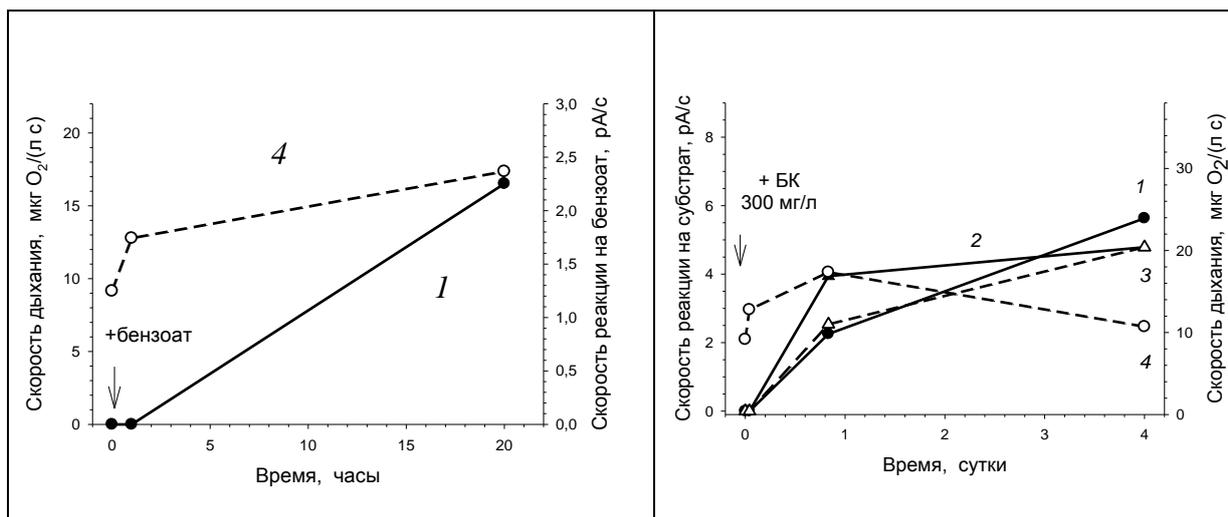


Рис. 1. Ответ суспензии клеток *R. opacus* 1СР, выращенных в богатой среде и голодающих 1 мес, на внесение бензоата (БК) (300 мг/л), где 1 – реакция на БК, 2 – реакция на пирокатехин (ПК), 3 – реакция на протокатехоат (ПКК), 4 – дыхание

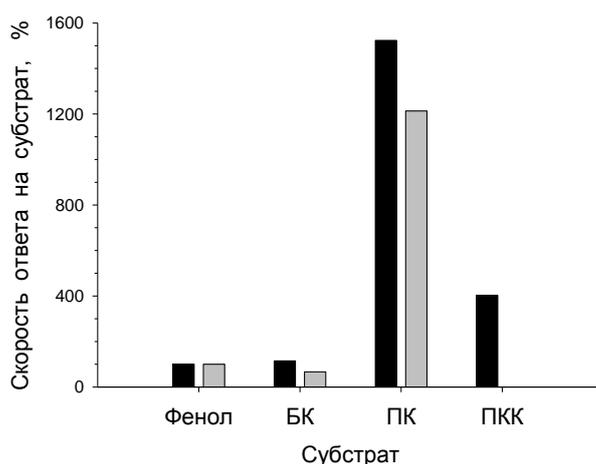


Рис. 2. Индукция диоксигеназ в клетках *R. opacus* 1СР после внесения фенола, где 1 – реакция свежесоборанных клеток, 2 – индукция через 7 месяцев хранения клеток. БК-бензоат, ПК – пирокатехин, ПКК – протокатехоат

Клетки штамма *Rhodococcus wratislaviensis* G10 (Плотникова и др., 2006) при хранении клеточной суспензии также проявляли способность к длительному выживанию при пониженной температуре в условиях голодания. Даже после более 2-х месяцев хранения при комнатной температуре в клетках *R. wratislaviensis* G10, выращенных в среде с бензоатом, наблюдали остаточную активность ферментов его разложения (рис. 3б). Внесение бензоата приводило к повышению ферментативной активности. Аналогичную индукцию ферментов наблюдали и у клеток, выращенных в богатой среде (рис. 3а).

Индукция бензоатом клеток *R. wratislaviensis* G10 так же, как и клеток *R. opacus* 1СР, приводила к повышению активности всех ферментов. При

этом, в целом, порядок величины ферментативной активности не зависел от исходного ростового субстрата.

Клетки *Gordonia polyisoprenivorans* 135, выращенные в среде с бензоатом и иммобилизованные на носителе, сохраняли метаболическую активность при хранении в течение года при пониженной температуре (данные не приводятся). Как и у других актинобактерий, в клетках этого штамма, выращенных в богатой среде, под действием субстрата, бензоата, активность БДО детектировалась уже в первые сутки после индукции (рис. 4).

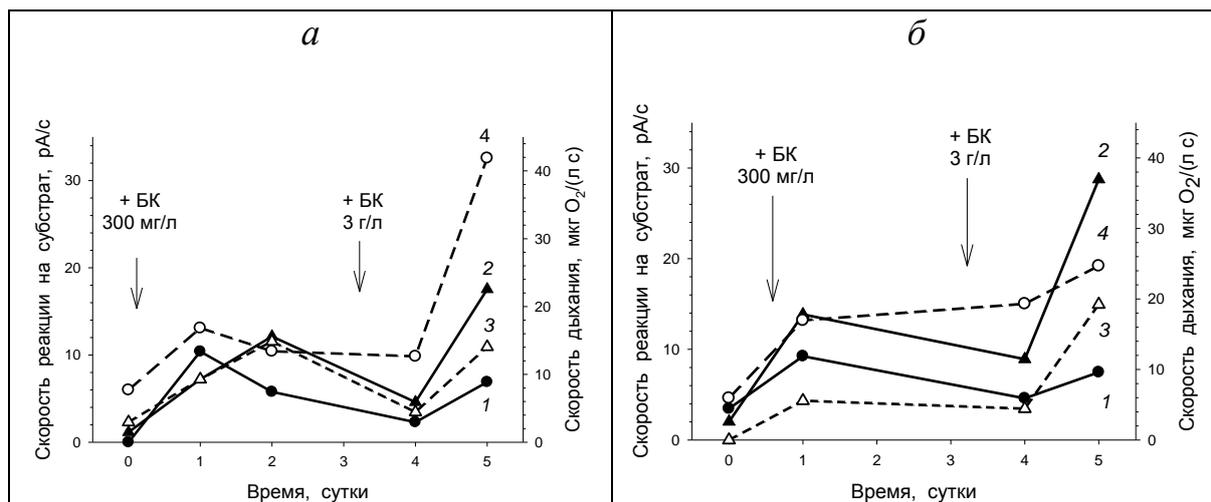


Рис. 3. Индукция ферментов разложения бензоата (БК) в клетках *R. wratislaviensis* G10, выращенных в богатой среде (а) или в минеральной среде с бензоатом (б): 1 – реакция на бензоат, 2 – реакция на пирокатехин, 3 – реакция на протокатехоат, 4 – дыхание. Стрелкой указан момент внесения БК в суспензию клеток

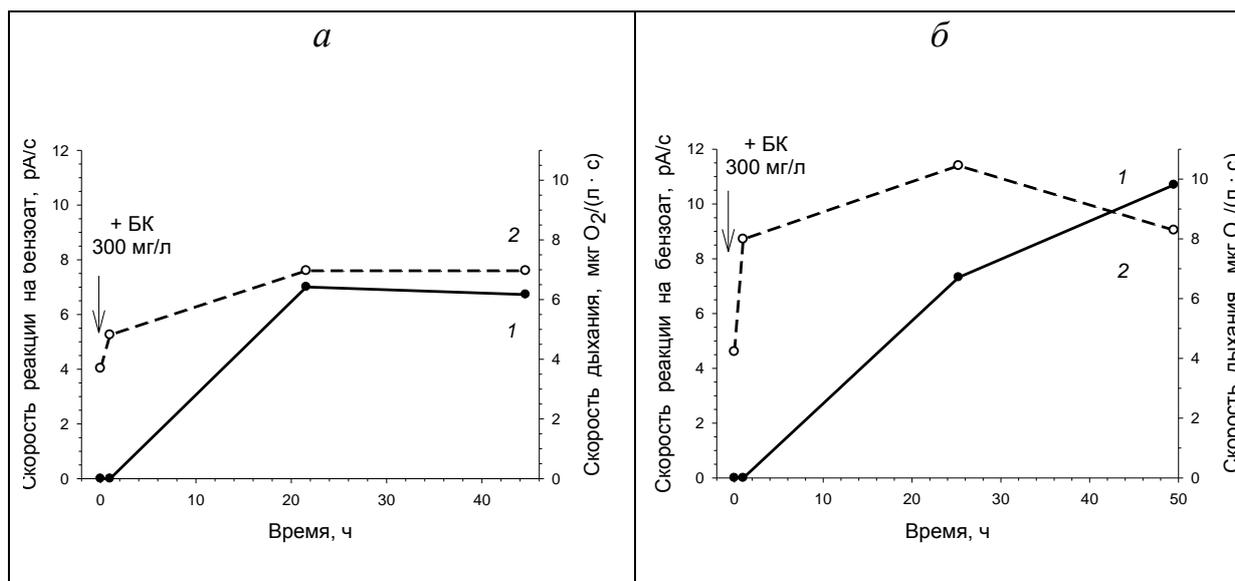


Рис. 4. Индукция ферментов разложения бензоата (БК) в клетках *G. polyisoprenivorans* 135, выращенных в богатой среде: сушло-агар (СА) (а) или мясо-пептонной (б), где 1 – реакция на БК, 2 – дыхание. Стрелкой указан момент внесения БК в суспензию клеток

Одним из ответов неспорообразующих бактерий на стрессы можно считать образование цистоподобных клеток, способствующих переживанию клеточной популяцией неблагоприятных условий. Сегодня это - установленный факт (Mulyukin et al., 2003). Мы исследовали способность не образующих спор бактерий переживать неблагоприятные условия, сформированные воздействием токсичных соединений, хлорфенолов, на примере культуры *Arthrobacter agilis* Lush13. Показано, что общей стратегией переживания неблагоприятных условий клетками этой бактерии является формирование цистоподобных клеток (ЦПК) (рис. 5). В случае способности культуры разлагать токсикант, второй этап переживания включал выход из покоящегося состояния, проявляющийся в формировании активно делящихся клеток (рис. 5а). Если ферментный пул не позволял культуре разлагать токсичное соединение, клетки сохранялись в виде ЦПК долгое, как минимум до нескольких месяцев, время. Таким образом, адаптация не образующих спор бактерий к новым субстратам может включать в себя в качестве промежуточного этапа формирование ЦПК с последующим выходом из состояния покоя и началом роста популяции, разлагающей новый субстрат.

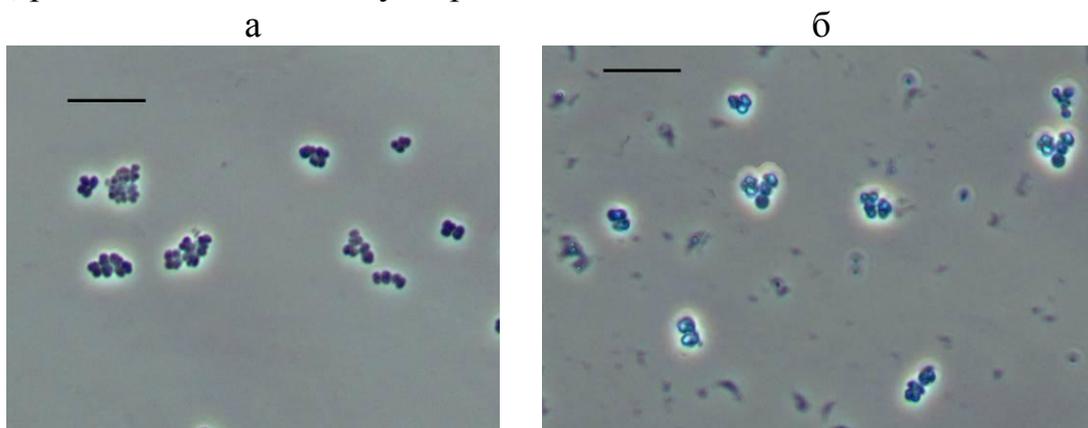


Рис. 5. Длительное культивирование клеток *A. agilis* Lush 13 в минеральной среде в присутствии ростового субстрата (2,6-дихлорфенола, 50 мг/л) и неростового соединения 2,4,5-трихлорфенола, 50 мг/л (б). Длина масштабной линейки 10 мкм

В целом, полученные данные свидетельствуют о высокой способности актинобактерий сохранять жизнеспособность в условиях голодания, особенно при хранении при пониженной температуре, и простоте процедуры индукции ферментов, участвующих в деструкции токсикантов. Это подтверждает высокое биотехнологическое значение бактерий данной группы.

Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант № 14-14-00368).

Литература

Горлатов С. Н., Мальцева О. В., Шевченко В. И., Головлева Л. А. Разложение хлорфенолов культурой *Rhodococcus erythropolis* // Микробиология. 1989. Т. 58. С. 802–806.

Плотникова Е. Г., Рыбкина Д. О., Ананьина Л. Н., Ястребова О. В., Демаков В. А. Характеристика микроорганизмов, выделенных из техногенных почв Прикамья // Экология. 2006. № 4. С. 261–268.

Field J. A., Sierra-Alvarez R. Microbial transformation of chlorinated benzoates // Rev. Environm. Sci. Biotechnol. 2008. № 7. P. 191–210.

Mulyukin A. L., Soina V. S., Demkina E. V., Kozlova A. N., Suzina N. E., Dmitriev V. V., Duda V. I., El-Registan G. I. Formation of resting cells by non-spore-forming microorganisms as a strategy of long-term survival in the environment // Proc SPIE: Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology VI (Eds Hoover R.B., Rozanov A.Yu., Lipps J.H.). 2003. N 4939. P. 208–218.

Solyanikova I. P., Emelyanova E. V., Shumkova E. S., Egorova D. O., Korsakova E. S., Plotnikova E. G., Golovleva L. A. Peculiarities of the degradation of benzoate and its chloro- and hydroxy-substituted analogs by actinobacteria // Intern. Biodeterioration and Biodegradation. 2015. V. 100. P. 155–164.

ДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА СТРЕПТОМИЦЕТЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В РАСТВОРЕ

Е. С. Соловьёва¹, И. Г. Широких²

¹ *Вятский государственный университет, blueberry17@mail.com,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Изучение способности стрептомицетов связывать тяжелые металлы является перспективным направлением в изучении физиологии данных микроорганизмов. Стрептомицеты могут применяться, в технологиях биоремедиации почвы и водной среды, а также в производственных процессах для выделения и концентрирования тяжелых металлов (ТМ). Субстратом для выделения стрептомицетов могут являться антропогенно преобразованные почвы городов, как среда, испытывающая влияние многочисленных загрязнителей, в том числе и ТМ.

Для стрептомицетов описаны внеклеточные и внутриклеточные механизмы устойчивости к действию ТМ (Haferburg et al., 2009). К таким механизмам можно отнести связывание металла в комплексы различной природы внутри и снаружи клетки; замена степени окисления металла на менее токсичную специфическими оксидоредуктазами; эффлюкс-транспорт ионов ТМ из клетки; действие супероксиддисмутаза, а также внеклеточное формирование минералов на основе металла (Schütze et al., 2010).

Целью данного модельного эксперимента была сравнительная характеристика изолятов стрептомицетов, выделенных из почв с различной степенью загрязнения ТМ, по данным оценки накопления их биомассы в присутствии ТМ, сорбции ТМ из растворов и накопления ТМ в биомассе. Для эксперимента были выбраны изоляты стрептомицетов, выделенные из почв г. Кирова с высоким и умеренным загрязнением ТМ, а также изоляты, выделенные из «чистых» почв ГПЗ «Нургуш» (табл.).

Стрептомицеты выращивали в жидкой среде на качалке при 25 °C в течение 7–14 сут. с добавлением солей: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$,

ZnSO₄·7H₂O. Из расчета в среднем 9 мг/л Pb²⁺, 3 мг/л Cu²⁺ и от 10 до 80 мг/л Zn²⁺ в двух вариантах опыта. Биомассу измеряли гравиметрически после фильтрации жидкой культуры и её высушивания при 105°С до постоянного веса. Содержание ионов свинца, меди и цинка в фильтрате и биомассе определяли атомно-абсорбционным методом.

Интенсивность роста культур стрептомицетов различалась по вариантам в зависимости от того, какой металл был взят для опыта, а также от вида стрептомицета и от того, из какой почвы была выделена культура стрептомицетов (табл.). В присутствии 9 мг/л ионов свинца в растворе, рост культур стрептомицетов, изолированных из городских почв, отставал от контрольных показателей на 15–34%. Изоляты из почвы заповедника «Нургуш», напротив, накапливали в тех же условиях на 12–30% большую биомассу, по сравнению с контролем. Добавление в среду ионов меди существенно (на 42 и 93%) стимулировало рост двух изолятов стрептомицетов из умеренно загрязненных городских почв. Присутствие меди угнетало на 27-31% накопление биомассы культурами стрептомицетов, изолированными из почв с высоким уровнем загрязнения. Накопление биомассы стрептомицетами из почвы заповедника «Нургуш» в присутствии меди находилось на уровне контрольных значений (табл.).

Таблица

Биомасса стрептомицетов в присутствии ТМ в зависимости от уровня загрязнения источника выделения культуры

Уровень загрязнения почвы ТМ	Культуры	Биомасса, % к контролю		
		свинец	медь	цинк
Высокий	<i>S. bacillaris</i> y-53	100	71,3	111,7
	<i>S. lavendulae</i> y-51	65,7	69,1	133,3
	<i>S. clavuligerus</i> y-21	85,2	77,6	109,3
Умеренный	<i>S. exfoliates</i> y-56	82,5	141,5	104,5
	<i>S. felleus</i> y-57	97,5	192,7	97,0
	<i>S. aureofaciens</i> y-61	97,6	68,0	160,4
Низкий	<i>S. bacillaris</i> H-2	130	91,7	123,9
	<i>S. aureofaciens</i> H-4	111,6	116,9	144,8
	<i>S. globisporus</i> H-6	118,6	не опр.	89,6
	<i>S. globisporus</i> H-7	97,4	87,2	не опр.
	<i>S. candidus</i> H-10	115	99,4	не опр.
	<i>S. sindenensis</i> H-3	154,8	не опр.	95,8

Штаммы стрептомицетов одного вида, но из разных почв, различались между собой по интенсивности роста в присутствии свинца и меди. Так, в ве-совом отношении биомасса культур *Streptomyces aureofaciens* и *S. bacillaris*, выделенных из почвы ГПЗ «Нургуш», превосходила биомассу штаммов этих же видов, изолированных из городских почв (табл.).

Биомасса культур стрептомицетов, выращенных в среде с добавлением цинка, практически во всех вариантах превышала или находилась на уровне показателей, полученных в контроле. Максимальное наращивание биомассы

наблюдалось при высоких концентрациях цинка у изолятов из городских почв.

К концу опыта в культуральной среде, одновременно с увеличением биомассы, наблюдали снижение концентрации ТМ. Очевидно, мицелий стрептомицетов сорбировал ионы металлов. Степень сорбции зависела как от вида ТМ, так и от природы изолята, источника его выделения. Наиболее интенсивно происходила сорбция свинца изолятами стрептомицетов из заповедника «Нургуш» (92–99% от начальной концентрации в среде). В отличие от свинца, сорбция меди из раствора находилась на более низком уровне. Максимальное снижение концентрации меди в культуральной жидкости достигало 80% при выращивании стрептомицетов из почвы «Нургуша». Изоляты из городских почв снижали концентрацию меди в растворе не более, чем на 71%.

При начальной концентрации 10 мг/л, степень извлечения цинка из среды достигала 95% для изолятов из «Нургуша». У стрептомицетов из городских почв этот показатель не превышал 50%. Культуры *S. bacillaris* у-53 и *S. lavendulae* у-51 за время опыта не снизили концентрацию цинка, хотя их биомасса на 11 и 30% соответственно превысила контрольные значения (табл.). При начальной концентрации цинка 80 мг/л максимальное снижение (на 70%) концентрации металла в среде было отмечено для изолятов из городских почв *S. clavuligerus* у-21 и *S. exfoliatus* у-56.

Был проведен анализ микробной биомассы на содержание исследуемых тяжелых металлов. Стабильнее всего исследуемые изоляты стрептомицетов накапливали свинец, причем максимальная концентрация свинца наблюдалась у изолятов из «Нургуша» (рис.). Концентрация свинца в мицелиальной биомассе *S. bacillaris* Н-2 достигала 11342,7 мг/кг. У городских изолятов содержание свинца в мицелии в среднем было в два раза ниже.

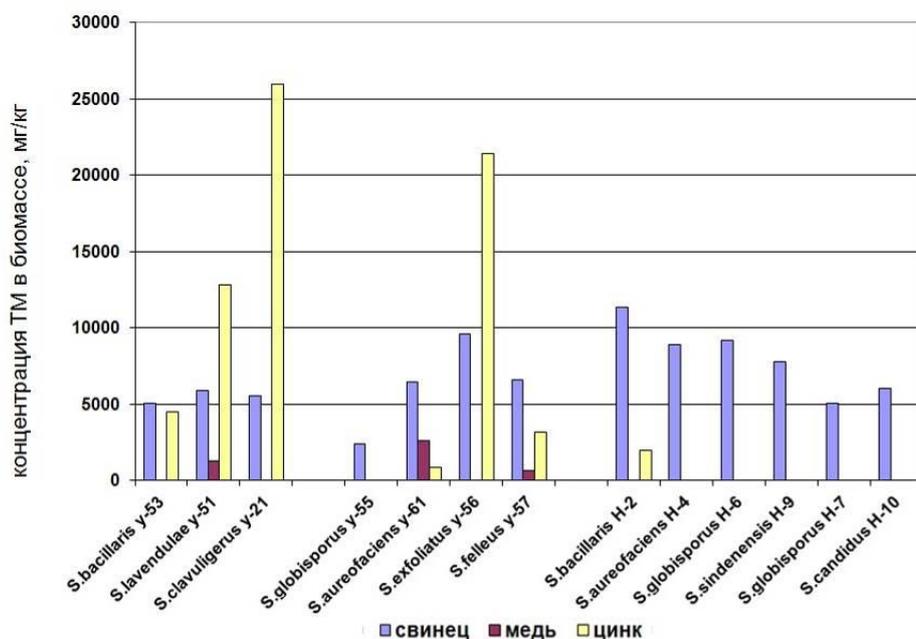


Рис. Особенности накопления ТМ в стрептомицетной биомассе

Менее всего стрептомицетная биомасса накапливала медь. Возможно, это связано с тем, что детоксикация меди в клетках стрептомицетов идет, чаще всего, по окислительно-восстановительному механизму и не связана с осаждением этого металла на мицелии. Максимальное содержание меди (2615 мг/кг) было отмечено в мицелии городского изолята *S. aureofaciens* у-61.

Накопление цинка наблюдалось преимущественно у городских изолятов. Максимальное количество цинка было накоплено в опыте изолятами *S. clavuligerus* у-21 (25968 мг/кг) и *S. exfoliatus* у-56 (21437,5 мг/кг). Такое высокое концентрирование цинка в мицелиальной биомассе у данных изолятов может быть связано с тем, что сорбция цинка может осуществляться как живыми, так и мертвыми клетками стрептомицетов (Li et al., 2012).

В целом, интенсивнее наращивали биомассу и в большей степени снижали начальную концентрацию металлов в жидкой среде стрептомицеты из почв заповедника «Нургуш», чем культуры из более загрязненных ТМ городских почв. Это говорит о большом адаптационном потенциале стрептомицетов и необходимость его изучения для использования в современных биоремедиационных технологиях.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Haferburg G., Groth I., Müllmann U., Kothe E., Sattler I. Arousing sleeping genes: shifts in secondary metabolism of metal tolerant actinobacteria under conditions of heavy metal stress // *Biomaterials*. 2009. V. 22. P. 225–234.

Li H., Lin Y., Guan W., Chang J., Xu L., Guo J., Wei G. Biosorption of Zn(II) by live and dead cells of *Streptomyces ciscaucasicus* Strain CCNWHX 72-14 // *Journal of Hazardous Materials*. 2010. V. 179. P. 151–159.

Schütze E., Kothe E. Heavy Metal-Resistant Streptomycetes in Soil // *Bio-Geo Interactions in Metal-Contaminated Soils, Soil Biology*. 31. 2012. P. 163–182.

ПОЛОЖЕНИЕ СТРЕПТОМИЦЕТОВ В НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

*С. А. Бурцева¹, М. Н. Бырса¹, В. Э. Шубина²,
Ю. Н. Березюк¹, А. В. Васильчук¹*

¹ *Институт микробиологии и биотехнологии АН Молдовы,
burtseva.svetlana@gmail.com*

² *Институт генетики, физиологии и защиты растений АН Молдовы,
vshubina969@gmail.com*

Почва – сложнейшая система, одним из основных функциональных компонентов которой являются населяющие ее живые организмы, от деятельности которых зависят интенсивность и характер биологического круговорота веществ, способность почвы к самоочищению и пр. Населяющие поч-

ву живые организмы взаимодействуют между собой и с абиотической средой либо на трофическом, либо на метаболическом уровне. Так, например, микроорганизмы выделяют в окружающую среду различные продукты (витамины, аминокислоты, ауксины, антибиотики, ферменты и др.), которые влияют на растения, играя важную роль в их росте и развитии. Наиболее активные продуценты витаминов и веществ с антимикробной активностью – штаммы родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, а также *Streptomyces*, у которых установлено защитное действие, проявляющееся в подавлении фитопатогенных форм бактерий и грибов. Они играют основную роль в круговороте веществ в биогеоценозах, минерализуя органические остатки и замыкая таким образом биологические циклы экосистем (Куликов, 2012). Микроводоросли и цианобактерии также находятся в сложном биоценозе, характеризующемся различными взаимоотношениями как между собой, так и с макрофитами и микроорганизмами, играя важную роль в биосфере. Легкость их культивирования делает их объектом биотехнологии, в том числе и агrobiотехнологии (Виноградова, 2015). Целью наших исследований являлось изучение некоторых аспектов взаимодействия стрептомицетов с другими организмами наземных экосистем.

В настоящее время существенный вред культивируемым растениям наносят примерно 1,5 тыс. видов различных возбудителей болезней, более 10 тыс. видов насекомых, 1,5 тыс. видов нематод и свыше 1,8 тыс. видов сорняков. Подсчитано, например, что в США урожайность сельскохозяйственных культур может снижаться под влиянием 160 видов бактерий, 250 вирусов, 8 тыс. патогенных грибов, 8 тыс. насекомых и 3 тыс. сорняков. Более чем 30-летний опыт активной химической борьбы с вредными видами фауны и флоры показал полную бесперспективность одностороннего подхода к обеспечению экологического равновесия в интенсивных агроэкосистемах (Куликов, 2012).

Из выделенных нами из почвы Молдовы стрептомицетов и штаммов, хранящихся в Национальной коллекции непатогенных микроорганизмов Института микробиологии и биотехнологии АНМ были выявлены штаммы, обладающие способностью задерживать рост фитопатогенов в разной степени (табл. 1).

Так, например, 4 штамма (№ 10, 33, 37) полностью подавляли рост *A. alternata*, 2 штамма (№ 10 и 17) – *B. cinerea*, 1 штамм (№ 10) – *F. graminearum* и 1 штамм (№ 9) – *Scl. sclerotiorum*.

Из почвенных образцов центральной части Молдовы нам удалось из 240 выделенных изолятов отметить 26, задерживающих рост *B. cinerea* (зоны диаметром 12,0–29,0 мм) или полностью подавляющих рост этой тест-культуры (табл. 1), а также штаммы, активно задерживающие рост таких широко распространенных в Молдове возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, как *A. alternata*, *B. cinerea* и представителей рода *Fusarium* (штаммы № 9, 10, 17, 33, 37, 66). Из 3-х изучаемых и хранящихся в Коллекции штаммов только *S. massasporeus* CNMN-Ас-06 отличался по антимикробной активности к более широкому спектру тест-культур фитопатогенных гри-

бов, представляющих определенный интерес (*A. flavus*, *F. oxysporum*, *T. basicola*).

Таблица 1

Антифунгальная активность стрептомицетов

№ штамма	Диаметр зон задержки роста тест-культур, мм									
	<i>A. alt.</i>	<i>A. fl.</i>	<i>A. nig.</i>	<i>B. cin.</i>	<i>F. gram.</i>	<i>F. oxysp.</i>	<i>F. sol.</i>	<i>Rh. sol.</i>	<i>Scl. scl.</i>	<i>T. bas.</i>
9	28,0	29,0	19,0	29,0	28,0	34,0	29,0	29,0	П.п.	29,0
10	П.п.	-	22,0	П.п.	П.п.	16,0	14,0	-	-	-
12	25,0	19,5	17,0	22,0	-	-	17,5	17,0	21,5	24,0
17	25,0	0	23,0	П.п.	23,0	-	11,0	0	0	0
19	13,0	0	0	0	11,0	13,5	15,0	10,0	18,0	10,0
33	П.п.	0	0	24,0	30,0	0	0	0	0	0
37	П.п.	0	25,0	24,0	25,0	-	14,0	0	0	0
66	25,0	25,0	29,0	20,0	20,0	15,0	14,0	-	28,0	22,0
<i>S. canosus</i> 02	0	0	9,0	0	0	0	0	0	0	0
<i>S. canosus</i> 04	0	0	16,0	0	0	18,0	0	0	0	12,0
<i>S. massasporeus</i> 06	10,0	18,0	14,0	14,0	16,0	20,0	15,0	0	0	24,0

* П.п. – полное подавление

Рассматривая актуальные проблемы биотехнологии в растениеводстве, многие исследователи единодушны, что дальнейшее развитие получит применение в биотехнологии природных и синтетических регуляторов роста и микробных препаратов для улучшения питания сельхозкультур и защиты их от болезней, что выполнить продовольственную программу на фоне ожидаемого быстрого роста народонаселения в развитых странах.

Проведенные нами ранее исследования показали, что биопрепараты на основе стрептомицетов могут быть использованы для повышения всхожести семян (томаты, огурцы, фасоль, табак), стимуляции роста и регенерационных процессов гвоздики в культуре *in vitro* (патент MD 1333), оздоровления посадочного материала в условиях закрытого грунта (Бурцева, 2002).

В опыте по ростостимулирующим свойствам было изучено влияние экзометаболитов различных штаммов стрептомицетов на прорастание и развитие корней семян сахарной свеклы сорта Victoria (табл. 2).

Было установлено, что наилучшие результаты по стимуляции прорастания семян показали экзометаболиты штамма *S. sp.* 205 в концентрации 0,5%, увеличив почти в два раза количество проросших семян. Экзометаболиты штамма *S. sp.* 229 (в концентрации 0,5%) способствовали увеличению длины корней на 69,4%, тогда как экзометаболиты штамма *S. sp.* 76 (в концентрации 1,0%) увеличивали их длину только на 36,3 % по отношению к контролю.

Данных о влиянии метаболитов водорослей и цианобактерий на рост и синтез БАВ актиномицетами в доступной нам литературе не обнаружено. Поэтому нами были проведены опыты, в которых использовали метаболиты цианобактерий, как возможные регуляторы продуктивности стрептомицетов.

Опыты показали стимуляцию накопления биомассы у изучаемых штаммов на 4,78–24,1% к контролю. Выявлены дозы метаболитов, стимулирующих липидообразование (на 6,1–64,3%), стеринобразование (на 15,2%) и образование фосфолипидов (на 11,9–15,8%) по отношению к контролю, при добавлении препаратов цианобактерий в комплексную питательную среду в количестве 1,0–10,0 мг/л. Проведение консервации стрептомицетов из Коллекции микроорганизмов на протекторных средах с экстрактами водорослей выявило способность изучаемых штаммов сохранять однородность популяции.

Таблица 2

Влияние растворов экзометаболитов штаммов *Streptomyces* spp. на прорастание и развитие семян сахарной свеклы сорта Victoria

Вариант опыта	Количество проросших семян, % к контролю		Длина корней, % к контролю	
	Концентрация (%)			
	0,5	1,0	0,5	1,0
Контроль	--- (100,0)	--- (100,0)	--- (100,0)	--- (100,0)
<i>Streptomyces</i> sp. 9	- 22,2	0,0	+ 20,4	+ 7,7
<i>Streptomyces</i> sp. 33	- 11,1	+ 55,6	- 26,5	+ 28,5
<i>Streptomyces</i> sp. 47	+ 33,3	0,0	+ 2,6	+ 8,3
<i>Streptomyces</i> sp. 49	+ 11,1	+ 11,1	+ 40,1	+ 18,4
<i>Streptomyces</i> sp. 66	- 11,1	+ 22,2	+ 24,7	+18,9
<i>Streptomyces</i> sp. 76	+ 33,3	+ 26,2	- 12,4	+ 36,3
<i>Streptomyces</i> sp. 205	+ 95,4	+ 55,6	+ 28,1	- 21,2
<i>Streptomyces</i> sp. 229	- 55,6	+ 11,1	+ 69,4	- 10,3

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение биопрепаратов на основе экзометаболитов стрептомицетов стимулирует рост и стеблевой морфогенез гвоздики. В условиях закрытого грунта они увеличивают процент укореняемости черенков гвоздики на 89,3%, а также повышают всхожесть семян овощных культур (томаты, огурцы, сахарная свекла), что способствует лучшему росту рассады в условиях закрытого грунта.

Из образцов почвы центральной части Республики Молдова выделены 240 штаммов стрептомицетов, которые различаются между собой способностью синтезировать вещества, обладающие антимикробной активностью, в том числе и по отношению к фитопатогенным грибам, вызывающим болезни сельскохозяйственных растений. Выявлены штаммы стрептомицетов с антифунгальным спектром, включающим 9–10 фитопатогенных грибов (диаметр зон задержки роста фитопатогенов варьирует от 11,0 до 34,0 мм). Найдены штаммы стрептомицетов, метаболиты которых полностью подавляют рост таких фитопатогенов, как *A. alternata* (4 штамма), *B. cinerea* (2 штамма), *F. graminearum* (1 штамм) и *S. sclerotiorum* (2 штамма).

Установлено, что культивирование стрептомицетов на комплексных средах с добавлением метаболитов водорослей и цианобактерий позволяет увеличить продуктивность биомассы и липидов в ней, а также эти вещества могут быть использованы для консервации стрептомицетов. Таким образом, полученные нами данные согласуются с современными представлениями о

том, что актиномицеты, в том числе и стрептомицеты, представляют собой единое звено в трофической цепи любой почвенной экосистемы.

Литература

Бурцева С. А. Биологически активные вещества стрептомицетов (биосинтез, свойства, перспективы применения): Автореф. дис. ... д-ра биол. н., Кишинев, 2002. 39 с.

Бурцева С. А., Бырса М. Н., Киселица О. А., Рудик В. Ф. Перспективы применения экстрактов водорослей при культивировании и консервации стрептомицетов: Материалы 5 Всерос. симпозиума с междунар. участием. М.: Макс Пресс, 2015. С. 31.

Виноградова Е. Н. Одноклеточные водоросли в биотехнологии. Автотрофные микроорганизмы: Материалы 5 Всерос. симпозиума с междунар. участием. М.: Макс Пресс, 2015. С. 33.

Зенова Г. М., Орлеанский В. К., Омарова Е. О. Почвенные стрептомицеты – компоненты экспериментальных альгобактериальных ценозов // Почвоведение. 2005. № 1. С. 1251–1254.

Куликов Я. К. Агрэкология. Минск: «Высшая школа», 2012. 320 с.

Liu Bing-Ru, Jia Guo-Mei, Chen Jian, Wang Gang. A review of methods for studying microbial diversity in soils // Pedosphere. 2006. 16, 1. P. 11–24.

Sasanelli N., Burtseva S., Byrsa M., Bereziuk Y., Poiras N., Poiras L. Biological Activity of Streptomyces Isolates from Soils of R. Moldova // 18th Annual International Conference Education 16–19 May 2016. Athens, Greece. P. 133–134.

СКРИНИНГ СТРЕПТОМИЦЕТОВ-АНТАГОНИСТОВ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Я. И. Назарова^{1,3}, Т. К. Шешегова^{1,4}, Л. М. Щеклеина¹, И. Г. Широких^{1,2,3}

¹ *НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятский государственный университет,*

⁴ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

irgenal@mail.ru

Во многих регионах РФ фитопатогенные грибы наносят наибольший, по сравнению с другими вредными биообъектами, ущерб культурным растениям. Потенциальные потери урожая сельскохозяйственных культур от вредителей суммарно оцениваются в 24,7 млн. т, а от возбудителей болезней – в 34,9 млн. т (Тенденции изменения..., 2003) при значительном ухудшении его качества. Зерно формируется более мелкое и щуплое, теряет пищевые достоинства (белок, клейковину, углеводы, витамины); ухудшаются мукомольные и хлебопекарные свойства (уменьшается объемный выход муки и формоустойчивость хлеба, ухудшается его внешний вид, цвет и состояние мякиша). На Северо-Востоке Нечерноземья в последние десятилетия ухудшилась фитосанитарная обстановка в посевах многих сельскохозяйственных культур. Это связано как с нарушением технологии их возделывания (несоблюдение севооборотов, использование некондиционных семян, повышение доли минимальных способов обработки почвы, недостаток удобрений и пестицидов),

так и с наличием больших площадей «бросовых» земель и тенденцией к потеплению климата. В последнем случае из-за повышения температуры и влажности окружающей среды идет постепенная миграция более теплолюбивых фитопатогенов в северные регионы, происходит расширение (изменение) их трофических связей, что при определенных условиях усиливает токсичность сельскохозяйственной продукции. Одной из болезней, прогрессирующих в новых агроэкологических условиях, стала спорынья, которую вызывает гриб *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. В Кировской области спорыньей ежегодно поражается более половины посевов озимых зерновых культур (Шешегова, Щеклеина, 2015).

Совершенно очевидно, что успешная борьба с болезнями растений не должна быть односторонней. Длительный период химической войны человечества с многочисленной армией вредных организмов закончился его поражением и возникновением феномена «пестицидного бумеранга»: чем в больших масштабах и чаще применялись пестициды, тем быстрее возникали резистентные к ним вредные организмы, более фитотоксичные и агрессивные, и тем выше была их численность и вредоносность (Чулкина и др., 2008). Озабоченность международной научной общественности широкой химизацией сельского хозяйства, рост объемов применения всех групп пестицидов во многих странах мира, угроза ряда негативных последствий их использования для живой природы привели к тенденции, направленной на биологизацию защиты растений. Использование микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности в качестве альтернативы химическим пестицидам, разработка и создание биопрепаратов на их основе рассматриваются как чрезвычайно перспективное направление, которое позволяет свести экологические риски к минимуму (Babalola, 2010).

Известно, что к числу перспективных агентов биологического контроля болезней растений относятся мицелиальные бактерии рода *Streptomyces*, обладающие высоким потенциалом антифунгального действия (Новикова, 2005). Особый интерес представляют культуры, выделенные из ризосферы растений – микролокуса, где конкурентная борьба за трофический ресурс чрезвычайно обострена, и способность продуцировать антибиотические соединения зачастую становится в этой борьбе важнейшим аргументом.

Целью настоящего исследования явилось изучение антагонистической активности ризосферных изолятов стрептомицетов для отбора штаммов, перспективных для защиты растений от фитопатогенных грибов.

Объектами исследования служили 40 природных изолятов стрептомицетов из ризосферы табака (*Nicotiana tabacum* L.) на окультуренной дерново-подзолистой почве. Чистые культуры стрептомицетов были выделены при посеве разведений гомогенатов корней на питательные среды: казеин-глицериновый агар и среду с пропионатом натрия. Методом диффузии в агар была исследована способность выделенных изолятов ингибировать рост микроскопических грибов (Егоров, 1979). В качестве тест-культур были использованы фитопатогенные микромицеты *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium*

oxysporum, *F. culmorum*, *F. avenaceum* из коллекции лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока».

В результате изучения антагонистической активности стрептомицетов было установлено, что 24 из 40 исследуемых штаммов способны в чистых культурах подавлять рост фитопатогенов, угнетая рост от одной до трех тест-культур (табл. 1).

Таблица 1

Антагонистическая активность ризосферных культур стрептомицетов

Штамм	Зоны ингибирования роста тест-культур, мм			
	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. culmorum</i>	<i>B. sorokiniana</i>	<i>F. avenaceum</i>
К-1	20	15	0	20
К-5	18	18	0	0
К-6	0	18	0	16
К-7	20	0	0	0
К-9	20	0	0	0
К-10	20	12	0	0
К-12	18	0	0	0
К-13	20	0	0	0
К-14	32	0	0	18
Т-2-1	18	0	0	0
Т-2-2	0	18	0	0
Т-2-5	0	18	0	0
Т-2-7	0	20	0	0
Т-2-8	0	20	0	18
Т-2-10	0	18	0	0
Т-2-11	25	20	0	30
Т-2-15	0	15	0	0
Т-2-18	0	18	0	0
Т-2-19	0	20	0	0
Т-2-20	0	20	25	18
Т-2-21	0	20	0	14
Т-2-22	20	0	18	22
Т-2-23	18	0	0	0
Т-2-25	23	0	20	0

Как наиболее активный антагонист был выделен штамм *Streptomyces* sp. Т-2-20, который подавлял развитие таких грибов как *B. sorokiniana*, *F. oxysporum*, *F. culmorum*, формируя зоны ингибирования роста от 18 до 25 мм в диаметре. Для дальнейших испытаний антифунгального действия штамм *Streptomyces* sp. Т-2-20, а также изолят из почвы *S. wedmorensis* 38.11 были переданы в лабораторию иммунитета и защиты растений ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», где были протестированы в полевых условиях в отношении возбудителя спорыньи (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Для этого несколькими препаратами и двумя штаммами стрептомицетов в октябре 2015 года обрабатывали склероции и помещали их в небольшие вазоны с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой на глубину 4 см (табл. 2). Вазоны выносили на фитопатологический участок, вкапывали по его верхнему краю в почву и ос-

тавляли до июня 2016 года. Далее склероции вынимали из почвы, осторожно промывали и анализировали.

Исследования показали, что склероции, не обработанные препаратами, сохранили высокую жизнеспособность и все проросли (табл. 2). Химические фунгициды Турион и Бункер полностью подавляли образование стром гриба. Биопрепараты Алирин Б и Гамаир, созданные на основе разных штаммов бактерии *Bacillus subtilis*, проявили выраженное избирательное антифунгальное действие. Препарат Алирин Б достоверно снижал прорастание обработанных склероций, а состояние признака под действием препарата Гамаир изменялось незначительно. Кроме того, под действием биопрепарата Алирин Б на анализируемых склероциях сформировалось не более 1-2 стром с плодовыми телами, а после препарата Гамаир – до 5 стром, что повышает потенциальную инфекционную нагрузку в агрофитоценозах.

Таблица 2

**Эффективность препаратов по отношению к склероциям гриба
S. purpurea (2016 г.)**

Препарат	Действующее вещество	Прорастание, %	Анализ склероций	
			количество стром на анализ. склероциях	масса 10 склероций со стромами, г.
Контроль – без обработки	–	100	4-18	2,90
Турион, КЭ – эталон	имаза-лил+прохлораз+ритико назол	0	0	0
Бункер, ВСК	тебуконазол	0	0	0
Алирин Б, ТАБ	<i>Bacillus subtilis</i> , шт. В-10	12,5*	1-2	0,91
Гамаир, ТАБ	<i>Bacillus subtilis</i> , шт. М-22	87,5	1-5	1,47
<i>Streptomyces</i> sp. Т-2-20	–	50,0*	1-6	1,19
<i>S. wedmorensis</i> 38.11	–	87,5	1-12	2,46

* – достоверно к контролю при $P \geq 0,95$.

Аналогичная тенденция по отношению к склероциальной стадии гриба *S. purpurea* выявлена и у культур стрептомицетов. Существенное снижение жизнеспособности склероций (на 50%) обнаружены после инокуляции их ризосферным штаммом *Streptomyces* sp. Т-2-20. Количество проросших склероций было значительно меньше, чем в варианте с инокуляцией изолятом *S. wedmorensis* 38.11, выделенным из почвы. Кроме того, несмотря на гибель отдельных склероций под действием штамма 38.11, высокая инфекционная нагрузка аскоспор может быть компенсирована за счёт формирования большего количества стром с плодовыми телами на других жизнеспособных скле-

роциях. В связи с этим изучение биоконтрольного действия стрептомицетов должно быть продолжено в полевых условиях.

Полученные результаты представляют интерес для биотехнологии получения биопрепаратов защиты растений от фитопатогенов с целью повышения их конкурентоспособности с химическими пестицидами.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Егоров Н. С. Основы учения об антибиотиках. М.: Высшая школа, 1979. 485 с.

Новикова И. И. Биологическое обоснование создания и применения полифункциональных биопрепаратов на основе микробов-антагонистов для фитосанитарной оптимизации агроэкосистем. Дис. ... д-ра б.н. СПб: ВИЗР, 2005.

Тенденции изменения комплексов видового разнообразия, внутривидовых структур и динамики вредных организмов / Сост. В. А. Захаренко. М.: Россельхозакадемия, 2003. 76 с.

Чулкина В. А., Торопова Е. Ю., Павлова О. И., Воробьева И. Г., Ховалыг Н. А. Современные экологические основы интегрированной защиты растений // Защита и карантин растений. 2008. № 9. С. 18–21.

Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М. Методические аспекты селекции озимой ржи на устойчивость к спорынье // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве. Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. С. 271–275.

Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance // Biotechnol. Lett. 2010. V. 32. № 11. P. 1559–1570.

АНАЛИЗ МИКРОМИЦЕТОВ ДЖУМГАЛЬСКОГО РАЙОНА

А. М. Бексултанова

*Биолого-почвенный институт Национальной академии наук КР,
ayzada.beksultanova.82@mail.ru*

Джумгалский район расположен во Внутреннем Тянь-Шане. В основном высокогорный район ограничен хребтами: на севере – Джумгалским, юге – Кабак-тоо, востоке – Сонкел-Тоо, западе – Суусамырским. Абсолютная высота 1500–2600 м. Климат резко континентальный: средняя температура январь –16 °С, июля – от 15 – до 20 °С.

Нами было проведено микологическое обследование Джумгалского района в 2011–2016 гг. До настоящего времени микологи не посещали Джумгалскую долину. Поэтому наши исследования – новые для Кыргызстана. В результате было обнаружено 189 вида из 57 родов, 20 семейств, 11 порядков и 4 классов (табл.)

Таксономический анализ микромицетов Джумгальского района

Класс	Порядок	Количество микромицетов		
		Семейство	Род	Вид
Phycomycetes	Peronosporales	2	2	3
Ascomycetes	Erysiphales	3	5	16
	Pleosporales	1	3	7
	Dothideales	2	2	5
	Phacidiales	1	1	1
	Pezizales	1	1	3
Basidiomycetes	Ustilaginales	1	1	1
	Uredinales	2	8	62
Fungi imperfecti	Hyphales	2	12	35
	Melanconiales	1	4	12
	Sphaerioidalescea	4	14	44
Всего	11	20	57	189

Согласно данным таблицы, класс Phycomycetes представлен одним порядком Peronosporales с 2 семействами, каждый по 1 виду: *Peronospora chenopodii* и *Cystopus candidus*. Они обнаружены главным образом в поймах рек или арыков, на сазах. Основными факторами, влияющими на распространение и развитие пероноспоровых грибов, являются температура и влажность. Суровые климатические условия района приводят к тому, что представители этой группы грибов немногочисленны и развиваются слабо в течение короткого периода.

Из класса сумчатых грибов (Ascomycetes) зарегистрированы представители 5 порядков. В порядке Erysiphales (мучнисто-росяные) отмечены 3 семейства: Erysiphaceae, Leveillulaceae, Blumeriaceae. Из первого семейства найдены 5 видов из рода Erysiphe: *E. aquilegiae*, *E. polygoni*, *E. cichoracearum*, *E. trifolii*, *E. horridula*. Эти виды на изученной территории имеют большое практическое значение: *E. polygoni* сильно поражают виды родов *Polygonum* и *Rumex*, *E. trifolii* – *Trifolium pretense* и *T. repens*. Из второго рода *Golovinomyces* обнаружены 8 видов: *G. artemisiae*, *G. biocellatus*, *G. cynoglossi*, *G. galii*, *G. hyoscyami*, *G. depressus*, *G. sordidus*, *G. cicharacerum*. Семейство Leveillulaceae представлено 2 видами: *Leveillulataurica*, *Phyllactinia suffulta* и Blumeriaceae одним – *Blumeriagraminis*. Порядок Pleosporales представлен семейством Pleosporaceae с 7 видами из 3 родов. *Pleospora* и *Leptosphaeria* имеют по 3 вида: *P. herbarum*, *P. tomentosa*, *P. coluteae*, *L. coniothyricum*, *L. vagans*, *L. macrospora* и *Melanomma* – одним: *Melanomma artemisiaemaritimae*. Из порядка Dothideales зарегистрировано семейство Mucosphaerellaceae с 4 видами из рода *Mucosphaerella*: *M. allicina*, *M. morphaea*, *M. columbariae*, *M. galatea*. Из семейства Lophiostomataceae обнаружен один вид. *Lophiotrem acrenatum*. Из дискомицетов выявлены представители 2 порядков: Phacidialesc одним видом *Rhytisma lonicerae* и Pezizales – 2: *Pseudopeziza trifolii* и *P. medica* из семейства Mollisiaceae.

Наиболее богатым по числу собранных видов является класс Basidiomycetes. Этот класс представляют 2 порядка Ustilaginales и Uredinales. Из головневых грибов известен один вид: *Ustilago striiformis* на *Trisetum*. Ржавчинных грибов зарегистрировано наибольшее количество видов – 63.

Из семейства Melampsoraceae выявлено 5 видов из 3 родов. Роды *Melampsidium* и *Chrysomyxa* представлены по одному виду: *C. deformans* и *M. betulae*, род *Melampsora* – 3: *M. euphorbiae*, *M. calicina*, *M. amygdalinae*.

Во втором семействе Puccinaceae выявлено 57 видов из 6 родов. *Uromyces* представлен 11 видами. Все они патогенны на ценных лекарственных, кормовых растениях: солодке, геране, клевере, эспарцете и гречишнике и других: *U. nerviphilus*, *U. pisi*, *U. punctatus*, *U. onthyllidis*, *U. minor*, *U. glycyrrhizae*, *U. geranii*, *U. trifolii*, *U. onobrychidis*, *U. polygoni*, *U. hedysari obscure*. Роды *Trachyspora* и *Gymnosporangium* представлены по одному виду: *T. alchimillae*, *G. clavariaeforme*. Самым богатым видами является род *Puccinia* – 40, которые паразитирует на многих видах семейства сложноцветных и злаковых и других: *P. absinthii*, *P. alternans*, *P. artemisiicola*, *P. agropyri*, *P. acroptili*, *P. echinopis*, *P. resecta*, *P. thueменiana*, *P. tragopogi*, *P. bromine*, *P. bardanae*, *P. carduorum*, *P. caricis*, *P. graminis*, *P. gentianae*, *P. dracunculina*, *P. ziziphorae*, *P. epilobii*, *P. eremuri*, *P. lactucina*, *P. longirostris*, *P. leveillei*, *P. umbilici*, *P. menthae*, *P. centaurea*, *P. suaveolens*, *P. phragmitis*, *P. polygoni*, *P. phlomidis*, *P. taraxaci*, *P. cinae*, *P. cirsii*, *P. iaceae*, *P. tuberculatum*, *P. vagans*, *P. festucae*, *P. hieracii*, *P. hololeii*, *P. rubefaciens*, *P. stipina*. Из рода *Phragmidium* известны 3 вида: *P. potentillae*, *P. papillatum*, *P. tuberculatum*. Род *Aecidium* представлен 1 видом: *A. euphorbiae*. Из класса дейтеро мицеты (Deuteromycetes) обнаружены представители 3 порядков: Нурфалес, Melanconiales и Sphaeropsidales. Подавляющее число видов принадлежит гифальным грибом (порядок Нурфалес), который представлен 2 семействами: Moniliaceae, Dematiaceae, В первом семействе отмечены представители 6 родов. По одному виду выявлены из родов *Aspergillus*, *Ovularia* и *Fusoma*: *A. flavus*, *O. schroeteri*, *F. telimenellae*, по 2 вида из рода *Cercospora*: *C. libanotidis*, *C. archangelicae*. Род *Cercospora* отмечен с 3 видами: *C. depressa*, *C. meliloti*, *C. thalictrina*. Род *Ramularia* из гифальных грибов самый крупный – 15 видов: *R. absinthii*, *R. archangelicae*, *R. polygalae*, *R. myosotidis*, *R. brunnea*, *R. erigerontis*, *R. taraxaci*, *R. thalictri*, *R. taraxaci*, *R. medicaginis*, *R. centaureae*, *R. arvensis*, *R. barbareae*, *R. cynoglossi*, *R. hedysari*, *Ramularia sp.*, широко распространенные в изучаемом районе. Из семейства Dematiaceae известны 13 видов из 6 родов. Из них 6 видов из рода *Gladospodium*: *G. aecidiicola*, *G. epiphyllum*, *G. fasciculare*, *G. carpophilum*, *G. subcompactum*, *G. herbarum*. Роды *Fusicladium*, *Polythrincium*, *Spilocaea* и *Heterosporium* отмечены по одному виду: *F. hippophaes*, *P. trifolii*, *S. pomi*, *H. gracile* соответственно. Из рода *Macrosporium* известно 2 вида: *M. brassicae*, *M. clematidis*.

Порядок Melanconiales представлен одним семейством Melanconiaceae 23 видами из 7 родов. Из родов *Entomosporium* обнаружено 3 вида: *E. mespili*,

E. maculatum, *E. thumenii*, из рода *Cylindrosporium* – 6: *C. libanotidis*, *C. dictamni*, *C. actragali*, *C. fragariae*, *C. rosae* из рода *Marssonina* – 2: *M. lonicerae*, *M. polygoni*, из рода *Pestolozzina* – 1: *P. soraueriana*. Из сферопсидных грибов (порядок Sphaeropsidales) известно 3 семейства: Sphaeropscidaceae, Excipulaceae и Leptostromataceae. Более многочисленны. Виды семейства Sphaeropscidaceae – 38 из 11 родов. Из рода *Phyllosticta* отмечено 7 видов: *P. argentinae*, *P. asteris*, *P. hedydari*, *P. campanulina*, *P. crastophila*, *P. eremuri*, *P. ferruginea*. Род *Phoma* представлен 2 видами: *P. artemisiae*, *P. vitalbae*. Из родов *Macrophoma*, *Selenophoma*, *Placosphaeria*, *Diplodiella*, *Phaeoseptoria*, *Rhabdospora* зарегистрировано по одному виду: *M. megasperma*, *S. artemisiae*, *P. galii*, *D. silenes*, *P. elymi*, *R. sceptri*.

Самые многочисленные представители рода *Septoria* – 13 видов: *S. berberidis*, *S. graminum*, *S. convolvuli*, *S. lepidiicola*, *S. ligulariae*, *S. dschungarica*, *S. delphinella*, *S. salviae-pratensis*, *S. seseli*, *S. didyma*, *S. alliorum*, *S. phlomidis*, *S. epilobii*.

Из семейства Excipulaceae выявлен один вид *Heteropatella lacera*. Из семейства Leptostromataceae зарегистрировано 2 вида: *Melasmia berberidis* и *M. lonicerae*. Myceliasterilia представляют 3 вида из рода *Sclerotium*; *S. durum*, *S. glavus*, *S. semen*.

Таким образом, в Джумгальском районе первые зарегистрировано 189 видов. Многие из них являются паразитами своих растений – хозяев.

Литература

Гамалицкая Н. А. Микромицеты юго-западной части центрального Тянь-Шаня. Фрунзе, 1964. 174 с.

Бексултанова А. М. Видовой состав микромицетов Джумгальской долины // Современные проблемы геохимической экологии и сохранения биоразнообразия. Бишкек, 2013. С. 208.

ПАРАЗИТНЫЕ МИКРОМИЦЕТЫ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ КЫРГЫЗСТАНА

Э. Ш. Касымбекова¹, С. Н. Мосолова²

¹ КГМА им. И. К. Ахунбаева, Kasymbekova_elza@mail.ru

² Биолого-почвенный институт НАН КР, fungimos@mail.ru

Еще в древности люди широко использовали растения для лечения болезней и на протяжении всего времени существования человек приобретал опыт применения лекарственных растений. Траволечение остается актуальным и в настоящее время, потому что лечение лекарственными травами оказывает мягкое воздействие на организм человека с гораздо меньшим количеством побочных эффектов или вообще их отсутствием. Лекарственные растения лечат многие болезни, но нужно уметь их применять. Для достижения максимального терапевтического эффекта нужно соблюдать место и время сбора лекарственных растений, правильно сушить и хранить. При поражении

этих растений различными патогенами, желаемый эффект значительно ослабевает или устраняется. Паразитные грибы вызывают угнетение растений, нарушают обмен веществ, дыхание, фотосинтез, ферментативную деятельность и в результате уменьшается их биологическая активность.

В задачу наших исследований входило выявить на основании наших исследований и литературных данных (Бавланкулова, Касымбекова, 2002) видовой состав паразитных грибов древесных и кустарниковых лекарственных растений Кыргызстана и наиболее вредоносные из них. Ниже приводится перечень основных возбудителей болезней по отдельным породам.

Болезни ели (*Picea schrenkiana*). Курчавость побегов ели (*Chrysomixa deformans* (Diet.) Jacz.) повреждает выходящий из почки побег. На хвоинках образуются оранжево-желтые спорокучки гриба. Шютте ели (*Lophodermium macrosporium* (Hart.) Rehm.). Гриб вызывает пожелтение и засыхание хвои. Поражается однолетняя хвоя на нижних ветвях молодых елей, покрытых снегом в зимний период, которая постепенно бурееет и засыхает, но долго не опадает. Приводит к ослаблению и гибели растений, препятствует естественному возобновлению ели. Ржавчина шишек вызывается 2 возбудителями: 1. *Chrysomyxa pyrolae* (DC.) Rostr. Оранжевые эции развиваются на чешуйках шишек. II и III стадии гриба проходят на листьях грушанки круглолистной *Pyrola rotundifolia*. 2. *Thekopsora areolata* (Fr.) Magn. (*T. padi* (Kze. et Schm.) Kleb.). Эции гриба также образуются на кроющих чешуйках. II и III стадии развиваются на листьях черемухи *Padus racemosa* в виде округлых пятен фиолетового цвета.

Можжевельник (*Juniperus semiglobosa*, *J. turkestanicum*) поражается ржавчиной *Gymnosporangium juniperi* Link и *G. turkestanicum* Tranz., которые вызывают веретенovidные утолщения или шаровидные галлы старых веток или отмечены на молодых веточках.

Орех грецкий (*Juglans regia*). Бурую пятнистость листьев вызывает *Marssonina juglandis* (Lib.) Magn. На листьях и плодах образуются бурые, сливающиеся пятна, вызывающие преждевременное опадение. В годы с обильными осадками гриб приводит к большим потерям урожая. В условиях густых зарослей развивается *Microstoma juglandis* (Bereng.) Sacc., а во влажные годы изредка *Microsphaera juglandis* (Jacz.) Golov. Молодые деревья ореха грецкого в суровые зимы нередко подмерзают и на них развивается комплекс грибов-сапротрофов из родов *Cytospora*, *Tubercularia*, *Diplodia* и др.

Ива (*Salix sp.*). В пойменных лесах все виды ивы ежегодно, особенно в 2016 г., сильно поражены ржавчиной *Melampsora salicina* Lev., вызывающей раннее опадение листьев. Такое массовое поражение ивы возможно объясняется дождливой погодой этого года. На многих видах зарегистрированы пятнистости листьев, вызываемые *Marssonina nigricans* (Ell. et Ev.) Magn., *Septoria didyma* Fckl., *S. salicicola* (Fr.) Sacc. Черную пятнистость листьев вызывает *Melasmia salicina* Lev.

Тополь. Ежегодно на листьях тополя белого (*Populus alba*) массово, особенно во влажные годы, развивается *Marssonina populi* (Lib.) Magn., на ли-

стях тополя пирамидального (*P. pyramydalis*) – *Septoria populi* Desm. и мучнистая роса *Phyllactinia suffulta* Sacc. f. *populi* Jacz. На корневой поросли т. черного (*P. nigra*) часто встречается парша *Fusicladium romellianum* Oudrej и мучнистая роса *Uncinula salicis* West. f. *populorum* Rab. На корневой поросли тополя белого развивается ржавчина *Melampsora tremulae* Tul. Тополь достаточно влаголюбивая порода деревьев, а так как часто не хватает воды, они суховершинят, пораженные комплексом сапротрофных грибов.

Береза (*Betula pubescens*). Ржавчину березы вызывает *Melampsorium betulae* (Schum.) Arth., который в Кыргызстане развивается только в конидиальной стадии, минуя урединии и телии из-за отсутствия ее второго хозяина листовенницы. Отмечена мучнистая роса *Microsphaera betulae* Magn. Усыхание скелетных ветвей и отдельных деревьев березы вызывает комплекс сапротрофных грибов.

Дуб (*Quercus robur*). Мучнистая роса (*Microsphaera alphytoides* Griff. et Maubl.) сильно поражает сеянцы, самосев и молодые деревца дуба черешчатого. Гриб сначала развивается на семенной поросли и нижних листьях, постепенно охватывая все дерево, особенно уязвимы вторичные побеги. В последние годы, в связи с сильным поражением дуба пилильщиком, вызывающим раннее опадением листьев, во второй половине лета начинается образование новых листьев, которые снова поражаются мучнистой росой. В 2016 г. отмечено массовое поражение всех дубов. Усыхание скелетных веток вызывает гриб *Diatrypella pulvinata* Nits.

Барбарис. Все виды барбариса по всему Кыргызстану поражаются комплексом грибов: 3 видами ржавчины *Puccinia graminis* Pers., *P. rugmaea* Erikss. и *P. arrhenatheri* (Kleb.) Erikss. Последний вид вызывает диффузное поражение. Пятнистости листьев образуют *Septoria berberidis* Niessl. и *Melasmia berberidis* Thuem. et Wint.

Смородина. На красной смородине (*Ribes vulgare*) и крыжовнике (*Grossularia reclinata*) в массе развивается американская мучнистая роса *Sphaerotheca mors uvae* (Schwein) Berk. et Curtis. На листьях, ягодах и молодых побегах развивается белый мучнистый налет, который со временем становится войлочным и темнеет. Заболевшие ягоды засыхают и опадают. Листья скручиваются и засыхают, верхушки побегов искривляются и отмирают. На дикорастущих видах черной смородины (*Ribes sp.*) отмечены ржавчинные грибы: *Puccinia ribis* DC. и *Melampsora ribesii-epitea* Kleb. Пятнистости листьев вызывают *Gloeosporium ribis* (Lib.) Mont. et Desm. и *Septoria ribis* Desm.

Рябина. На *Sorbus tianschanica* Rupr. широко распространена ржавчина *Gymnosporangium turkestanicum* Tranz., но поражение не сильное. Пятнистости листьев вызывают *Septoria sorbi* Lasch. ex Wint. и *Entomosporium maculatum* Lev. Последний вид вызвал во влажном 2016 г. сильное поражение листьев отдельных деревьев.

Боярышник. (*Crataegus songorica*) поражается ржавчиной *Gymnosporangium confusum* Plowr. и мучнистой росой *Phyllactinia suffulta* Sacc. f. *oxyacanthae* Roum.

Малина. На дикорастущей малине (*Rubus idaeus*) зарегистрирована *Coleroa chaetomium* (Kunze ex Fr.) Rab. и *Phyllosticta ruborum* Sacc., на культурной малине анаморфная стадия мучнистой росы *Sphaerotheca macularis* Magn. f. *rubi* Rehm.

Ежевика. На ежевике сизой (*Ribes caesius*) зарегистрированы 2 паразитных гриба: ржавчина *Phragmidium bulbosum* (Strauss) Schlecht. и *Septoria rubi* West. Ежевика гибридная долгие годы была устойчивой к ржавчине, но в последние годы, особенно во влажном 2016 г., стала сильно поражаться этим грибом.

Роза (*Rosa* sp.). На всех видах дикорастущих роз по всему Кыргызстану широко распространена ржавчина *Phragmidium tuberculatum* J. Mull. и черная пятнистость листьев *Marssonina rosae* (Lib.) Diet. Диффузное поражение роз вызывают *P. devastatrix* Sorok. и *P. kamtschatkae* (Aders.) Arth. et Cumm. Культурные розы (*Rosa* sp. cult.) ежегодно к осени сильно поражаются мучнистой росой *Sphaerotheca pannosa* (Wallr.) Lev. var. *rosae* Woron. На молодых побегах и бутонах розы во второй половине лета появляется белый паутинистый, позднее мучнистый налет, но гриб развивается только в конидиальной стадии. Только на стеблях и бутонах *Rosa canina* образуются клейстотеции.

Яблони (*Malus domestica*) ежегодно в большей или меньшей степени в зависимости от влажности поражаются паршой (*Spilocaea pomi* Fr. ex Fr.). Паршой поражаются листья и плоды. Пораженные листья преждевременно опадают, плоды деформируются. Во второй половине лета в садах широко распространена плодовая гниль (*Monillia fructigena* Pers. ex Fr.). На поверхности плода образуются концентрические круги желтовато-белых подушечек конидиального спороношения гриба. Широкое распространение получил некроз коры яблони, вызываемый *Cytospora schulzeri* Sacc. et Syd. Хотя этот гриб обычно развивается на мертвом субстрате, но бывает агрессивным к вегетирующим деревьям и заселяет зону вокруг механических повреждений или вызванных неблагоприятными условиями. В старых садах яблони страдают от поражения коры ствола и скелетных ветвей черным раком (*Sphaeropsis malorum* Berk).

Косточковые. В последние годы во всем Кыргызстане получила широкое распространение дырчатая пятнистость косточковых или клястероспориоз (*Stigmia carpophila* (Lev.) M. Ellis.). Гриб поражает листья, побеги и плоды. На листьях образуются округлые красноватые пятна, которые выпадают и листья становятся продырявленными. На плодах абрикоса и персика образуются бородавкообразные вздутия коричневого цвета. У плодов вишни и черешни мякоть в местах поражения перестает расти и засыхает до косточки. Плоды становятся однобокими. Серая плодовая гниль или монилиальный ожог косточковых (*Monilia cinerea* Bon.) весной вызывает характерное увядание цветков и концов ветвей. Подсохшие части растения долго висят на дереве. В г. Бишкек с 2010 г. зарегистрирован очаг вертициллезного увядания абрикоса. Возбудитель – *Verticillium dahlia* Kleb. Усыхание деревьев происходит в двух

формах: чаще усыхают отдельные ветки, но был случай, когда дерево погибло в течение недели, а засохшие свернувшиеся листья висели долго.

Персик (*Persica vulgaris*) помимо дырчатой пятнистости ежегодно поражается еще 2 видами грибов. Мучнистая роса (*Sphaerotheca pannosa* (Wallr.) Lev. var. *persicae* Woron.) развивается на молодых побегах и листьях. Массовое развитие болезни происходит в годы с затяжной сырой весной. Курчавость листьев (*Taphrina deformans* (Berk.) Tul.). Вышедшие из почек листья уже имеют красновато-розовую окраску и неровную волнистую поверхность. Позже такие листья буреют и опадают.

Крушина слабительная (*Rhamnus cathartica*) поражается 2 видами грибов: ржавчиной *Puccinia coronifera* Kleb. и пятнистостью листьев, вызываемой *Phyllosticta rhamnicola* Desm.

Виноград (*Vitis vinifera*). На винограде зарегистрированы 4 вида возбудителей болезней. Мучнистая роса (*Uncinula necator* Burg.) ежегодно, особенно сильно во влажные годы поражает побеги, листья, ягоды. Также отмечены милдью или ложная мучнистая роса (*Plasmopara viticola* Berl. ex de T.), антракноз (*Gloeosporium ampelophagum* Sacc.) на побегах и серая гниль на ягодах (*Botrytis cinerea* Fr.)

Облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides*). Многие растения облепихи, растущие у воды к осени сильно поражаются мучнистой росой *Phyllactinia suffulta* f. *hippophae* Jacz., меньше паршой *Fusicladium hippophaes* Vassjag. На Иссык-Куле распространен *Phellinus hippophaecola* Jahn, вызывающий белую гниль крупных старовозрастных деревьев.

Таким образом, некоторые лекарственные растения подвержены целым комплексом грибов, другие – более устойчивы к патогенам. Поэтому при сборе лекарственных растений важно собирать здоровые растения, не пораженные различными грибами.

Литература

- Алтымышев А. А. Природные целебные средства. Фрунзе: Кыргызстан. 1985. 336 с.
Бавланкулова К. Д., Касымбекова Э. Ш. Грибы-паразиты лекарственных растений Кыргызстана // Вестник КНАУ. Бишкек. 2012. С. 105–107.
Задорожный А. М., Кошкин А. Г., Соколов С. Я. и др. Справочник по лекарственным растениям. М.: Лесная промышленность. 1988. 415 с.

МИКРОМИЦЕТЫ НА КОРМОВЫХ РАСТЕНИЯХ АТ-БАШИНСКОЙ ДОЛИНЫ И СЕВЕРНОГО СКЛОНА АТ-БАШИНСКОГО ХРЕБТА

А. М. Мамбетказиева

Биолого-почвенный институт НАН КР, asel.mambetkazieva.85@mail.ru

В 1958–1960 гг. Наталья Антоновна Гамалицкая при изучении микромицетов юго-западной части Центрального Тянь-Шаня посетила Ат-Башинскую долину. В 2011–2015 гг. нами было проведено микологическое

обследование Ат-Башинской долины. В результате было выявлено 207 видов микромицетов, из них 136 видов на кормовых растениях. Все выше перечисленные микромицеты зарегистрированы на 60 видах из 40 родов, 13 семейств высших растений (табл.).

Таблица

Распределение микромицетов Ат-Башинской долины и северного склона Ат-Башинского хребта по семействам на кормовых питающих растений

Высшие растения			Микромицеты	
Семейство	Род	Вид	Паразиты	Сапротрофы
1	2	3	4	5
<i>Poaceae</i>	<i>Agropyron</i>	<i>A. repens</i> <i>A. tianschanicum</i> <i>A. alatavicum</i>	<i>Erysiphe graminis</i> <i>Puccinia agropyrina</i> <i>Placosphaeria graminis</i>	<i>Cladosporium graminium</i> <i>Leptosphaeria graminis</i> <i>Stagonospora graminella</i>
	<i>Agrostis</i>	<i>A. transcaspica</i> <i>A. stolonifera</i>	<i>Urocystis agrostidis</i> <i>Puccinia coronate</i> <i>Septogloeum oxysporum</i>	
	<i>Avena</i>	<i>A. septentrionalis</i>	<i>Septoria avenae</i>	<i>Hendersonia crastophila</i>
	<i>Phleum</i>	<i>P. phleoides</i>	<i>Septoria phleina</i>	
	<i>Alopecurus</i>	<i>A. pratensis</i>	<i>Pestalozzina soraueriana</i>	
	<i>Calamagrostis</i>	<i>C. tianschanica</i>	<i>Septogloeum oxysporum</i>	<i>Sphaerulina sp.</i> <i>Cladosporium graminim</i>
	<i>Dactylis</i>	<i>D. glomerata</i>	<i>Erysiphe graminis</i> <i>Uromyces dactylidis</i>	<i>Cladosporium sp.</i> <i>Selenophoma oxyspora</i> <i>Diplodia herbarum</i>
	<i>Poa</i>	<i>P. alpina</i> <i>P. pratensis</i>	<i>Erysiphe graminis</i> <i>Septogloeum oxysporum</i> <i>Uromyces poae</i>	<i>Leptosphaeria graminis</i> <i>Selenophoma nebulosa</i>
	<i>Bromus</i>	<i>B. inermis</i> <i>B. japonicus</i>	<i>Puccinia bromine</i> <i>Puccinia graminis</i> <i>Mastigosporium album</i>	
	<i>Festuca</i>	<i>F. arundinaceae</i> <i>F. tianschanica</i> <i>F. valesica</i>	<i>Puccinia festucae</i> <i>Septoria festucae</i>	<i>Selenophoma nebulosa</i>
	<i>Achnatherum</i>	<i>A. splendens</i>	<i>Puccinia lasiagrostis</i>	<i>Pleospora sp.</i>
	<i>Phragmites</i>	<i>P. australis</i>	<i>Puccinia phragmitis</i>	
	<i>Hordeum</i>	<i>H. brevisibulatum</i>	<i>Ustilago bullato</i> <i>Ustilago hordei</i>	
	<i>Deschampsia</i>	<i>D. caespitosa</i>	<i>Epichloë typhina</i>	
	<i>Trisetum</i>	<i>T. spicatum</i>	<i>Septoria graminium</i>	

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
<i>Cyperaceae</i>	<i>Kobresia</i>	<i>K. stenocarpa</i>		<i>Selenophoma sp.</i>
	<i>Carex</i>	<i>C. stenocarpa</i> <i>C. diluta</i>	<i>Ascochyta caricis</i>	<i>Leptosphaeria vagans</i> <i>Sphaerulina vulpine</i> <i>Pleospora valesiaca</i> <i>Vermicularia caricis</i>
<i>Liliaceae</i>	<i>Allium</i>	<i>A. hymenorrhizum</i>	<i>Septoria alliorum</i>	<i>Cladosporium fasciculare</i>
<i>Polygonaceae</i>	<i>Rheum</i>	<i>R. wittrockii</i>	<i>Phyllosticta rhei</i>	
	<i>Polygonum</i>	<i>P. songaricum</i> <i>P. aviculare</i>	<i>Peronospora polygoni</i> <i>Erysiphe communis</i> <i>Uromyces polygoni</i> <i>Puccinia monticola</i> <i>Puccinia polygoni-alpini</i> <i>Puccinia polygoni-vivipari</i> <i>Bostrichonema alpestre</i> <i>Marssonina polygoni</i> <i>Phyllosticta polygonorum</i>	<i>Cladosporium effusum</i>
<i>Chenopodiaceae</i>	<i>Chenopodium</i>	<i>C. album</i>	<i>Peronospora chenopodii</i>	
	<i>Krascheninikovia</i>	<i>K. ceratoides</i>		<i>Pleospora sp.</i>
<i>Rosaceae</i>	<i>Geum</i>	<i>G. rivale</i>	<i>Ramularia gei</i>	
<i>Leguminosae</i>	<i>Medicago</i>	<i>M. falcata</i> <i>M. sativa</i>	<i>Peronospora aestivales</i> <i>Erysiphe communis</i> <i>Pseudopeziza medicaginis</i> <i>Gloeosporium morianum</i> <i>Ascochyta imperfecta</i> <i>Sporonema phacidioides</i>	<i>Macrosporium meliloti</i>
	<i>Astragalus</i>	<i>A. tibetanus</i> <i>A. aksuensis</i>	<i>Peronospora astragalina</i> <i>Uromyces punctatus</i> <i>Puccinia sp.</i> <i>Cylindrosporium astragali</i> <i>Septoria serebrianikowii</i>	<i>Alternaria fasciculata</i> <i>Cladosporium sp.</i> <i>Macrosporium cladosporioides</i>
	<i>Trifolium</i>	<i>T. pratense</i> <i>T. repens</i>	<i>Erysiphe communis</i> <i>Uromyces nerviphilus</i> <i>Uromyces trifolii-repentis</i> <i>Ascochyta trifolii</i> <i>Polythrincium trifolii</i>	<i>Cladosporium pisi</i>

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
<i>Leguminosae</i>	<i>Hedysarum</i>	<i>H. neglectum</i> <i>H. kirghisorum</i> <i>H. semenovii</i>	<i>Ustilago</i> sp. <i>Uromyces hedysari-obscuri</i> <i>Aecidium</i> sp. <i>Ramularia hedysari</i> <i>Monodictys</i> sp. <i>Monochaetia</i> sp. <i>Gloeosporium</i> sp.	<i>Pleospora longispora</i> <i>Cladosporium pisi</i>
	<i>Onobrychis</i>	<i>O. arenaria</i>	<i>Uromyces onobrychidis</i> <i>Phyllosticta hedysari</i> <i>Placosphaeria onobrychidis</i> <i>Ascochyta onobrychidis</i> <i>Chaetomelasmia komarnitzkyi</i>	
	<i>Vicia</i>	<i>V. subvillosa</i>	<i>Peronospora viciae</i>	
<i>Geraniaceae</i>	<i>Geranium</i>	<i>G. regeli</i> <i>G. rectum</i> <i>G. pratense</i>	<i>Sphaerotheca fugax</i> <i>Cicinnobolus rosacearum</i> <i>Uromyces geranii</i> <i>Uromyces kabatianus</i> <i>Ramularia geranii</i> <i>Septoria geranii</i>	
<i>Umbelliferae</i>	<i>Aegopodium</i>	<i>A. kaschmiricum</i>	<i>Puccinia leioderma</i> <i>Phyllosticta aegopodii</i> <i>Septoria aegopodii</i>	<i>Cladosporium</i> sp.
	<i>Angelica</i>	<i>A. brevicaulis</i> <i>A. komarovii</i>	<i>Cercospora depressa</i> <i>Cercospora archangelicae</i>	<i>Cladosporium</i> sp.
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Convolvulus</i>	<i>C. arvensis</i>	<i>Septoria convolvulina</i>	
<i>Labiatae</i>	<i>Phlomis</i>	<i>P. pratensis</i>	<i>Erysiphe labiatarum</i> <i>Aecidium</i> sp. <i>Cladosporium aecidiicola</i>	<i>Macrosporium commune</i>
	<i>Phlomis</i>	<i>pratensis</i>	<i>Puccinia phlomidis</i>	
<i>Compositae</i>	<i>Leontopodium</i>	<i>L. ochroleucum</i>		<i>Pleospora</i> sp.
	<i>Artemisia</i>	<i>A. vulgaris</i> <i>A. dracunculus</i> <i>A. aschurbajewii</i> <i>A. santolinifolia</i>	<i>Peronospora sulfureae</i> <i>Erysiphe cichoracearum</i> <i>Puccinia absinthii</i> <i>Puccinia dracunculina</i> <i>Phyllosticta ferruginea</i> <i>Septoria artemisiae</i>	<i>Mycosphaerella minor</i> <i>Pleospora coronate</i> <i>Pleospora deceptiva</i> <i>Pleospora hookeri</i> <i>Pleospora rudis</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Coryneum artemisiae</i>

1	2	3	4	5
	<i>Taraxacum</i>	<i>T. pseudoalpinum</i>	<i>Puccinia kurdistani</i> <i>Puccinia taraxaci</i> <i>Ramularia taraxaci</i> <i>Vermicularia herbarum</i>	
	<i>Tragopogon</i>	<i>T. songoricus</i>	<i>Puccinia tragopogi</i>	
	<i>Crepis</i>	<i>C. sibirica</i>		<i>Macrosporium cirsii</i>
Всего: 12	40	60	96	40

Самые крупные семейства высших растений поражаются и большим количеством грибов. Больше всего грибов зарегистрировано на представителях семейства Rosaceae (39 видов), на втором месте по количеству отмеченных грибов стоит семейство Fabaceae (36), на третьем – семейство Compositae (20). Остальные семейства представлены: Umbelliferae – 7, Geraniaceae – 6, Сурегасеae – 5, Labiatae – 5 видами. На представителях семейств Liliaceae и Chenopodiaceae обнаружено по два вида грибов. На представителях семейства Rosaceae выявлен один вид.

Литература

Гамалицкая Н. А. Микромицеты юго-западной части Центрального Тянь-Шаня. Фрунзе: Изд. АН Кирг. ССР, 1964.

Мамбетказиева А. М. Видовой состав Ат-Баши-Каракоюнской долины // Современные проблемы геохимической экологии и сохранения биоразнообразия. Тезисы докладов III Междунар. конф., 70-летию БПИ НАН КР. Бишкек. 2013.

РЕАКЦИЯ ПОЧВЕННЫХ МИКРОФОТОТРОФОВ НА АЗОТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ

Л. В. Кондакова^{1,2}, *Е. В. Дабах*^{2,3}, *Т. И. Кутявина*¹

¹ Вятский государственный университет, *ecolab2@gmail.com*,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Почвенные водоросли и цианобактерии (ЦБ) широко используются в качестве индикаторов экологических условий естественных и антропогенно трансформированных почв. Под влиянием техногенной нагрузки в составе альгофлоры происходят изменения видового разнообразия, структуры альгогруппировок, состава доминирующих комплексов, соотношения жизненных форм, отражающих экологические характеристики видов (Штина и др., 1998).

Целью исследования являлось изучение реакции почвенных микрофототрофов на загрязнение почв азотом.

Исследования проводились на пойменном лугу в районе хвостохранилищ химических предприятий г. Кирово-Чепецка. Вследствие нарушения герметичности хранилищ загрязняющие вещества просачивались в подземные

воды и влияли на качество воды в пойменных озерах. Для утилизации загрязненных соединениями азота поверхностных вод было предложено использовать межгривные понижения как вариант биоплато, в котором, благодаря высокой поглотительной способности почв, донных отложений, а также наземно-водных растений, происходит снижение концентрации азота в растворах (Дабах и др., 2012). Вода из обогащенных соединениями азота слоев озера подавались на обводненную часть понижений, что приводило к временному повышению концентрации азота в воде, в почвах и в донных осадках. Однако уже через год концентрация иона аммония и нитрат-иона в воде и в почвах значительно снижалась. В летний период 2016 г. из пяти межгривных понижений пойменного луга в районе хвостохранилища мела из верхнего горизонта мощностью 20 см были отобраны смешанные образцы почв.

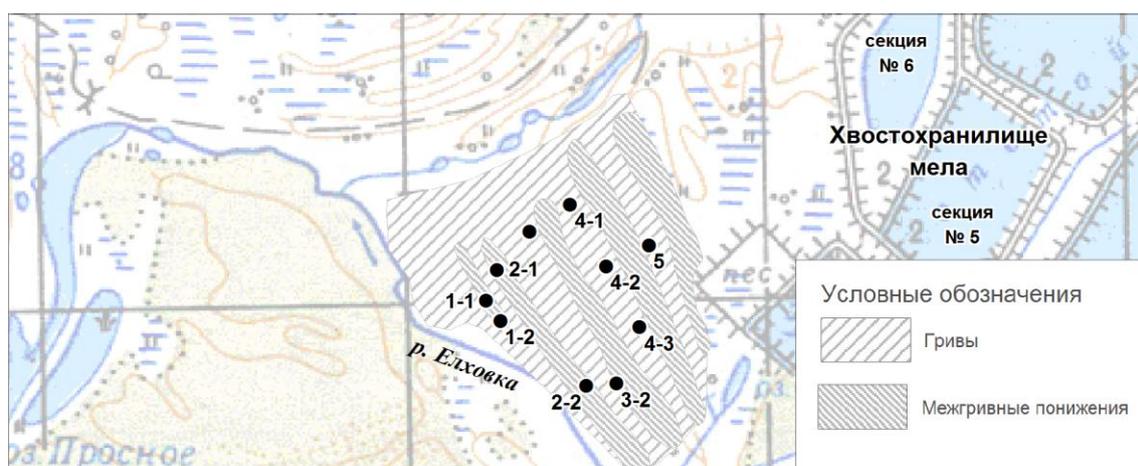


Рис. Участки отбора почвенных образцов в межгривных понижениях на пойменном лугу

На рисунке 1 представлены места отбора проб, в таблице 1 – сведения о времени полива (поступления азота в понижения), а также результаты определения в почвах нитрат-иона и иона аммония.

Таблица 1

Характеристика участков отбора образцов почв

Место отбора образцов	Дата полива	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻
1-1	Не поливалось	2,75	52,6 ± 3,9
1-2	Не поливалось	0,89	19,5 ± 1,5
2-1	Не поливалось	0,19	13,1 ± 1,0
2-2	Не поливалось	0,80	29,1 ± 2,2
3-1	Не поливалось	0,45	4,5 ± 0,9
3-2	Не поливалось	следы	3,9 ± 0,8
4-1	Полив в 2013 г.	4,61	85 ± 6
4-2	Полив в 2015 г.	3,81	22,0 ± 1,7
4-3	Полив в 2013 и в 2015 г.,	0,10	117 ± 9
5	Полив 2014 г.	1,51	86 ± 6

Наиболее высокое содержание минерального азота отмечалось в 4 понижении на участке, где подача воды осуществлялась на обводненную часть

длительное время в два срока. В результате такого воздействия в ноябре 2015 г. концентрация нитратного азота увеличилась до 530 мг/кг, а аммонийного – до 4,5 мг/кг. В 2016 г., согласно данным, представленным в таблице 1, содержание азота значительно снизилось. В 1, 2 и 3 понижениях содержание азота в почвах распределено неравномерно, что связано с рельефом, характером растительности, пестротой почв, а также длительностью затопления участка. Наиболее низкие концентрации минерального азота выявлены в 3 понижении, сходные значения характерны для образцов 1–2 и 2–2, которые расположены в непосредственной близости от р. Елховки и подвержены ежегодному затоплению. Максимальное содержание азота на условно «чистых» участках понижений отмечено в образце 1–1 и связано, по-видимому, с поверхностным стоком загрязненных вод с поливаемого повышенного участка луга, где также проводилась утилизация богатых азотом вод.

Изучение видового состава альгофлоры в почвах межгривных понижений проводили постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы.

В исследуемых образцах выявлено 33 вида почвенных водорослей и ЦБ, в т. ч. Cyanobacteria – 9 (27,3%), Chlorophyta – 10 (30,3%), Xanthophyta – 2 (6,1%), Bacillariophyta – 10 (30,3%), Euglenophyta – 2 (6,1%) (табл. 2).

Таблица 2

Количество видов микрофототрофов на участках мониторинга

Участок	Суанобактерия	Chlorophyta	Xanthophyta	Bacillariophyta	Euglenophyta	Всего на участке
1–1	1	2	1	5	0	9
1–2	5	1	0	5	0	11
2–1	1	2	1	4	0	8
2–2	1	4	1	5	0	11
3–1	2	1	0	4	0	7
3–2	3	2	0	4	1	10
4–1	1	4	1	4	1	11
4–2	1	3	1	3	0	8
4–3	0	2	0	0	0	2
5	3	3	0	5	0	11
Всего видов	9	10	2	10	2	33

Азотное загрязнение отразилось на таксономической структуре сообществ почвенных водорослей и цианобактерий. Выявлено невысокое видовое разнообразие микрофототрофов (табл. 2). Представители основных отделов альгофлоры отмечены на участках без полива – 1–1, 2–1, 2–2, и на поливаемых участках 4–1, 4–2, 5. Структура альгогруппировок нарушена на участке 4–3, в почве которого были выявлены только 2 вида зеленых водорослей (*Chlorococcum infusionum*, *Chlamydomonas gloeogama*).

Цианобактерии представлены безгетероцистными видами: *Leptolyngbia angustissima*, *L. foveolarum*, *L. frigida*, *L. fragilis*, *Pseudanabaena catenata*, *Plectonema boryanum*, *Phormidium corium*, *Oscillatoria animalis*. На всех участках отмечены представители зеленых водорослей, толерантных к азоту. Од-

ноклеточные желтозеленые водоросли, чувствительные к загрязнению, не выявлены. На пяти участках отмечена более устойчивая к техногенной нагрузке нитчатая желтозеленая водоросль – *Tribonema minus*. Высокая влажность почв в межгрядных понижениях способствовала интенсивному развитию диатомовых водорослей: *Nitzschia palea*, *Pinnularia viridis*, *Gyrosigma sp.* и др. На участках 3–2 и 4–1 развивались представители эвгленовых водорослей – индикаторов повышенной влажности и органического загрязнения *Euglena mutabilis*, *Phacus sp.*

Таким образом, видовое разнообразие альгофлоры отражает уровень содержания азота в почвах межгрядных понижений. На условно «чистых» участках 1–2 и 2–2, а также на участках, где полив производился только в течение одного сезона (4–1 и 5), структура альгогруппировок не нарушена. На участке 4–3, почвы которого характеризуются избыточным содержанием азота, водоросли не развивались в течение длительного периода, и только через полтора месяца были выявлены два вида зеленых водорослей.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Штина Э. А., Зенова Г. Н., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. 1998. № 12. С. 1449–1461.

Дабах Е. В., Кантор Г. Я., Кислицына А. П. Биологическая очистка поверхностных вод, загрязненных нитратом аммония // Вестник ИБ Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 3 С. 19–22.

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ДОЗ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА НА ПОЧВЕННЫЕ МИКРОФОТОТРОФЫ

Л. В. Кондакова^{1,2}, Е. В. Дабах^{1,2,3}, А. П. Кислицына³

¹ Вятский государственный университет, ecolab2@gmail.com,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия

Исследования проводились на пойменном лугу в долине р. Вятки в зоне влияния химических предприятий г. Кирово-Чепецка Кировской области. В течение ряда лет на опытном полигоне – участке луга – осуществлялись экспериментальные работы по утилизации богатой азотом воды из загрязненного соединениями азота пойменного озера (Кондакова, Дабах, 2014; Кондакова, Дабах, 2016). Вследствие неравномерного полива некоторые участки оказались загрязнены азотом. Но, благодаря природным механизмам, концентрация этого биогенного элемента в почвах быстро снижалась.

Целью исследования являлось изучение альгофлоры участка пойменного луга, почвы которого подвергались техногенной нагрузке – поступлению

чрезмерно высоких доз соединений азота. Пробы почв для составления смешанного образца отбирались в августе 2015 г. и в мае 2016 г. на участке пойменного луга, поливаемого водой из озера в 2011 и 2012 гг. в дозах, превышающих рекомендуемые, а также на контрольном участке – без полива. Изучение видового состава альгофлоры проводили постановкой чашечных культур со стеклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы.

Почвы на рассматриваемом участке луга – аллювиальные дерновые легкосуглинистые. Полив опытного полигона богатой азотом водой сопровождался резким увеличением концентрации минерального азота в почве и возрастанием кислотности (рис. 1, табл. 1). За два года концентрация аммонийного и нитратного азота снизилась, однако кислотность осталась на прежнем уровне.

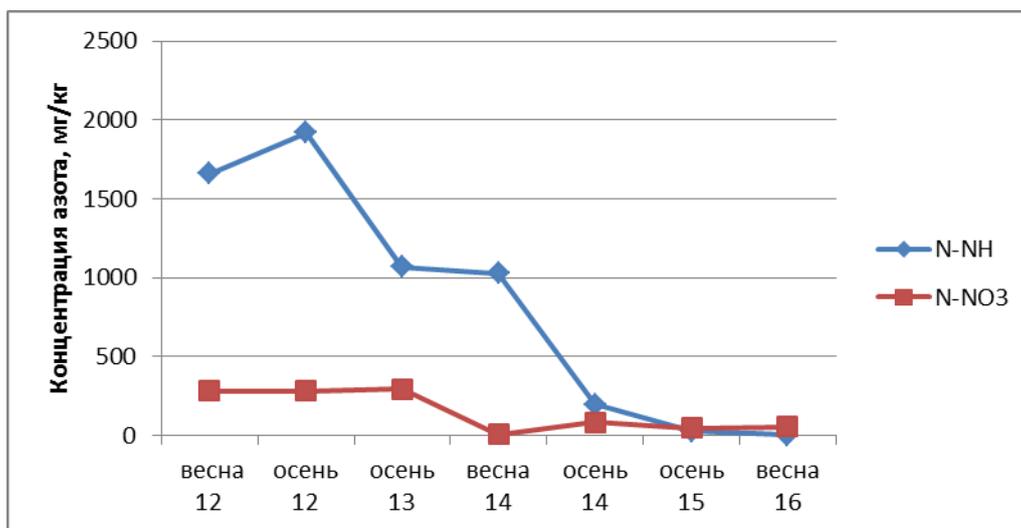


Рис. 1. Изменение во времени содержания минерального азота в почвах на участке мониторинга

Таблица 1

Содержание минеральных соединений азота в почвах пойменного луга, мг/кг

Место и время отбора проб		N-NH ₄	N-NO ₃	pH _{сол}
Экспериментальный участок (14)	Осень 2015г.	26,8±2,7	48,3±3,6	3,3±0,1
	Весна 2016 г.	5,05±0,8	55±4	3,3±0,1
Контрольный участок	Осень 2015 г.	14,4±1,4	2,5±0,5	4,8±0,1

Сравнение показателей состояния фототрофов проводилось в двух аспектах. Во-первых, сравнивали микрофлору участка, подвергшегося 3 года назад негативному воздействию (участок 14), и контрольного условно «чистого» участка; во-вторых, проследили, как изменился состав микрофлоры на экспериментальном участке после высокого паводка 2016 г.

Количество видов на контрольном участке в 2 раза выше по сравнению с экспериментальным (табл. 2, 3). Осенью 2015 г. при очевидном преобладании зеленых водорослей в обеих почвах на экспериментальном участке отмечен лишь один вид цианобактерий и не выявлены виды желтозеленых и

эустигматофитовых водорослей. Весной 2016 г. выявлено два вида цианобактерий, представители желтозеленых и эустигматофитовых водорослей также отсутствовали.

Таблица 2

Количество видов водорослей в почвах пойменных луговых биоценозов

Участки и время отбора проб	Цианобактерия	Chlorophyta	Xanthophyta+Eustigmatophyta	Bacillariophyta	Всего
14-2015	1	10	0	3	14
14-2016	2	7	0	5	14
Контроль 2015 г.	10	10	6	2	28

Таблица 3

Видовое разнообразие альгофлоры пойменного луга в районе г. Кирово-Чепецка

№ п/п	Название видов	14		14
		Осень 2015	контроль	
1	2	3	4	5
Cyanobacteria				
1	<i>Leptolyngbya angustissima</i> (W. et G.S. West) Anagn. Et Kom.		+	
2	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. Et Gom.) Anagn. Et Kom.		+	
3	<i>Leptolyngbya frigida</i> (Fritsch) Anagn. Et Kom.		+	
4	<i>Phormidium autumnale</i> (Ag.) Gom.		+	
5	<i>Phormidium boryanum</i> Kütz.	+	+	+
6	<i>Phormidium inundatum</i> Kütz.		+	+
7	<i>Phormidium formosum</i> (Bory ex Gom.) Anagn. Et Kom.		+	
8	<i>Phormidium henningsii</i> Lemm.		+	
9	<i>Phormidium jadinianum</i> Gom.		+	
10	<i>Phormidium molle</i> (Kütz.) Gom.		+	
Chlorophyta				
11	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	+	+	
12	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> f. <i>humicola</i> Hollerb.	+	+	+
13	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. In Pasch. Var. <i>gloeogama</i>	+	+	+
14	<i>Chlamydomonas minutissima</i> Korsch.		+	
15	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> Dang.		+	
16	<i>Chlorella minutissima</i> Fott et Novakova		+	
17	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. Var. <i>vulgaris</i> (<i>Ch. Pyrenoidosa</i> , <i>Ch. Vulgaris</i>)			+
18	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh. (<i>Ch. Hypnosporum</i> , <i>Ch. Humicola</i>)			+
19	<i>Cylindrocystis crassa</i> De Bary		+	
20	<i>Gloeocystis polydermatica</i>	+		+
21	<i>Gongrosira debaryana</i> Rabenh.	+		
22	<i>Klebsormidium dissectum</i> (Gay) Ettl et Gärtner	+	+	+
23	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	+		+
24	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kütz.), comb. Nova	+		
25	<i>Klebsormidium nitens</i> Lokhorst	+	+	

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
26	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott			+
27	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	+	+	
Xanthophyta+ Eustigmatophyta				
28	<i>Eustigmatos magnus</i> (J.B.Petersen) D.J.Hibberd		+	
29	<i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow		+	
30	<i>Pleurochloris pyrenoidosa</i> Pasch.		+	
31	<i>Pleurochloris anomala</i> Pasch.		+	
32	<i>Pleurochloris commutate</i> Pasch.		+	
33	<i>Xanthonema exile</i> (Klebs) Silva		+	
Bacillariophyta				
34	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+	+	+
35	<i>Pinnularia sp.</i>			+
36	<i>Navicula sp.</i>			+
37	<i>Luticola mutica</i> Kütz.	+		
38	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. In Cleve et Grun.	+	+	+
39	<i>Nitzschia palea</i>			+
	Итого	14	28	14

Видовое разнообразие микрофототрофов на экспериментальном участке осенью 2015 г. и весной 2016 г. стабильное, в обоих случаях отмечено 14 видов водорослей и ЦБ. По-прежнему в составе альгофлоры преобладали зеленые водоросли, увеличилось количество видов диатомовых водорослей.

Таким образом, видовое разнообразие альгофлоры экспериментального участка невысокое, представлено широко распространенными видами – убиквистами. Азотфиксирующие ЦБ не выявлены, представители рода *Phormidium* – безгетероцистных цианобактерий – при прямом микроскопировании свежей почвы не отмечены, однако развивались в культуре после месяца инкубирования. Представители видов желтозеленых водорослей отсутствовали. Следовательно, последствие стресса – воздействия чрезмерных концентраций азота на микрофототрофы на экспериментальном участке сохраняется в течение ряда лет, несмотря на то, что содержание азота в настоящее время снизилось до оптимального уровня.

Литература

Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Специфика поверхностных разрастаний микрофототрофов на почвах пойменных лугов в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса / Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Книга 1. Киров: Изд-во «Веси», 2014. С. 268–271.

Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Альгосинузии пойменных лугов в районе г. Кирово-Чепецка / Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Кн. 1. (г. Киров, 28–29 апреля 2016 г.) Киров: Изд-во «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 125–128.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ АЛЬГОФЛОРЫ ДЕНДРОЛОГИЧЕСКОГО ПАРКА ЛЕСОВОДОВ г. КИРОВА

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

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

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН*

Рекреационные зоны играют важную экологическую роль в жизни городов, являются местом ежедневного отдыха горожан. Антропогенная нагрузка, постоянно увеличивающаяся с ростом отдыхающих, вносит существенные изменения в парковые экосистемы. Основным фактором воздействия является вытаптывание, в результате которого происходит уплотнение почвы, изменение её свойств и протекающих процессов. Составной частью мониторинга окружающей среды, проводимого для оценки состояния почв, является альгоиндикация. В литературе имеются данные о видовом разнообразии водорослей и цианобактерий (ЦБ) рекреационных зон г. Кирова, Уфы, Новосибирска, Красноярска и др. (Сугачкова, 2000; Артамонова, 2002; Трухницкая и др., 2008; Кондакова, 2012; Ефремова, 2014; Зыкова, 2015). Авторами отмечено, что для рекреационных зон характерно преобладание представителей отделов *Chlorophyta* и *Cyanobacteria*.

Цель исследования – изучить видовое разнообразие альгофлоры почв рекреационной зоны города Кирова на примере Дендрологического парка лесоводов.

Дендрологический парк лесоводов Кировской области представляет собой памятник природы регионального значения, является одним из самых северных дендропарков нашей страны (Экскурсии... 2007). Парк был заложен в 1962 г., его площадь составляет 50,6 га. В его пределах сохранились участки естественной лесной растительности, искусственные насаждения занимают площадь в 25 га (Архивный мультимедийный проект...).

Объектом исследования являлись почвы парка, отобранные на суходольном лугу, в посадках рябины и на аллеях (берёзовой, липовой, осиновой, дубовой, сосновой). Отбор проб для выявления видового разнообразия проводился с глубины 0–5 см в течение вегетационного периода в 2013–2015 гг. Видовой состав водорослей определяли методом чашечных культур со стёклами обрастания и микроскопированием свежевзятой почвы (Штина, Голлербах, 1976).

За период изучения в почвах дендропарка было выявлено 96 видов почвенных водорослей и ЦБ, из них: *Cyanobacteria* – 30 видов (31%), *Chlorophyta* – 37 видов (39%), *Xanthophyta* – 11 видов (11%), *Ochrophyta* – 18 видов (19%) (рисунок). Для почв Дендрологического парка характерно высокое видовое разнообразие отделов зелёных водорослей и ЦБ, невысокое разнообразие жёлтозелёных.

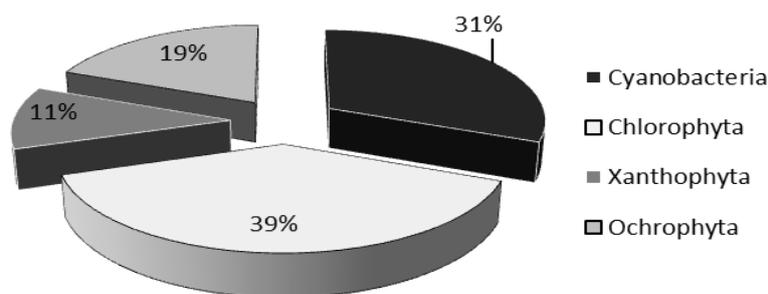


Рис. Соотношение основных отделов альгофлоры почв Дендрологического парка лесоводов г. Кирова

Видовые особенности альгофлоры, кроме уровня антропогенной нагрузки, во многом зависят от типа высшей наземной растительности. Число видов водорослей в летний и осенний периоды в местах отбора проб приведены в таблице 1.

Таблица 1

Число видов водорослей и ЦБ в почвах Дендрологического парка лесоводов г. Кирова

Типы фитоценозов	Летний период						Осенний период					
	Суанобacteria	Chlorophyta	Xanthophyta	Bacillariophyta	Eustigmatophyta	Всего видов	Суанобacteria	Chlorophyta	Xanthophyta	Bacillariophyta	Eustigmatophyta	Всего видов
Луг	16	23	5	7	2	53	20	16	3	9	2	50
Посадки рябины	7	13	3	9	1	33	9	8	2	12	1	32
Липовая аллея	11	19	4	7	1	42	14	13	3	8	1	39
Осиновая аллея	13	19	6	7	2	47	15	11	4	8	2	40
Берёзовая аллея	6	16	5	9	1	37	10	10	3	10	1	34
Дубовая аллея	13	21	8	7	2	51	18	13	4	8	2	45
Сосновая аллея	8	19	5	5	0	37	10	16	3	6	0	35

В летний период наибольшее видовое разнообразие было представлено в почве, взятой на суходольном лугу – 53 вида. Здесь наиболее сложные синусии водорослей. Самыми многочисленными являлись представители Chlorophyta – 43% и Cyanobacteria – 30%. Число видов жёлтозелёных и диатомовых водорослей примерно одинаково. В доминирующий комплекс входят виды: *Chlorella vulgaris*, *Chlorosarcinopsis eriensis*, *Penium borgeanum*, *Leptolyngbya angustissima*, *Tolypothrix tenuis*, *Phormidium uncinatum*.

Высокое видовое разнообразие отмечено в дубовой аллее – 51 вид. Данные посадки отличаются большим числом видов жёлтозелёных водорослей по сравнению с другими аллеями древесных растений. Летом в почве дубовой аллеи массово развиваются: *Chlorella vulgaris*, *Gongrosira debaryana*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Xanthonema exile*, *Phormidium molle*, *Microcoleus vaginatus*.

В липовой и осиновой аллеях обнаружено 42 и 46 видов соответственно, преобладали зелёные водоросли и ЦБ. Для аллеи липы в летний период было характерно высокое разнообразие одноклеточных зелёных водорослей. Состав доминантов представлен видами: *Stichococcus bacillaris*, *Coccomyxa dispar*, *Cylindrospermum licheniforme*, *Plectonema boryanum*. В почвах под породами *Populus tremula* L. обильно развивались нитчатые зелёные водоросли. В число доминирующих видов входили: *Klebsormidium nitens*, *Klebsormidium flaccidum*, *Follicularia paradoxalis*, *Phormidium autumnale*, *Calothrix elenkinii*.

Наименьшее число видов было обнаружено в почвах берёзовой аллеи и посадках рябины – 37 и 33 видов соответственно. Здесь также преобладали Chlorophyta и Cyanobacteria. Доминирующий комплекс в посадках рябины представлен видами: *Chlorella vulgaris*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Phormidium autumnale*; в посадках *Betula pendula* L.: *Gongrosira debaryana*, *Chlorella vulgaris*, *Leptolyngbya foveolarum*, *Plectonema boryanum*, *Nostoc punctiforme*.

В почвах сосновой аллеи ведущее место по числу видов принадлежит отделу Chlorophyta – 51%. Доля диатомовых и жёлтозелёных видов одинакова. Доминирующие виды: виды родов *Chlamydomonas* и *Chlorococcum*, *Botrydiopsis arhiza*, *Leptolyngbya angustissima*.

В осенний период в почвах парка наблюдалось увеличение видового разнообразия ЦБ и диатомовых водорослей, доля зелёных и жёлтозелёных водорослей постепенно снижалась – сезонное явление. Отличалась лишь альгофлора почв сосновой аллеи. Здесь осенью увеличивалось число видов и обилие рода *Chlamydomonas*, что является закономерным для водорослей под данным типом высшей наземной растительности (Штина, Голлербах, 1967).

Сравнительный анализ видового состава альгофлоры с использованием коэффициента видового сходства Сьеренсена-Чекановского (K_{SC}) показал степень сходства изученных фитоценозов дендропарка (табл. 2).

Таблица 2

**Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского альгофлоры почв
Дендрологического парка лесоводов г. Кирова**

	Липовая аллея	Осиновая аллея	Берёзовая аллея	Посадки рябины	Дубовая аллея	Сосновая аллея
Луг	0,60	0,69	0,51	0,47	0,66	0,49
Липовая аллея		0,51	0,49	0,44	0,67	0,53
Осиновая аллея			0,43	0,38	0,67	0,40
Берёзовая аллея				0,50	0,46	0,53
Посадки рябины					0,42	0,39
Дубовая аллея						0,49

Наиболее высокая степень сходства наблюдается при сравнении альгофлоры дубовой, осиновой аллеи и лугом (66–69%). Самый низкий показатель – между посадками рябины и осиновой аллеей ($K_{SC}=38\%$).

Таким образом, видовой состав альгофлоры Дендрологического парка лесоводов г. Кирова разнообразен и был представлен 96 видами почвенных водорослей и ЦБ. По видовому разнообразию преобладали представители отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. В летний период (июль) состав доминирующих видов включал зелёные водоросли и ЦБ, осенью – ЦБ и диатомовые водоросли (октябрь). На особенности видового распределения альгофлоры, кроме антропогенной нагрузки, оказывает влияние древесная растительность.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

Артамонова В. С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 225 с.

Архивный мультимедийный проект: по садам и скверам г. Кирова / режим доступа: <http://parki.gaspiko.ru/park4.html>

Ефремова В. А. Сообщества почвенных водорослей и цианобактерий в экологической оценке городских почв (на примере г. Кирова): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2014. 20 с.

Зыкова Ю. Н. Анализ «цветения» городских почв (на примере города Кирова). Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., посвящённой 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной. Киров, 2015. С. 139–144.

Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности её развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. 34 с.

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

Экскурсии по памятникам природы г. Кирова и области. Ч. 2. Киров: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 256 с.

ПОЧВЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИАНОБАКТЕРИИ ЛУГОВЫХ ЭКОСИТЕМ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА «МАРАДЫКОВСКИЙ»

Л. В. Кондакова^{1,2}, К. А. Безденежных²
¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
² Вятский государственный университет

Почвенные водоросли и цианобактерии (ЦБ) лугов – мезофиты, хорошо приспособленные к обитанию в условиях переменного увлажнения, свойственного поверхностному слою почвы. Являясь фототрофными микроорганизмами, они выполняют существенную роль в функционировании луговых сообществ. По сводным данным Э. А. Штиной (1997) в луговых экосистемах Кировской области из общего числа альгофлоры ЦБ составляют 33%, зелёные водоросли – 37%, жёлтозелёные – 21%, диатомовые – 8%, другие отделы – 1%. Альгологический мониторинг в районе объекта «Марадыковский» ведётся в течение ряда лет (Кондакова, 2012). В луговых экосистемах было отмечено 123 вида почвенных водорослей и ЦБ, процентное соотношение по отделам составляло: Cyanobacteria – 29,3%, Chlorophyta – 38,2%, Ochrophyta – 21,9%, Bacillariophyta – 9,8%, Euglenophyta – 0,8%.

Целью исследования являлось выявление видового разнообразия и численности почвенных водорослей и ЦБ луговых экосистем после прекращения функционирования объекта «Марадыковский».

Пробы для анализа альгофлоры отбирались в августе 2016 г. на участках, расположенных на разном удалении от объекта, в качестве контрольной территории был выбран участок № 111.

Изучение альгофлоры проводили общепринятыми в почвенно-альгологических исследованиях методами (Штина, Голлербах, 1976). Видовой состав альгофлоры определяли постановкой чашечных культур со стеклами обростания. Количественный анализ альгофлоры проводили методом прямого микроскопирования (Домрачева, 2005).

В почвах луговых экосистем выявлено 77 видов почвенных водорослей и ЦБ, в том числе ЦБ – 25 (32,5), Chlorophyta – 28 (36,4%), Ochrophyta – 14 (18,1%), Bacillariophyta – 10 (13,0%) (таблица 1).

Таблица 1

Видовой состав альгофлоры луговых экосистем на участках мониторинга в районе объекта «Марадыковский»

№ участка \ Отделы	10	35	39	41	54	57	60	66	79	103	111
Суанобактерия	6	4	10	4	7	8	7	1	3	5	12
Chlorophyta	6	7	5	9	5	13	6	8	6	1	3
Ochrophyta	2	7	5	5	3	7	4	3	5	4	2
Bacillariophyta	5	5	5	5	5	3	4	5	5	4	5
Всего видов на участке	19	23	25	23	20	31	21	17	19	14	22

Таксономический состав альгофлоры участков мониторинга представлен основными отделами почвенных водорослей. По видовому разнообразию преобладали зелёные водоросли и ЦБ. В состав доминирующих видов входили представители родов из зелёных водорослей – *Chlamydomonas*, *Chlorococcum*, из жёлтозелёных – *Characiopsis*, ЦБ – *Phormidium*, *Cylindrospermum*, *Nostoc*, диатомовых – *Pinnularia*, *Hantzscha*, *Nitzschia*.

Таблица 2

Коэффициенты Сьеренсена-Чекановского луговых экосистем

	10	35	39	41	54	57	60	66	79	103	111
10		52,4	45,5	38,1	30,8	24,0	40,0	33,3	21,1	42,4	19,5
35			50,0	52,2	41,9	25,9	45,5	45,0	38,1	59,5	26,6
39				37,5	44,4	21,4	39,1	23,8	22,7	35,9	38,3
41					41,9	29,6	36,4	40,0	28,6	37,8	26,6
54						27,5	34,1	32,4	41,0	41,2	42,9
57							42,3	29,2	28,0	26,6	37,7
60								26,3	30,0	51,4	41,9
66									38,9	25,8	10,3
79										30,3	34,1
103											44,4
111											

Сравнение видового разнообразия альгофлоры с использованием коэффициента Сьеренсена-Чекановского на большинстве участков (67,5%) показало умеренное сходство (табл. 2).

Количественные показатели альгофлоры приведены в таблице 3 и на рисунке. На период исследования общая численность водорослей и ЦБ составляла 233–385 тыс.кл./г. почвы, преобладали зелёные водоросли – 133–307 тыс.кл./г. Численность диатомовых составляла 48–157 тыс. кл./г. почвы.

Таблица 3

Численность почвенных водорослей и цианобактерий в районе объекта «Марадыковский» тыс. кл./г. почвы

№ пробного участка	Суанобacteria	Chlorophyta + Ochrophyta	Bacillariophyta	Всего	
Суходольные луга	10	16,4±3,0	158,2±10,7	61,1±3,0	235,7±16,7
	35	15,4±0,6	196,6±13,4	47,9±3,4	259,9±17,4
	39	41,1±2,3	201,1±18,3	104,2±6,0	346,4±26,6
	41	1,9±0,1	207,7±5,2	85,1±5,0	294,7±10,3
	57	7,6±1,3	133,3±4,4	156,8±7,9	297,7±13,6
	60	37,9±3,6	257,7±8,0	89,4±3,9	385,0±15,5
	103	56,4±4,2	205,2±8,6	113,5±10,7	375,1±23,5
	111	24,1±3,1	201,2±3,3	146,5±9,4	371,8±15,8
Пойменные луга	54	16,2±2,3	307,2±10,7	52,0±3,3	375,4±16,3
	66	10,7±1,4	144,1±4,9	78,6±5,4	233,4±11,7
	79	22,6±2,4	210,9±1,2	145,6±8,6	379,1±12,2

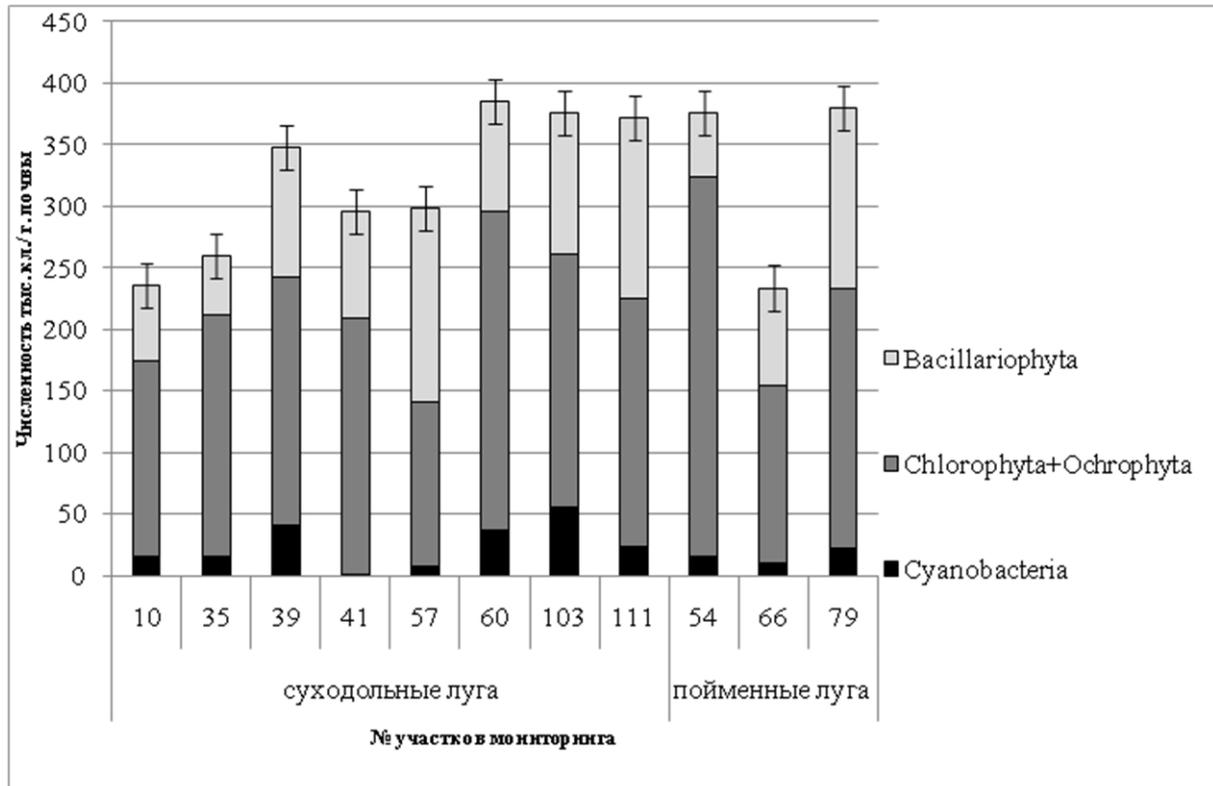


Рис. Численность почвенных водорослей и цианобактерий луговых экосистем в районе объекта «Марадыковский»

Анализ альгофлоры луговых участков мониторинга показал, что таксономическая структура альгосинузий не нарушена. По видовому разнообразию преобладают зелёные водоросли и ЦБ, что характерно для почв региона. Видовое разнообразие жёлтозелёных водорослей (18,1%) ниже показателя сводных данных Э. А. Штиной (1997) по Кировской области (21%). Наиболее высокая численность клеток была отмечена для зелёных и диатомовых водорослей.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

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

Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв южной тайги Европейской части России): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Сыктывкар, 2012. 34 с.

Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 144 с.

Штина Э. А. Флора водорослей бассейна реки Вятки. Киров: Кировская областная типография, 1997. 96 с.

МИКРОВОДОРОСЛИ В ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

А. В. Гогонин, Т. Н. Щемелинина, Е. Н. Патова, И. В. Новаковская
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
algogonin@gmail.com, tatyanakomi@mail.ru, patova@ib.komisc.ru,
novakovskaya@ib.komisc.ru

Бурное индустриальное развитие приводит к поступлению огромного спектра загрязняющих веществ в природные экосистемы, что негативно отражается на окружающей среде, а затем и на здоровье человека. В связи с этим важно не только проводить контроль качества среды, но и ее очистку. Многие промышленные предприятия оборудованы разнообразными очистными сооружениями, которые, в зависимости от принципа действия процесса очистки сточных вод, подразделяются на механические, физико-химические, химические и биологические. Несмотря на эти процессы, применяемые в очистных сооружениях предприятий, ПДК основных загрязняющих веществ на выходе зачастую завышены и не соответствуют нормам. Одним из перспективных направлений в улучшении очистки сточных вод биологическим методом является использование микроводорослей.

Цель работы – исследование трех штаммов микроводорослей из коллекции Института биологии Коми НЦ УрО РАН в качестве биотехнологических агентов для очистки сточной воды целлюлозно-бумажного комбината. Основными загрязняющими веществами в сточных водах данного комбината являются ионы тяжелых металлов, фенолы, общий азот и т.д.

Нами были выбраны следующие штаммы микроводорослей: *Anabaena* sp., *Eustigmatos magnus* (В.-Peters.) Hibberd и *Coelastrum proboscideum* Bohlin in Wittrock.

Anabaena sp. штамм из отдела Cyanoprokaryota. Представлен одиночными нитями или в виде пленчатых дерновинок. Нити симметричны, одинаковы по ширине на всем протяжении, состоящие из округлых вегетативных клеток и гетероцит. Большинство видов рода имеют споры, обычно резко отличающиеся по форме и размеру от вегетативных клеток. Представители из рода *Anabaena* могут существовать как в бентосе, так и в планктоне (Комбрек, 2013).

Eustigmatos magnus представитель из отдела Eustigmatophyta, представлен одиночными коккоидными клетками с чашевидным хлоропластом. Размножается образованием 2–4 автоспор или одножгутиковых зооспор (Ettl, Gdrtner, 2014). Вид встречается в почвах разных географических зон. В последнее время вид *E. magnus* подвергся детальному изучению, поскольку относительно легко культивируется, толерантен к токсичности тяжелых металлов и устойчив к высоким температурам (Сафиуллина, 2009). Последнее свойство является хорошим качеством для технологии очистки сточных вод ЛПК, так как температура воды в аэротенках достигает 40–44 °С. По данным литературы в экспериментах по выявлению верхнего предела устойчивости

этой водоросли фигурирует констатация гибели клеток при температуре воды в 56-66°C, при условии непрерывного сохранения температурного режима в течение 14 суток (Дьяков, 2000).

Coelastrum proboscideum вид относится к отделу Chlorophyta. Образует шаровидные, эллипсоидные или кубические ценобии из 4–64 клеток, но встречаются одно- и двуклеточные формы. Клетки шаровидные при виде сбоку почти шестиугольные, иногда с 2–3 короткими выростами. Хлоропласт пристенный с одним пиреноидом. Размножение автоспорами. В виде запасющего вещества крахмал. Широко представлен в пресных водоемах с различным уровнем загрязнения органическими веществами (Топачевский, 1984; Царенко, 1990).

Биомассу микроводорослей нарабатывали в колбах емкостью 250 мл, на питательной среде Тамия. Сточная вода для проводимых исследований была отобрана со станции биологической очистки (СБО) Сыктывкарского целлюлозно-бумажного комбината из аэротенков.

В экспериментальные емкости со сточной водой внесли 0,3% от объема биомассы микроводорослей. В течении суток проводили аэрирование. Контролем служил образец сточной воды без добавления биомассы микроводорослей. Спустя сутки после введения биомассы водорослей образцы воды были проанализированы по аттестованным методикам в экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН на содержание Al, Fe, общего азота, фенолов и ряда других загрязняющих веществ, содержащихся в сточной воде.

Из литературы известно, что процесс аккумуляции тяжелых металлов водорослями протекает в период от нескольких часов до нескольких суток, в зависимости от объема суспензии, степени ее загрязнения, физико-химических параметров среды (Цоглин, 2012). Проведенные эксперименты также показали, что исследованные микроводорослей обладают способностью к сорбции тяжелых металлов и других основных загрязнителей сточных вод предприятия (табл.).

Таблица

Количественное содержание основных загрязняющих веществ в сточной воде без водорослей (контроль) и с внесением биомассы исследованных микроводорослей

Проба	Al, мкг/дм ³	Fe, мкг/дм ³	Азот общий, мг/дм ³	Фенол, мг/дм ³
Контроль	1190,00	0,75	22,00	36,90
<i>Anabaena sp.</i>	970,00	0,56	20,00	31,30
<i>Eustigmatos magnus</i>	780,00	0,58	19,06	18,60
<i>Coelastrum proboscideum</i>	1130,00	0,69	20,00	30,90

В воде из аэротенков происходила аккумуляция железа клетками микроводорослей. Спустя сутки после инокуляции содержание железа в воде снизилось на 8–25%. При добавлении микроводорослей также происходит снижение концентрации алюминия на 5–34%. Наибольший эффект при аккумуляции

муляции тяжелых металлов был отмечен при использовании биомассы *Anabaena* sp. и *Eustigmatos magnus*. Внесение биомассы водорослей привело к незначительному снижению содержания общего азота на 10–13%, по общему фосфору полученные результаты оказались не достоверными. Изменение концентрации фенола в сточных водах при внесении водорослей привело к его снижению на 15–50% за сутки.

Таким образом, штаммы микроводорослей перспективны в качестве биотехнологических агентов для очистки сточных вод целлюлозно-бумажных комбинатов. Наиболее эффективно в очистке сточных вод от фенолов, общего азота и алюминия проявил себя штамм микроводоросли *Eustigmatos magnus*.

Литература

Дьяков Ю. Т. Введению в альгологию и микологию: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2000. 192 с.

Сафиуллина Л. М., Фазлутдинова А. И., Бакиева Г. Р. Толерантность почвенных водорослей *Eustigmatos magnus* (B. Petersen) Hibberd (Eustigmatophyta) и *Hantzschia amphioxys* (Ehren.) Grunow. (Bacillariophyta) к воздействию тяжелых металлов // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург, 2009. С. 609–610.

Топачевский А. В., Масюк Н. П. Пресноводные водоросли Украинской ССР. Киев: Вища школа, 1984. 336 с.

Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев, 1990. 208 с.

Цоглин Л. Н., Пронина Н. А. Биотехнология микроводорослей. М.: Научный мир, 2012. 182 с.

Ettl H., Gdrtner G. Syllabus der Boden-, Luft- und Flechtenalgen 2. Auflage, 2014. 773 p.

Kombrek J. Cyanoprokaryota 3. Teil: Heterocytous genera. Berlin, Heidelberg: Springer-Spektrum, 2013. 1130 p. (SыЯwasserflora von Mitteleuropa; Bd. 19/3).

ОСЕННЕЕ «ЦВЕТЕНИЕ» ГОРОДСКИХ ПОЧВ

К. А. Леонова¹, А. А. Кузнецова¹, Л. И. Домрачева^{1,2}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, nm-flora@rambler.ru

В настоящее время городские почвы испытывают значительную техногенную нагрузку. Постоянным компонентом почвенных ценозов являются водоросли, цианобактерии (ЦБ) и микромицеты, которые чутко реагируют на изменения почвенной среды (Кондакова и др., 2011). Изучение сообществ почвенных микроскопических грибов, водорослей и ЦБ городских почв, испытывающих антропогенное и техногенное воздействие, является актуальным для урбанизированных территорий, в том числе и для г. Кирова.

Ранее было показано, что «цветение» почвы (массовое развитие водорослей и ЦБ) может служить для диагностики состояния городских почв (Зыкова, 2013; Кондакова и др., 2014).

Известно, что на рост и развитие тех или иных микроорганизмов влияют различные факторы окружающей среды, в том числе, климатические.

Наиболее благоприятный период для размножения водорослей – весна и осень. При этом качественный состав плёнок «цветения» является одним из индикационных признаков (Кондакова и др., 2011).

Целью работы являлось сравнение характера «цветения» почвы в различных функциональных зонах г. Кирова в осенний период.

Объектами исследования были образцы «цветущей» почвы, отобранные в промышленной (район Биохимзавода), транспортной (ул. Московская), селитебной (дворовая территория на ул. Физкультурников) и парковой (парк Победы) зонах г. Кирова.

Из плёнок «цветения» с помощью почвенного бурика отбирали 10 см² почвы. Тщательно её растирали в ступке. Из растёртых образцов готовили суспензию на дистиллированной воде в разведении 1:10. Количественный учёт проводили на мазках под микроскопом (Домрачева, 2005).

Количественный учёт фототрофных микроорганизмов показал, что плотность клеток водорослей и ЦБ при «цветении» почвы велика и колеблется в широких пределах: от 760 тыс. до 13 млн. кл./см² (табл. 1).

Во всех группах фототрофов минимальная численность зарегистрирована у диатомовых водорослей, и во всех зонах диатомеи находятся примерно в одинаковых количествах.

У зелёных водорослей численность клеток колеблется от 1,5 млн. до 10 млн. /см². У ЦБ от 3 млн. до 7,8 млн. кл./см². При этом по максимальной численности фототрофов выделяются две зоны: парковая (за счёт абсолютного доминирования зелёных водорослей) и промышленная (за счёт преимущественного развития ЦБ). В этом случае плотность фототрофов превышает 12 млн. кл./см². Наименьшая численность фототрофов наблюдается в селитебной зоне (двор на ул. Физкультурников), что может быть связано с нарушением растительного покрова на данной территории, уплотнением почвы в результате вытаптывания. В промышленной зоне преобладают ЦБ, что указывает на нарушение растительного покрова, а наличие представителей диатомовых водорослей свидетельствует о высокой влажности почвы (табл. 1).

Таблица 1

**Численность фототрофных микроорганизмов в плёнках цветения
(тыс. кл./см²)**

Зоны города	Водоросли		Всего водорослей	Цианобактерии	Всего фототрофов
	зелёные	диатомовые			
Парковая	10000±260	270±50	10270±310	2830±370	13100±370
Селитебная	1530±400	130±50	1660±450	5400±50	760±500
Транспортная	1600±400	250±50	1625±450	2930±30	4555±48
Промышленная	4230±500	400±100	4630±600	7767±500	12397±1100

Для парковой зоны объяснением высокой численности фототрофов может служить высокая влажность почвы, её механический состав (Забелина, 2014) и высокое содержание органических веществ (Домрачева и др., 2008).

Изучение структуры фототрофных популяций показало, что эффект цианофитизации, т.е. доминирования ЦБ в их структуре, характерен для всех городских зон, кроме парковой, где около 80% составляют водоросли (рис. 1). Подобное явление доминирования эукариотных водорослей в плёнках цветения «цветения» в парковой зоне было отмечено при изучении «цветения» почвы в Александровском саду (Зыкова, 2013), что, видимо, обусловлено режимом влажности и особыми микроусловиями, характерными для старых парков.

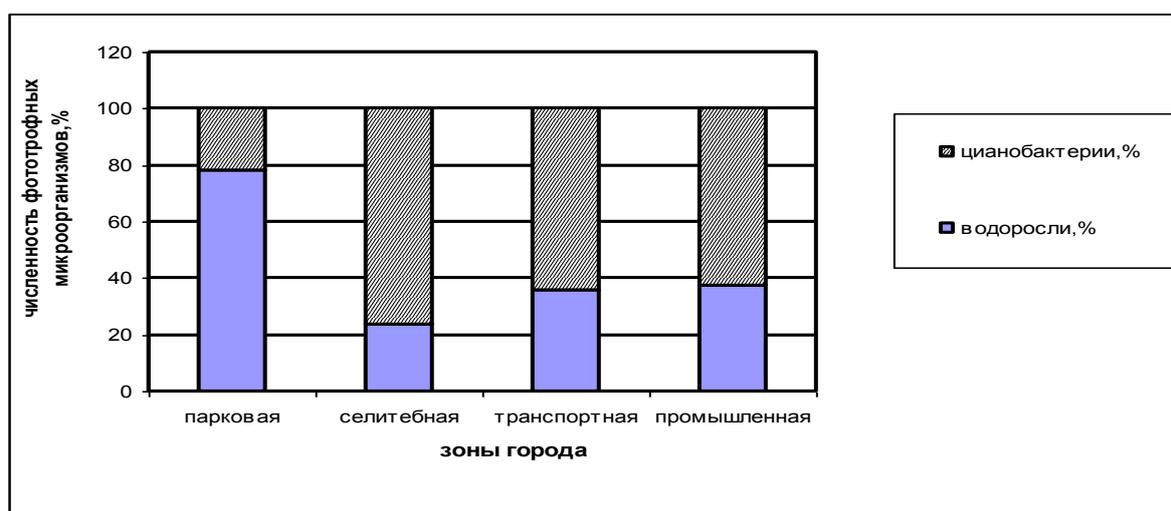


Рис. 1. Структура фототрофных микроорганизмов в различных зонах г. Кирова

Вторым важным компонентом в плёнках «цветения» являются микроскопические грибы, численность которых колеблется от 1,4 млн. до 8,1 млн. спор /см². Минимальная численность грибов характерна для парковой зоны, максимальная для транспортной (табл. 2).

Таблица 2

Численность микроскопических грибов в плёнках цветения (тыс. спор/ см²)

Зоны города	Грибы с окрашенным мицелием	Грибы с бесцветным мицелием	Всего микроскопических грибов
Парковая	770±250	630±50	1400±300
Селитебная	3700±1000	1870±300	5570±400
Транспортная	7520±120	630±50	8150±170
Промышленная	2267±250	800±100	3067±350

Изучение структуры грибных популяций показывает, что только в парковой зоне грибы с бесцветным и окрашенным мицелием находятся примерно в одинаковом соотношении, что указывает на низкий уровень загрязнения почвы в парке Победы. Вероятно, структура микромицетных комплексов в этой зоне обусловлена меньшим количеством попадающих в почву поллютантов, в отличие от других исследованных зон.

Во всех остальных исследованных почвах города в плёнках «цветения» доминируют меланизированные микромицеты с максимумом преобладания (92,3%) в транспортной зоне (рис. 2).

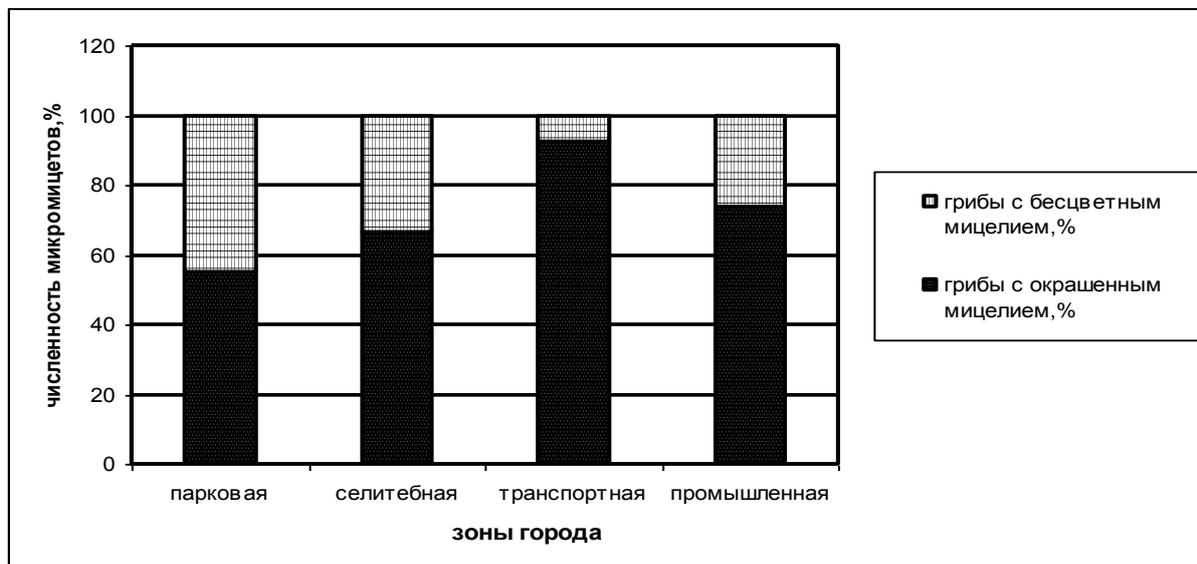


Рис. 2. Структура комплексов микроскопических грибов в различных зонах г. Кирова

Доминирование меланизированных микромицетов является важнейшим индикационным признаком, свидетельствующим о загрязнении почв поллютантами различной химической природы.

Таким образом, несмотря на очень жаркое и сухое лето 2016 г., осеннее увлажнение почвы привело к массовому размножению фототрофных микроорганизмов на её поверхности до состояния «цветения». Анализ образцов «цветущей» почвы, отобранной одновременно в различных функциональных зонах г. Кирова, показал, что на основании таких индикационных признаков, как соотношение водорослей и ЦБ в структуре популяций, соотношение бесцветных и окрашенных грибов в структуре грибных популяций, загрязнёнными зонами можно считать промышленную (район БХЗ), транспортную (ул. Московская), селитебную (дворовая территория на ул. Физкультурников), о чём свидетельствует цианофитизация фототрофных популяций и меланизация грибных сообществ. По этим же показателям чистой территорией можно признать парковую зону (парк Победы).

Литература

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

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Фокина А. И., Огородникова С. Ю., Кантор Г. Я. Биомониторинг и биотестирование почв // Биоиндикаторы и биотестсистемы в оценке окружающей среды техногенных территорий. Киров: О-Краткое, 2008. С. 68–106.

Забелина О. Н. Оценка экологического состояния почвы городских рекреационных территорий на основании показателей биологической активности (на примере г. Владимира): Дис. ... канд. биол. наук. Владимир, 2014. 147 с.

Зыкова Ю. Н. Комплексы водорослей, цианобактерий и грибов городских почв и их реакций на действие поллютантов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2013. 24 с.

Кондакова Л. В., Горностаева Е. А., Домрачева Л. И. Самосборка природных биопленок с доминированием *Nostoc commune* // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Ч. 2. Киров: ООО «Лобань», 2011. С. 169–174.

Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Кондакова И. А. Осеннее «цветение» почв природных экотопов // Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем. Киров, 2014. С. 26–30.

ВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ГОРОХА НА РАЗВИТИЕ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ В ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ ИОНАМИ МЕДИ

*Е. А. Горностаева¹, Л. И. Домрачева^{1,2,3}, О. Н. Малыгина²,
С. Г. Скугорева^{1,2,3}, А. В. Шабалина², А. Л. Коновалов²,
В. С. Симакова², Е. В. Товстик^{1,2}*

¹ *Вятский государственный университет,*

² *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

³ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, dli-alga@mail.ru*

В почвах агроэкосистем, которые находятся вблизи городов или в зоне действия химических и металлургических предприятий, происходит постоянное накопление различных поллютантов, среди которых существенную роль играют тяжелые металлы (ТМ). Анализ изменений, происходящих в почве под влиянием ТМ, необходим для прогнозирования качества получаемой биопродукции, а также может служить основой для его регулирования (Карпова, 2006). В первую очередь, на любые воздействия на почву реагирует микробиота. В биоиндикационных исследованиях по характеру ответных реакций различных групп микроорганизмов судят о наличии почвенного гомеостаза или степени его нарушения. Яркими представителями микробиоиндикаторов являются почвенные микромицеты (Марфенина, 2005; Домрачева, 2011). Прямое микроскопирование почвенной суспензии позволяет без проведения видовой идентификации грибов дифференцировать их популяции на формы с бесцветным и окрашенным (меланизированным) мицелием, а также проводить на этих же мазках прямой количественный учет микромицетов, исходя из численности фрагментов мицелия. Меланизация мицелия в экспериментальной экологии рассматривается как способ адаптации организмов к перенесению неблагоприятных условий любого происхождения. Поэтому возрастание относительного обилия пигментированных грибов служит сигналом о начинающемся неблагополучии почвы при изучении сельскохозяйственных или техногенных экосистем.

Способность отдельных групп микроорганизмов к связыванию, деструкции и детоксикации различных поллютантов является теоретической основой использования их в биоремедиационных целях. Инокуляция семян по-

добными микроорганизмами приводит к тому, что образуется изоляционный барьер между ТМ и растением, препятствующий миграции ТМ в корень. Поэтому выращивание пищевых и кормовых культур можно производить и на загрязненных территориях, практикуя предпосевную обработку семян видами микроорганизмов, обладающих сорбционной активностью. Среди микробов-сорбентов значительный интерес представляют цианобактерии (ЦБ), обладающие большим биоремедиационным потенциалом (Домрачева и др., 2009; Горностаева и др., 2013).

Цель данной работы – изучить влияние возрастающих концентраций ионов меди и цианобактериальной инокуляции семян гороха на численность почвенных микроскопических грибов и структуру грибных популяций

Опыт был заложен на территории опытного поля ВГСХА. Работу выполняли на микроделянках площадью 0,24 м², каждый вариант опыта в 3-кратной повторности. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая, рН-5,3; содержание гумуса 1,74%. Фоновое содержание меди в почве – 0,22±0,02 мг/кг. Опыт проводили на посевах гороха. Медь в виде раствора соли (CuSO₄·5H₂O) вносили в почву перед посадкой семян в концентрациях 3, 150 и 300 мг/г почвы, что соответствует 1, 50, 100 ПДК по ионам меди (II). Инокуляция семян проводилась альгологически чистыми культурами ЦБ *Fischerella muscicola* и *Nostoc linckia* из коллекции кафедры биологии, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА.

Образцы почвы для микологического анализа отбирала в сентябре после уборки урожая гороха. Количественный учет микромицетов проводили методом прямого учета на мазках под микроскопом.

Анализ полученных результатов показал, что предпосевная инокуляция семян гороха ЦБ приводит к повышению численности микромицетов в почве почти в 3 раза в случае *N. linckia* и почти в 2 раза при использовании *F. muscicola* (рис. 1, вар. 1, 5 и 9), при этом данное преимущество обеспечено, в первую очередь, бесцветными формами грибов. Обилие грибов в этих вариантах коррелирует также с некоторым повышением урожайности семян (табл.).

Кажется парадоксальной ситуация, когда при высоких концентрациях ионов меди в почве наблюдается максимальное развитие грибов в почве (рис. 1, вар. 3 и 4). Однако данный феномен можно объяснить тем, что в загрязненных медью почвах происходит стремительная фрагментация мицелия, и каждый отдельный грибной фрагмент в несколько раз короче, чем в остальных вариантах.

Сравнение плотности грибных популяций при предпосевной инокуляции семян гороха различными видами ЦБ показало, что *N. linckia* стимулирует размножение микромицетов во всех вариантах (рис. 1, вар. 5–8), по сравнению с контролем. В то же время при интродукции *F. muscicola* в загрязненную почву численность грибов остается на уровне контроля (рис. 1, вар. 10–12).

Положительный эффект цианобактериальной обработки семян проявляется при рассмотрении урожайных данных практически во всех вариантах

выращивания растений в почве с повышенным содержанием ионов меди (табл.).

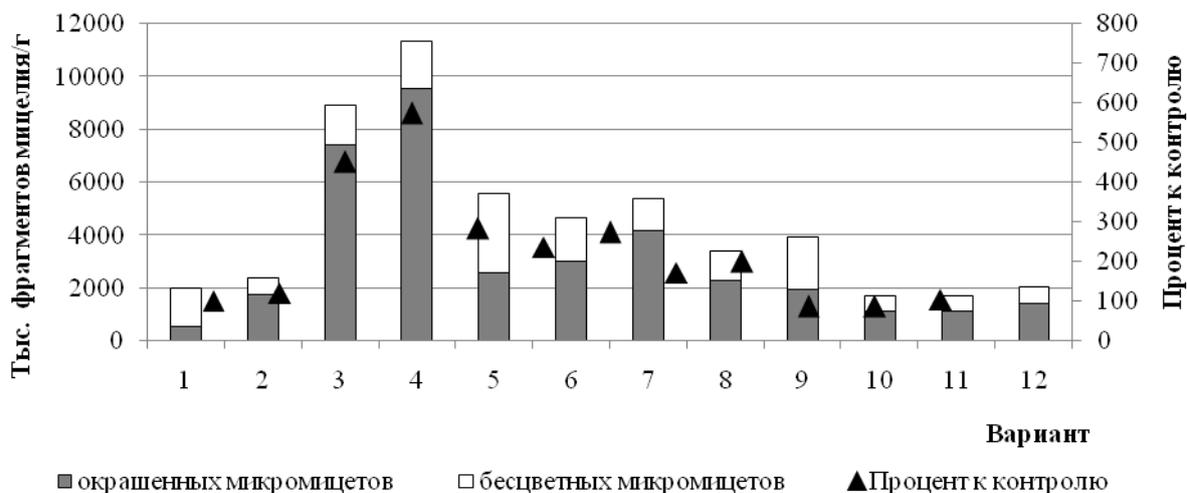


Рис. 1. Влияние возрастающих концентраций ионов меди и цианобактериальной обработки семян гороха на численность микромицетов в почве. Варианты: 1. Контроль (без обработки). 2. Cu^{2+} 1 ПДК. 3. Cu^{2+} 50 ПДК.

4. Cu^{2+} 100 ПДК. 5. *Nostoc linckia*. 6. *Nostoc linckia* + Cu^{2+} 1 ПДК. 7. *Nostoc linckia* + Cu^{2+} 50 ПДК. 8. *Nostoc linckia* + Cu^{2+} 100 ПДК. 9. *Fischerella muscicola*. 10. *Fischerella muscicola* + Cu^{2+} 1 ПДК. 11. *Fischerella muscicola* + Cu^{2+} 50 ПДК. 12. *Fischerella muscicola* + Cu^{2+} 100 ПДК.

Таблица

Влияние возрастающих концентраций ионов меди и цианобактериальной обработки семян на урожай гороха

Вариант		Масса 1000 семян, г	Урожайность, г/м ²
Контроль	Без обработки	170,2	709,2
	Обработка <i>N. linckia</i>	175,1	729,8
	Обработка <i>F. muscicola</i>	171,9	716,4
1 ПДК CuSO_4	Без обработки	167,9	699,8
	Обработка <i>N. linckia</i>	180,3	751,6
	Обработка <i>F. muscicola</i>	135,6	565,2
50 ПДК CuSO_4	Без обработки	114,7	478,1
	Обработка <i>N. linckia</i>	163,9	682,9
	Обработка <i>F. muscicola</i>	169,0	704,1
100 ПДК CuSO_4	Без обработки	121,9	508,1
	Обработка <i>N. linckia</i>	169,5	706,4
	Обработка <i>F. muscicola</i>	151,1	630,0

Ярким показателем загрязнения почвы таким поллютантом, как медь, является меланизация грибных комплексов (рис. 2–4). Так, в вариантах без цианобактериальной обработки доминирование меланизированных грибов в структуре популяций увеличивается с 27,8% в контроле до 84,4% при Cu^{2+} 100 ПДК (рис. 2). Цианобактериальная обработка не снимает полностью эф-

фект меланизации, однако при внесении ЦБ в почву, загрязненную медью, содержание меланизированных грибов снижается на 18–22% (рис. 3, 4).

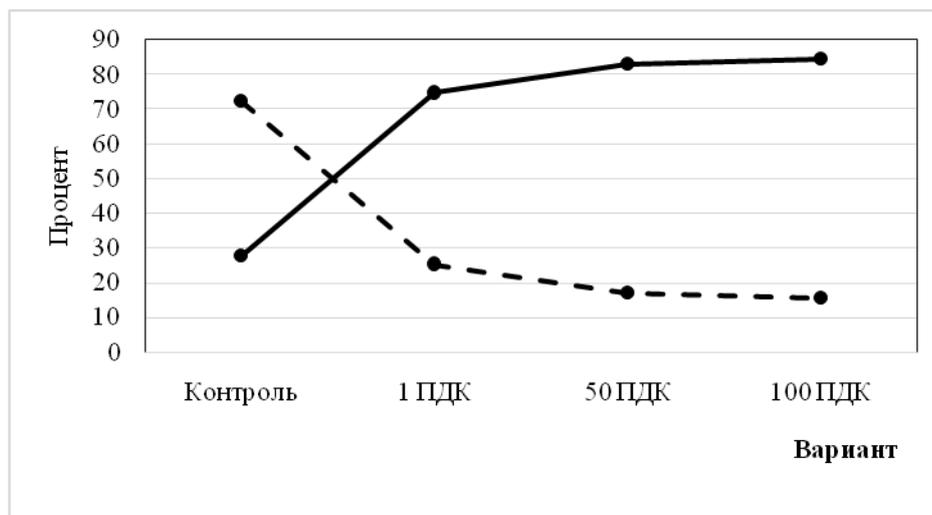


Рис. 2. Влияние возрастающих концентраций меди на структуру грибных популяций

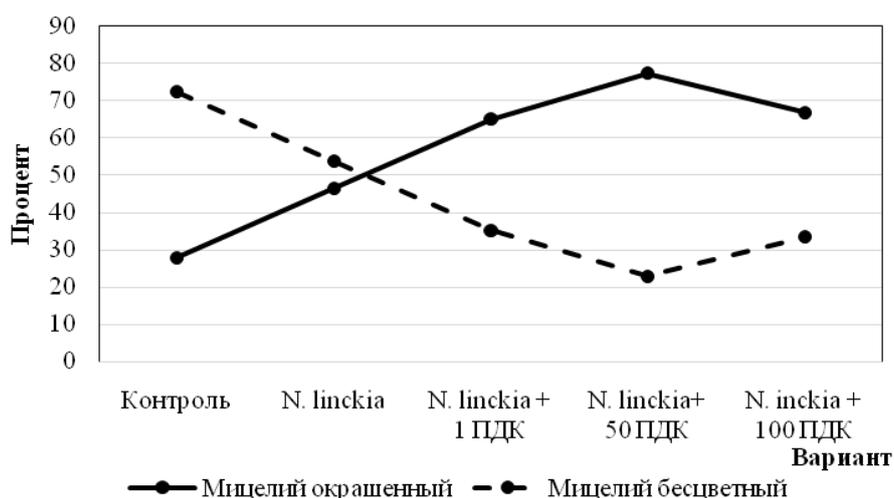


Рис. 3. Влияние возрастающих концентраций меди и инокуляции семян гороха *N. linckia* на структуру грибных популяций

Безусловно, характер развития микромицетов связан не только с действием меди и возможным влиянием интродуцированных ЦБ. Возможно, очень сильное влияние оказывают как корневые выделения растений, которые могут достигать до 20–40% от продукции фотосинтеза, так и растительный опад, величина которого напрямую связана с физиологическим состоянием растения.

Проведённые исследования ещё раз подтвердили значительную роль микроскопических грибов как индикаторов загрязнения почвы.

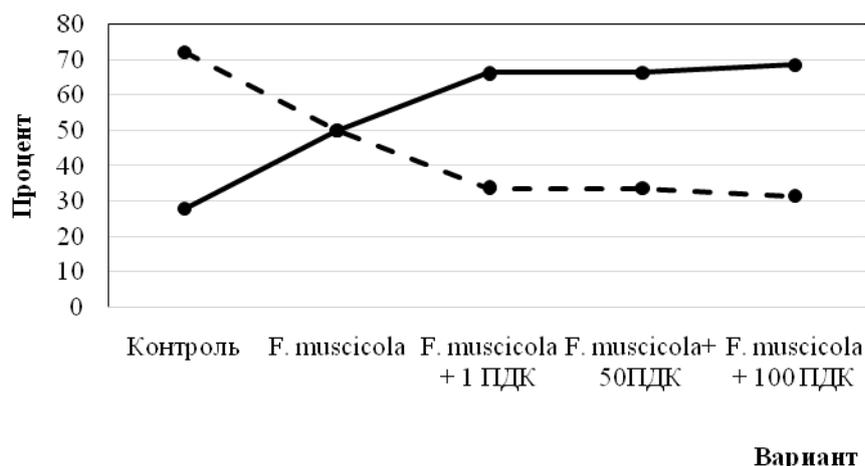


Рис. 4. Влияние возрастающих концентраций меди и инокуляции семян гороха *F. muscicola* на структуру грибных популяций

В очередной раз доказано защитное действие ЦБ при выращивании растений в загрязненной почве, их определенная способность к стабилизации почвенных микробоценозов.

Работа выполнена в рамках НИР «Оценка последствий антропогенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» (номер государственной регистрации 115020310080), включенной в государственное задание ИБ Коми НЦ УрО РАН на 2016 г.

Литература

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. Агронамические, биологические, ветеринарные науки. 2012. С. 23–25.

Горностаева Е. А., Калинин А. А., Зыкова Е. В., Кудряшов Н. А. Защитное действие цианобактерий при выращивании горчицы в условиях загрязнения почвы ионами меди (II) // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения. Материалы Всерос. науч.-практ. конф.-выставки с междунар. участием. Киров, 2013. С. 236–239.

Домрачева Л. И. Использование микромицетов для индикации состояния почвы // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 111–113.

Карпова Е. А. Оценка реального вклада основных антропогенных источников поступления тяжелых металлов в агроэкосистемы Московского региона // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2006. № 2. С. 79–86.

Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ОТ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

А. А. Калинин

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

Грибные болезни являются причиной значительных потерь урожая сельскохозяйственных культур (до 25–30%), а также снижения качества продукции (Монастырский, 2001). Поэтому остаётся актуальной проблема защиты растений от инфекционных болезней.

В настоящее время известны три пути подавления патогенов:

- химический метод – применение пестицидов;
- создание геномодифицированных растений (ГМР) при введении в растение генов, которые отвечают за выработку токсичных для фитопатогенов веществ;
- биологический метод – применении биопрепаратов на основе микробов-антагонистов.

К существенным недостаткам первого и второго пути относят: мутации, загрязнение окружающей среды, кумулятивность и т. д.

Преимуществами бактериальных препаратов являются их экологичность, щадящее и мягкое действие на растения, высокая эффективность, отсутствие фитотоксичности. Недостатки – нестабильность положительного эффекта, очень часто обусловленная климатическими факторами.

Целью нашей работы было сравнение эффективности биопрепаратов, обладающих широким спектром действия, на семенах различных растений.

В качестве критерия оценки была взята способность биопрепаратов оказывать антагонистическое действие на наиболее агрессивный и опасный гриб – *Fusarium culmorum*.

Из всего разнообразия биопрепаратов мы остановили свой выбор на «Экстрасоле», «Алирине-Б» (препараты на основе *Bacillus subtilis*), «Байкале-ЭМ» (препарат, включающий комплекс микроорганизмов), а также тестируемую на антагонизм цианобактерию (ЦБ) *Nostoc paludosum* шт. 18 из коллекции кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА.

Выбор ЦБ обусловлен тем, что их чрезвычайная устойчивость к факторам окружающей среды, автономность от нехватки углерода и азота благодаря фотосинтезу и азотфиксации может служить одной из причин создания на их основе биопрепаратов.

Достоинства ЦБ как биофунгицида обусловлены их экологической ролью в биоценозах: способностью размножаться в почве, со скоростью, сопоставимой с интенсивностью размножения фитопатогенных грибов; способностью стимулировать рост высшего растения; безвредностью для полезных обитателей почвы (Домрачева, 2005).

Испытания эффективности биопрепаратов и тестируемой ЦБ проводили на пшенице сорта Иргина и астрах сорта Индра в лабораторных опытах.

Определение энергии прорастания семян пшеницы на 3-е сутки выявило, что этот показатель находится на одном уровне с контролем во всех вариантах (табл. 1). Исключение составляет вариант, где семена обрабатывались смесью – фитопатоген и микробы-антагонисты (*F. culmorum* + *N. paludosum* + «Экстрасол»), где энергия прорастания была 64%. Предположительно, наблюдаемое угнетение может быть вызвано усиленным синтезом биологически активных веществ в ходе устанавливаемых контактов между самими антагонистами.

Таблица 1

Влияние микроорганизмов на энергию прорастания семян пшеницы (3-и сутки)

Вариант	Энергия прорастания, %
1. Контроль (дистиллированная вода)	86
2. <i>Fusarium culmorum</i>	84
3. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	89
4. <i>Fusarium culmorum</i> +«Экстрасол»	86
5. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Экстрасол»	64

Однако, на 7-е сутки, когда при определении всхожести семян, в варианте с инфицированием семян фузариумом гибель растений составила 67%, выживших растений было намного меньше, чем в других вариантах (табл. 2).

Таблица 2

Влияние микробов-антагонистов на развитие инфицированных растений пшеницы (7-е сутки)

Вариант	Гибель растений, %	Высота проростков, см	Длина корней, см
1. Контроль	36	13,23±2,3	6,59±0,28
2. <i>Fusarium culmorum</i>	67	8,87±0,82	4,76±0,29
3. <i>F. culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	36	4,53±1,65	5,14±0,93
4. <i>F. culmorum</i> +«Экстрасол»	31	7,95±1,41	10,98±0,88
5. <i>F. culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Экстрасол»	33	10,93±1,47	21,6±1,36

Отмечено снижение эффекта угнетения растений, по сравнению с инфицированием проростков чистой культурой фузариума, во всех вариантах, где инфицированные семена обрабатывали культурами микробов-антагонистов. В первую очередь, данный эффект проявляется в снижении гибели растений. Использование бинарной культуры (5-й вариант) стимулировало интенсивность роста инфицированных растений пшеницы, хотя в вариантах с использованием одинарных культур (3-й и 4-й вариант) при существенно меньшей гибели растений ростовые параметры ниже, чем во 2-м варианте (инфицирование семян фитопатогенным грибом).

Таким образом, данные лабораторных опытов указывают на перспективность использования комбинаций микробов-антагонистов для подавления

фузариозных инфекций сельскохозяйственных культур, включающих как фототрофные бактерии (*N. paludosum*), так сапротрофные спорообразующие бактерии-гидролитики *Bacillus subtilis* (биопрепарат «Экстрасол»).

Сравнительная оценка биопрепаратов показала, что наилучший эффект в снижении гибели проростков, а также стимуляции развития вегетативных частей растения дал биопрепарат «Экстрасол».

В связи с тем, что грибными болезнями (а в частности *F. culmorum*) поражаются не только сельскохозяйственные культуры, но и декоративные растения, пользующиеся всё возрастающим спросом, было принято решение оценить эффективность антагонистического действия биопрепаратов и культуры *N. paludosum* на астрах. Эти декоративные растения были выбраны потому, что они часто используются в озеленении участков и наиболее сильно поражаются фузариозными болезнями.

В лабораторном опыте (в чашках Петри) на астрах мы наблюдали, что в варианте, где семена были инфицированы грибами *F. culmorum*, выживаемость растений на пятые сутки была 88%, а затем произошёл её резкий спад до 2,0% на 13-е сутки (табл. 3). Возможно, это связано с тем, что гриб на первой стадии своего развития никак себя не проявлял, выделял ростовые вещества, для того чтобы растения набрали необходимую вегетативную массу (источник питания), а затем в полную силу начинает подавлять развитие проростков.

Наилучшую эффективность проявил *N. paludosum* во всех вариантах опыта, куда вводилась данная культура ЦБ.

Таким образом, наибольшую защиту от фитопатогена семена астры получили при внесении ЦБ *N. paludosum* и «Алирина-Б» (на основе *B. subtilis*).

Наименьшую выживаемость в этом опыте показал вариант с обработкой семян *F. culmorum*+«Байкал-ЭМ1», в данном случае выживаемость растений не поднималась выше 14%.

Таблица 3

Влияние биопрепаратов на динамику выживаемости проростков астры инфицированных *Fusarium culmorum*

Вариант опыта	Процент выживших проростков		
	Сутки с начала опыта		
	2-е	5-е	13-е
1. Контроль (семена без обработки)	51,0	84,3	67,0
2. <i>Fusarium culmorum</i>	22,0	88,0	2,0
3. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	36,1	62,3	51,0
4. <i>Fusarium culmorum</i> + «Байкал-ЭМ1»	12,0	14,0	10,0
5. <i>Fusarium culmorum</i> + «Алирин-Б»	47,0	62,7	40,0
6. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Байкал-ЭМ1»	52,0	78,0	48,0
7. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Алирин-Б»	28,8	69,2	47,3
8. <i>Fusarium culmorum</i> + «Байкал-ЭМ1»+ «Алирин-Б»	82,4	51,0	12,0

Таким образом, применение культур *N. paludosum* и *B. subtilis* («Алирин-Б») на астрах даёт положительные результаты. Анализ состояния растений на 13-е сутки подтвердил эффективность данных препаратов (табл. 4).

Таблица 4

Влияние биопрепаратов на формирование вегетативной массы и каталазную активность инфицированных семян астры сорта «Индра»

Вариант опыта	Средняя высота растений, см	Средняя длина корней, см	Средняя гигромасса, г	Активность каталазы мл/О ₂ /г биомассы
1. Контроль (семена без обработки)	2,9	1,8	2,6	5,46
2. <i>Fusarium culmorum</i>	1,8	1,5	1,8	8,22
3. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	3,0	2,0	2,2	5,25
4. <i>Fusarium culmorum</i> + «Байкал-ЭМ1»	1,0	0,4	1,4	9,85
5. <i>Fusarium culmorum</i> + «Алирин-Б»	2,7	1,3	1,9	6,63
6. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Байкал-ЭМ1»	3,0	2,6	1,8	6,81
7. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Алирин-Б»	2,9	2,2	3,0	4,46
8. <i>Fusarium culmorum</i> + «Байкал-ЭМ1»+ «Алирин-Б»	1,1	1,9	1,3	10,0

Интересные данные получили при определении каталазной активности биомассы растений (табл. 4). Активность каталазы обычно связана с интенсивностью происходящих процессов дыхания. В норме, чем моложе растение, чем работоспособнее организм, тем выше активность каталазы. Однако, в случае болезней, засухи, нехватке элементов питания, поражения вредителями может увеличиваться непродуктивное дыхание, связанное с расходом питательных веществ, при котором выделенная при дыхании энергия расходуется не на процессы метаболизма, а на защиту растения от неблагоприятных факторов.

При активности каталазы, равной 5,46 мг выделявшегося О₂ в пересчете на 1 г биомассы растений в контроле, растения, пораженные грибами, имели активность каталазы в 1,5 раза выше – 8,22 мл О₂/г биомассы.

Изменение активности каталазы в вариантах опыта с биопрепаратами может быть связано как с защитным действием микробов-антагонистов от фитопатогенов, так и стимулирующим. Вероятно, на интенсивность дыхания проростков может накладываться интенсивность дыхания антагонистов и грибов.

Чтобы определить антагонистическое действие биопрепаратов на гриб, при снятии опыта мы провели определение численности микроскопических грибов, оставшихся на фильтровальной бумаге после удаления растений (табл. 5).

Таблица 5

**Влияние биопрепаратов на численность грибных зачатков
*Fusarium culmorum***

Вариант опыта	Пропагул/см ²
1. Контроль (семена без обработки)	0
2. <i>Fusarium culmorum</i>	9 000
3. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i>	1600
4. <i>Fusarium culmorum</i> + «Байкал-ЭМ1»	60 000
5. <i>Fusarium culmorum</i> + «Алирин-Б»	1500
6. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Байкал-ЭМ1»	6700
7. <i>Fusarium culmorum</i> + <i>Nostoc paludosum</i> + «Алирин-Б»	1000
8. <i>Fusarium culmorum</i> + «Байкал-ЭМ1»+ «Алирин-Б»	менее 100

Определения показали, что численность грибных зачатков *F. culmorum* максимальна в варианте *F. culmorum* + «Байкал-ЭМ1» (60000 пропагул/см²), что объясняет полученные нами ранее данные по состоянию растений.

Возможно, «Байкал-ЭМ1», имея в своем составе рост активизирующие вещества, оказал стимулирующее действие не только на растение, но и на фитопатоген.

Наименьшая численность грибных зачатков зарегистрировано в варианте *F. culmorum*+ «Байкал-ЭМ1»+«Алирин-Б», где активность каталазы ниже 100 мл О₂/г биомассы, что трудно объяснить. Более очевидно снижение численности грибов в вариантах, где использовали *N. paludosum* и «Алирин-Б».

Выводы: 1. Использование биопрепарата «Экстрасол» и *N. paludosum* для защиты семян пшеницы сорта Иргина показало их высокую эффективность. Так, гибель растений при одновременной обработке семян фитопатогеном и биопрепаратом снимало поражающее действие грибов.

2. Применение препаратов на декоративном растении – астра сорта Индра, также показало их способность оказывать антагонистическое действие на *F. culmorum*.

Поэтому в системе мероприятий по предотвращению инфекционных болезней растений биопрепараты могут и должны занять достойное место как экологически надежные, безопасные и безотказные биофунгициды.

Литература

- Домрачева Л. И. «Цветение почвы и закономерности его развития». Сыктывкар, 2005. 336 с.
 Монастырский О. А. Токсинообразующие грибы, Паразитирующие на зерне // АГРО XXI, 2001. № 11. С. 5–7.

ИЗУЧЕНИЕ РОСТСТИМУЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ЦИАНОБАКТЕРИИ *FISCHERELLA MUSCICOLA* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ

А. В. Шабалина, А. Л. Ковина

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
a.shabalina94@mail.ru*

В настоящее время одной из главных задач сельского хозяйства и агробиотехнологии является экологизация, отказ от применения химических препаратов и удобрений, ухудшающих состояние окружающей среды и негативно влияющих на здоровье человека.

Альтернативой химическим удобрениям являются почвенные микроорганизмы, которые продуцируют большое количество биологически активных веществ. В связи с этим большой интерес представляют цианобактерии, которые способны к фиксации атмосферного азота и обладают высокими адаптационными возможностями и устойчивостью к часто меняющимся условиям окружающей среды.

Ростстимулирующая активность почвенных цианобактерий в настоящее время активно изучается. Она связана с образованием цианобактериями ауксинов, гиббериллинов и других биологически активных веществ, которые, поступая в корни растений, стимулируют их рост, проявляют фунгицидные свойства и улучшают качество урожая (Трефилова, 2008).

В настоящее время рядом исследователей изучена ростстимулирующая активность цианобактерий при выращивании растений гороха посевного, томатов, картофеля, ржи, пшеницы, капусты, редиса, горчицы, озимой ржи, яровой пшеницы, козлятника восточного, некоторых декоративных растений, а также сеянцев хвойных пород и других растений (Зыкова и др., 2015; Ковина и др., 2010; Шестакова, Ковина, 2015).

Цель работы: изучение ростстимулирующей активности цианобактерии *Fischerella muscicola* на рост и развитие декоративных растений, по сравнению с некоторыми коммерческими стимуляторами роста и развития растений.

В работе использована культура цианобактерий *F. muscicola* из коллекции микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции семеноводства и микробиологии ВятГСХА. В опытах использовались ее двухмесячная культура.

Изучение ростстимулирующей активности цианобактерии *F. muscicola* проводили в лабораторных условиях при обработке чешуек луковиц лилий, на семенах декоративного подсолнечника (*Helianthus annuus* L.), душистого горошка (*Lathyrus odoratus* L.) и настурции вьющейся (*Tropaeolum peregrinum* L.) в чашечных культурах.

Опыт включал 4 варианта в четырехкратной повторности. Семена декоративного подсолнечника сорта «Плюшевый мишка», душистого горошка «Драгоценность» и настурции вьющейся «Вспышка» проращивали в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге. В каждой чашке было по

10 семян. В чашки с 1 вариантом добавляли 1 мл суспензии клеток *F. muscicola* и 9 мл воды. В чашки с вариантом 2 и 3 добавляли по 10 мл растворов коммерческих стимуляторов «Эпин» и «НВ-101», приготовленных в соответствии с прилагаемой к ним инструкцией. В чашки с 4 вариантом (контроль) добавляли дистиллированную воду, по 10 мл в каждую чашку.

После проведения опыта проводили измерения длины корней у проростков (табл. 1).

Таблица 1

Влияние *F. muscicola* и коммерческих стимуляторов на развитие корневой системы проростков декоративных растений ($\bar{X} \pm I_{95}$, n = 4)

Вариант опыта	Подсолнечник декоративный «Плюшевый мишка»		Душистый горошек «Драгоценность»		Настурция вьющаяся «Вспышка»	
	Длина корней, мм	Всхожесть семян, %	Длина корней, мм	Всхожесть, %	Длина корней, мм	Всхожесть, %
<i>F. muscicola</i>	7,11±0,18	85,0	5,89±0,29	47,5	2,81±0,46	17,5
Эпин	1,4±0,08	45,0	8,21±0,28	57,5	2,36±0,24	12,5
НВ-101	7,31±0,21	85,0	4,75±0,30	27,5	11,39±0,41	57,5
Вода (контроль)	6,85±0,16	87,5	6,9±0,30	52,5	3,85±0,27	22,5

При обработке семян подсолнечника суспензией клеток цианобактерии *F. muscicola* наблюдается тенденция к ростстимулирующему действию (рис. 1).

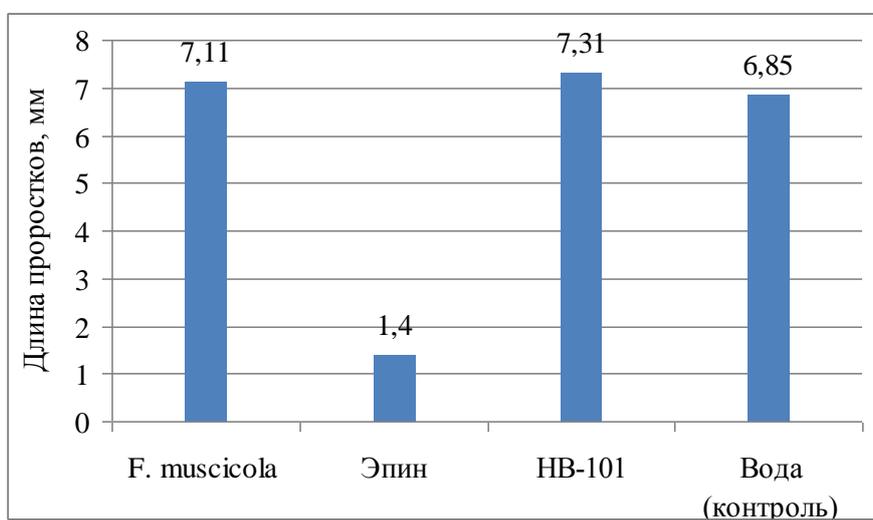


Рис. 1. Влияние *F. muscicola* и коммерческих стимуляторов на развитие корневой системы подсолнечника «Плюшевый мишка»

Обработка семян декоративного подсолнечника суспензией клеток цианобактерии *F. muscicola* не улучшила всхожести семян, но оказала положительное влияние на рост корневой системы.

Большую ростстимулирующую активность на семена душистого горошка «Драгоценность» оказал стимулятор «Эпин», а на семена настурции – стимулятор «НВ-101».

В следующем опыте исследовали влияние стимуляторов на формирование деток и корней на чешуйках луковиц лилий *Lilium*. К сожалению, не все сорта лилий эффективно размножаются луковицами, например, восточные лилии практически не дают детки. Поэтому мы решили применить малоизвестный способ размножения лилий – чешуйками. У этого способа, кроме высокого коэффициента размножения, есть ещё одно преимущество – размножать можно в течение всего года.

Опыт включал 4 варианта, в каждом варианте использовали по 7 чешуек луковиц лилий.

Чешуйки замачивали в течение 24 часов в суспензии клеток цианобактерии *F. muscicola* (вариант 1), в растворе коммерческих стимуляторов «Циркон» и «НВ-101» (вариант 2 и 3) и в дистиллированной воде (контрольный вариант).

После замачивания, раскладывали чешуйки в стерильные чашки Петри с фильтровальной бумагой, смоченной 5 мл дистиллированной воды.

Продолжительность опыта составила 24 дня. После окончания опыта подсчитали количество образовавшихся новых луковичек и корешков на чешуйках (табл. 2).

Таблица 2

Влияние *F. muscicola* и коммерческих стимуляторов на развитие чешуек луковиц лилий ($\bar{X} \pm I_{95}$, n = 7)

Варианты опыта	Среднее число луковичек	Среднее число корешков
<i>F. muscicola</i>	3,14 ± 0,02	3,86 ± 0,04
Циркон	2,43 ± 0,03	0,14 ± 0,01
НВ-101	2,43 ± 0,03	0,43 ± 0,02
Вода (контроль)	2,86 ± 0,03	1,43 ± 0,04

Обработка чешуек луковиц лилий суспензией клеток *F. muscicola* обладает стимулирующей активностью в отношении появления новых луковичек на чешуйках и в отношении корешков. Среднее число луковичек на чешуйках луковиц лилий составляет 3,14, корешков – 3,86. В то же время обработка стимуляторами «Циркон» и «НВ-101» привела к образованию 2,43 новых луковичек и 0,14 и 0,43 корешков, соответственно (рис. 2).

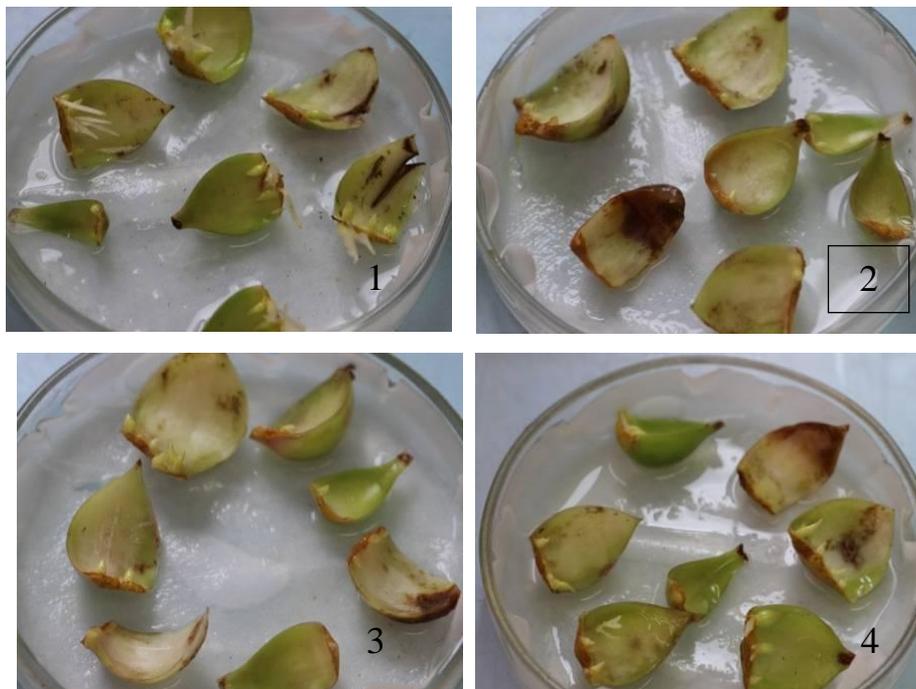


Рис. 2. Оценка стимулирующего действия коммерческих стимуляторов и цианобактерии *F. muscicola* на чешуйки луковиц лилий. Варианты опыта: 1 – *F. muscicola*, 2 – «Эпин», 3 – «НВ-101», 4 – вода (контроль)

В результате чашечных опытов с семенами декоративного подсолнечника «Плюшевый мишка» выявлена тенденция ростстимулирующего действия *F. muscicola* на длину проростков подсолнечника. В опытах с семенами настурции «Вспышка» и душистого горошка «Драгоценность» ростстимулирующее действие *F. muscicola* оставалось на уровне коммерческих стимуляторов. В опыте с чешуйками лилий *F. muscicola* проявила высокую ростстимулирующую активность, увеличивая длину корней и количество луковичек на чешуйках луковиц лилий.

Литература

Ковина А. Л., Трефилова Л. В., Домрачева Л. И., Попов Л. Б. Использование цианобактерий при выращивании декоративных культур // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора Э. А. Штиной. Киров: Вятская ГСХА, 2010. С. 163–167.

Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агроботехнологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2008. 26 с.

Шестакова М. В., Ковина А. Л. Изучение ростстимулирующего и защитного действия цианобактерии *Fischerella muscicola* при проращивании семян декоративного подсолнечника и // Знания молодых – будущее России. Мат. Междунар. студ науч. конф.: Сб. науч. трудов. В 2 ч. Ч. 1. Книга 1. Агрономические, биологические науки. Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2014. С. 111–113.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТСТИМУЛИРУЮЩИХ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ

Л. В. Трефилова, Ю. Н. Зыкова, К. А. Леонова, А. А. Кузнецова
Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
nm-flora@rambler.ru

В настоящее время при возделывании культурных растений широко используются не только удобрения, но и биопрепараты, стимулирующие рост растений, на основе микроорганизмов различной систематической принадлежности. На рынке существующих биопрепаратов несомненно есть качественные и эффективные продукты, но действие микроорганизмов (основной составляющей этих препаратов) не всегда стабильно на различных культурах, почвах, при различных климатических условиях и т. п. Поэтому остается актуальным поиск и создание новых форм биопрепаратов.

Не менее значимо производство экологически чистых продуктов, которое невозможно без применения биопрепаратов на основе микроорганизмов. В настоящее время используются биопрепараты, содержащие штаммы микроорганизмов, выделяющих ауксино- и гиббереллиноподобные вещества, среди этих микробов есть формы, участвующие в синтезе гумуса, другие формируют подвижные формы минеральных соединений, доступных растениям (Трефилова, 2008). Доказано, что при выращивании растений с помощью биопрепаратов на основе микроорганизмов могут быть решены следующие задачи: увеличение энергии прорастания семян; интенсивности роста; повышение стрессоустойчивости; подавление развития фитопатогенов; повышение урожайности; улучшение качества продукции; минерализация органических отходов; восстановление плодородия почвы.

Известно, что цианобактерии (ЦБ) содержат биологически активные вещества, которые оказывают положительное действие на рост высших растений (Зыкова и др., 2015а; Зыкова и др., 2015б). Скрининг ряда почвенных ЦБ, выделенных в чистую культуру на кафедре биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА, показал, что несколько видов ЦБ р. *Nostoc*: *N. linckia*, *N. paludosum*, *N. muscorum*, а также ЦБ *Fisherella muscicola* (Thur.) Gom можно использовать в качестве стимуляторов роста при выращивании различных сельскохозяйственных культур (Горностаева и др., 2104), в первую очередь, бобовых. Именно возделывание бобовых культур в большей степени повышает плодородие почвы. Это обусловлено деятельностью азотфиксирующих клубеньковых бактерий.

Цель данной работы – сравнить эффективность биопрепаратов на основе различных групп микроорганизмов при выращивании вики озимой и вики яровой.

Вика озимая (*Vicia villosa* Roth.) – однолетнее травянистое кормовое растение, представленное короткостадийными, средне- и длинностадийными

(озимыми) формами. Имеет светло-зеленый стебель, высотой 140 см. Относится к высокопродуктивным кормовым культурам. Также её можно использовать в качестве силоса. В настоящее время это единственный бобовый компонент озимых ржи и пшеницы, возделываемых в Европейской части страны для получения раннего высокобелкового корма (Курочкин, 2006).

Вика яровая (*Vicia sativa* L.) не требовательна к теплу, влаголюбива. Семена начинают прорасти при 2–3 °С, а всходы выдерживают заморозки до 4–6 °С. Больше всего воды она поглощает во время интенсивного нарастания вегетативной массы и в фазе цветения – образования плодов. Хорошо растет на нейтральных и слабокислых почвах (Пирогова, 2003).

В работе были использованы семена:

– вики озимой сорта «Глинковская». Сорт выведен в Воронежском агроуниверситете им. К. Д. Глинки массовым отбором на зимостойкость и продуктивность. Облиственность 75%. Цветки фиолетовые. Бобы светло-коричневые, ромбические, 4–7-семянные. Семена шаровидные, черные. Масса 1000 семян 25–31 г. Вегетационный период 301 день;

– вики яровой сорта Львовская 22. Выведен на Львовской опытно-селекционной станции. (Львовская 60 x Белоцерковская 222) x Белоцерковская 222 (прерывный беккросс). Облиственность средняя 53–55%. Цветки лилово-пурпурные. Бобы изогнутой формы с загнутым кончиком, содержащие 8–10 семян. Семена крупные, округлые, цвет темно-серый с фиолетовым оттенком. Масса 1000 семян 58–64 г. Вегетационный период 82–102 дня.

Предпосевную обработку семян вики проводили в соответствии с целью исследования, биопрепаратами, существующими на рынке, а также смесью ЦБ. Нами были выбраны биопрепараты на основе биогуруса «Идеал» и «Плодородие», рекомендуемые для стимуляции роста растений. В состав этих препаратов входят молочнокислые и азотфиксирующие бактерии.

Рабочие растворы на основе биопрепаратов «Идеал» и «Плодородие» готовили в соответствии с инструкцией.

Смесь ЦБ включала 1,5 месячные культуры *Fischerella muscicola* (Thur.) Gom. № 300, *Microchaeta tenera* № 265, *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flah № 271, *N. muscorum* № 21, *N. paludosum* № 18. Все ЦБ были взяты из коллекции фоторофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА;

Для приготовления цианобактериальной смеси культуры ЦБ выращивали на жидкой среде Громова № 6 без азота в течение 6 недель. Перед постановкой опыта культуры гомогенизировали и определяли их титр, который для *Fischerella muscicola* составил $9,0 \cdot 10^7$ кл./мл, *Microchaeta tenera* – $2,8 \cdot 10^7$ кл./мл, *Nostoc linckia* – $3,9 \cdot 10^7$ кл./мл, *N. muscorum* – $6,0 \cdot 10^7$ кл./мл и *N. paludosum* – $12,8 \cdot 10^7$ кл./мл. Титр ЦБ в смешанной культуре составлял $6,9 \cdot 10^7$ кл./мл.

Семена перед закладкой опыта на 60 минут замачивали в чашках Петри в соответствии с вариантами опыта (таблица), а затем проращивали методом рулонных культур, сущность которого заключается в том, что полоски

фильтровальной бумаги 30×10 см смачивают дистиллированной водой, на одну полоску выкладывают семена на расстоянии 1 см друг от друга и закрывают второй, после чего свёртывают в рулон. Рулон помещают в ёмкость с водой.

Контролем служили семена без обработки.

На 5-е сутки определяли всхожесть и морфометрические показатели растений (высоту проростков и длину корней). Результаты измерений представлены в таблице.

Таблица

Сравнение ростстимулирующего действия биопрепаратов и смеси ЦБ на рост и развитие вики озимой и вики яровой (5-ти суточные проростки)

Вариант	Всхожесть (%)		Длина корней, см		Высота проростков, см	
	Вика озимая	Вика яровая	Вика озимая	Вика яровая	Вика озимая	Вика яровая
Контроль	84,7	83,3	4,5±0,7	2,0±0,6	2,4±0,4	1,3±0,2
Жидкое удобрение «Идеал»	66,7	46,6	3,1±0,5	1,3±0,3	1,4±0,2	0,7±0,1
Биопрепарат «Плодородие»	61,1	42,2	2,4±0,4	1,1±0,1	1,1±0,2	0,5±0,1
Смесь ЦБ	86,4	85,5	4,7±0,8	2,8±0,2	2,9±0,5	1,4±0,1

Анализ полученных результатов показал, что цианобактериальная смесь увеличивает всхожесть семян вики озимой, по сравнению с биопрепаратом «Идеал» и «Плодородие» на 19,7 и 25,3% соответственно. Для вики яровой эти показатели составили 38,9 и 43,3%.

Смесь ЦБ оказывает также сильное ростстимулирующее и ризогенное действие. Так показатель длины корней в варианте с цианобактериальной инокуляцией семян был выше по сравнению с вариантами, где семена были обработаны препаратами «Идеал» и «Плодородие» на 33 и 49% соответственно. Для вики яровой эти показатели составили 54 и 61%. Высота проростков вики озимой обработанных смесью ЦБ была выше на 51,7 и 62,1% по сравнению со 2 и 3 вариантами соответственно. Для вики яровой эти показатели составили 50 и 64%.

На 7-е сутки определяли следующие морфометрические показатели растений: высоту проростков, длину корней и количество листьев (рис. 1). Показатели высоты проростков и длины корней в варианте с смесью ЦБ, по отношению к контролю, были выше для вики яровой более чем на 10%, для вики озимой – около 6%. В варианте с обработкой препаратами «Идеал» и «Плодородие» данные показатели были ниже уровня контроля, хотя в аннотации к обоим препаратам указан ростстимулирующий эффект.



Вариант 1. Контроль



Вариант 2. Препарат «Идеал»



Вариант 3. Препарат «Плодородие»



Вариант 4. Смесь цианобактерий

Рис. 1. Влияние биопрепаратов на развитие вики озимой (7-суточные проростки)

Наиболее ярко эффект действия биопрепаратов проявился на показателе количества листьев, причем в вариантах с обработкой препаратами «Идеал» и «Плодородие» наблюдалась схожая картина с другими морфометрическими показателями: они не превышали уровня контроля. В случае обработки смесью ЦБ этот показатель был выше уровня контроля для вики яровой более чем на 10 %, для вики озимой – на 20% (рис. 2).

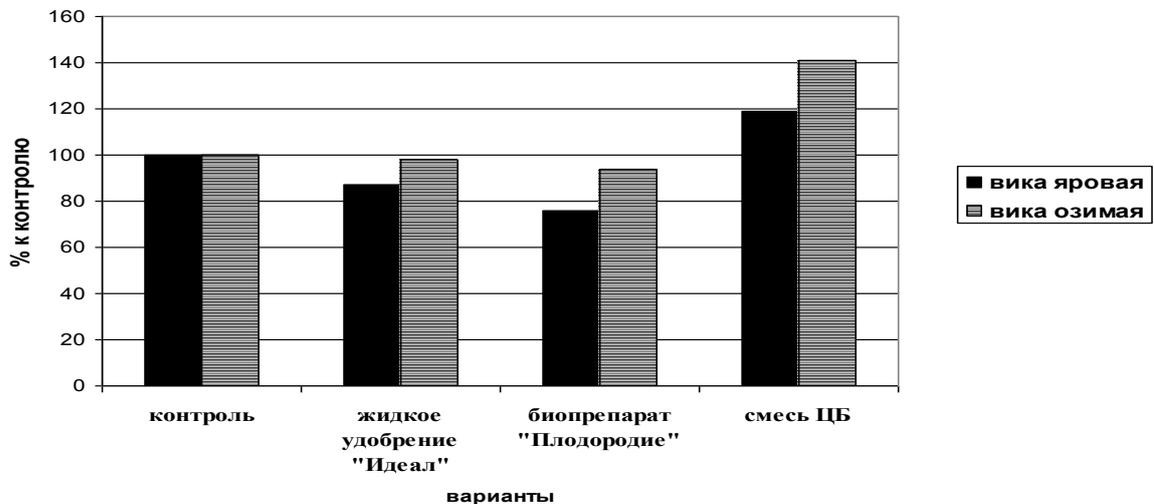


Рис. 2. Влияние биопрепаратов на количество листьев у вики яровой и озимой

Таким образом, изучение эффективности применения различных биопрепаратов при выращивании вики озимой и вики яровой показало, что использование многовидовой цианобактериальной смеси существенно повышает всхожесть семян и такие морфометрические показатели проростков, как их высота, длина корней и количество листьев, по сравнению с биопрепаратами «Идеал» и «Плодородие».

Следовательно, возникает необходимость проведения дальнейших исследований с цианобактериальной инокуляцией семян бобовых культур в полевых условиях и, в случае положительного эффекта, создания нового биопрепарата.

Литература

Горностаева Е. А., Домрачева Л. И., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Перспективы биотехнологического использования цианобактерии *Fisherella muscicola* (Thur.) Gom // Биотехнология – от науки к практике: Матер. научных докладов участников Всерос. конф. с междуна. участием, посвящённой памяти профессора Киреевой Наили Ахняфовны. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С. 98–101.

Зыкова Ю. Н., Трефилова Л. В., Ковина А. Л. Ростстимулирующая активность цианобактерий и их роль в формировании фототрофных микробных комплексов // Перспективы развития науки и образования: Матер. междунар. науч.-практ. конф.: в 13 частях. М.: АР – Консалт, 2015а. С. 56–58.

Зыкова Ю. Н., Короткова А. В., Трефилова Л. В. Изучение ростстимулирующей активности цианобактерий на декоративной культуре цинния изящная (*Zinnia elegans* Jacq.) // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах. II Междунар. науч.-практ. конф., посвященная 105-летию со дня рождения профессора Эмилии Адриановны Штиной. Киров, 2015б. С. 146–150

Курочкин А. М. Биология, особенности технологии возделывания и семеноводства вики мохнатой (озимой) *Vicia villosa* Roth. Дис. ... д-ра с.-х. наук. Брянск, 2006. 44 с.

Пирогова Э. И. Особенности формирования урожая вики яровой на дерново-подзолистой почве Республике Марий Эл: Автореф. дис. ... к. с.-х. наук. Йошкар-Ола, 2003. 24 с.

Трефилова Л. В. Использование цианобактерий в агробиотехнологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2008. 25 с.

ВЛИЯНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Н. С. Быданцева¹, Л. В. Кондакова^{1, 2}

¹ Вятский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Целью исследования являлось изучение ростактивирующего и защитного действия цианобактерий *Trichromus variabilis* и *Nostoc paludosum* на развитие проростков ячменя сорта «Новичок» в чистой и загрязненной тяжелыми металлами среде.

Цианобактерии (ЦБ) были выделены из лечебной грязи санатория Нижне-Ивкино Кировской области (Кондакова и др., 2014). В качестве тест-

объекта использовали ячмень сорта «Новичок». Опыт закладывали в чашках Петри в 3-х кратной повторности в следующих вариантах: контроль (дистиллированная вода), дистиллированная вода + ЦБ, растворы тяжелых металлов (ТМ) ($ZnSO_4$ и $Pb(CH_3COO)_2$) с разной концентрацией (0,1 ПДК, 1 ПДК, 10 ПДК), растворы ТМ + ЦБ.

По истечении 7 дней измеряли длину корней и побегов в контрольных и опытных вариантах, полученные результаты заносили в таблицу. Далее рассчитывали величину эффекта торможения по формуле (Воронина, Терехова, 2014):

$$E_T = (L_K - L_{оп}) \cdot 100 / L_K, \text{ где}$$

E_T – эффект торможения (%);

L_K – средняя длина корней в контроле (мм);

$L_{оп}$ – средняя длина корней в опыте (мм).

Результаты измерений корней и побегов растений ячменя приведены в таблице 1. ЦБ, выделенные из лечебной грязи, проявили рост-активирующее действие на развитие проростков, длина корней увеличилась на 12,9% по отношению к контролю, незначительно увеличилась длина побега на 1,9%. В вариантах опыта с ионами ТМ с ростом концентрации загрязнителя прирост корневой системы и побега уменьшается. При загрязнении ионами цинка при концентрации 0,1 ПДК прирост корневой системы составляет 96% к контролю, побега – 93,5%; при 1 ПДК 88,1 и 83,7%; соответственно 10 ПДК – 19,5 и 43,7%. Ионы свинца проявили более высокую токсичность в вариантах 0,1 и 1 ПДК и более низкую – в варианте 10 ПДК. Изучение биопротекторных свойств ЦБ показало, что в вариантах опыта с ЦБ и загрязнением ТМ негативное воздействие токсикантов снижается.

Таблица 1

Влияние цианобактериальной обработки семян на морфометрические показатели проростков ячменя при воздействии тяжелых металлов

Вариант опыта		Длина корней, см	Длина корней, % к контролю	Длина побега, см	Длина побега, % к контролю
Контроль		6,45±1,74	100,0	6,63±1,47	100,0
Контроль + цианобактерии		7,29±0,86	112,9	6,76±1,21	101,9
Цинк	0,1 ПДК	6,19±1,31	96,0	6,20±1,25	93,5
	1 ПДК	5,68±1,59	88,1	5,55±1,63	83,7
	10 ПДК	1,26±0,49	19,5	2,90±1,06	43,7
Свинец	0,1 ПДК	5,18±1,32	80,4	5,37±1,37	81
	1 ПДК	4,68±1,43	72,5	4,57±1,05	68,9
	10 ПДК	4,55±0,74	70,5	4,37±0,82	65,9
Цианобактерии + цинк	0,1 ПДК	6,15±1,37	95,3	5,78±0,99	87,2
	1 ПДК	5,53±1,12	85,8	5,46±1,04	82,3
	10 ПДК	2,03±0,82	31,4	3,38±0,95	51
Цианобактерии + свинец	0,1 ПДК	5,36±1,02	83,1	5,43±0,80	81,9
	1 ПДК	5,26±1,02	81,6	5,32±1,35	80,2
	10 ПДК	4,68±0,99	72,4	4,51±1,04	68

На основании измерений была рассчитана величина эффекта торможения роста проростков ячменя (табл. 2).

Таблица 2

Величина эффекта торможения роста ячменя

Вариант	Средняя длина корней, см	Фитоэффект, %	Тест-реакция	
Контроль	6,45±1,74	0	норма	
Контроль + цианобактерии	7,29±0,86	0	норма	
Цинк	0,1 ПДК	6,19±1,31	3,9	норма
	1 ПДК	5,68±1,59	11,9	норма
	10 ПДК	1,26±0,49	80,5	эффект торможения
Свинец	0,1 ПДК	5,18±1,32	19,6	норма
	1 ПДК	4,68±1,43	27,4	эффект торможения
	10 ПДК	4,55±0,74	29,7	эффект торможения
Цинк + цианобактерии	0,1 ПДК	6,15±1,37	4,7	норма
	1 ПДК	5,53±1,12	14,2	норма
	10 ПДК	2,03±0,82	68,6	эффект торможения
Свинец + цианобактерии	0,1 ПДК	5,36±1,02	16,9	норма
	1 ПДК	5,26±1,02	18,4	норма
	10 ПДК	4,68±0,99	27,5	эффект торможения

Эффект торможения присутствовал при концентрациях ТМ в 10 ПДК для ионов цинка и 1 и 10 ПДК для свинца. Для проб с вариантами ТМ и ЦБ с концентрациями 10 ПДК.

Таким образом, выделенные из лечебной грязи ЦБ оказывают рост-стимулирующее и биопротекторное действие на развитие проростков ячменя сорта «Новичок».

Литература

Воронина Л. П., Терехова В. А. Фитотестирование в экологическом контроле: учебно-методическое пособие. М.: Доброе слово, 2014. 32 с.

Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Огородникова С. Ю., Малыгина О. Н. Микробные комплексы лечебной грязи санатория «Нижне-Ивкино». Материалы 12 Всерос. науч.-прак. конф. с междунар. участием. Киров, 2014. С. 313–317.

БИОДЕГРАДАЦИЯ КАК МЕТОД ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ БЕЛОГО ФОСФОРА

*А. З. Миндубаев¹, А. Д. Волошина¹, Н. В. Кулик¹, Ш. З. Валидов²,
Э. В. Бабынин², Д. Г. Яхваров¹*

¹ *Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова КазНЦ РАН,*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, mindubaev@iopc.ru, mindubaev-az@yandex.ru*

Белый фосфор (P₄) является одним из самых опасных загрязнителей окружающей среды (Toxicological ..., 1997). Тем не менее, он широко применяется в химической промышленности. Поэтому не исключается его попадание

в окружающую среду. У элемента фосфора есть уникальное качество – будучи сильнейшим ядом в виде простого вещества, в окисленном состоянии он абсолютно необходим для всех форм жизни. Таким образом, возможна его полная детоксикация (Миндубаев и др., 2016а).

Целью настоящего исследования являлась переработка белого фосфора при помощи микроорганизмов, населяющих осадки канализационных стоков и получение экспериментальных данных, подтверждающих путь биологической деградации P_4 . Нами впервые произведен посев устойчивой микрофлоры в искусственную культуральную среду, содержащую в качестве единственного источника фосфора белый фосфор, и наблюдался рост в этой среде.

Посев *Aspergillus niger* и *Streptomyces* sp. (Миндубаев и др., 2015 (а)), производили в среду, в которой единственный источник фосфора – белый фосфор в концентрации 0,01 и 0,05% по массе. Посевы производились в модифицированную среду Придхем-Готлиба. В классической среде Придхем-Готлиба в качестве источника углерода выступают нефтепродукты. Наша модификация включает глюкозу, но не содержит источники фосфора (в качестве такового выступает белый фосфор). Посев *A. niger*, споры которого были внесены вместе с белым фосфором, производили в среду, содержащую белый фосфор в концентрации 0,01 и 0,05% по массе. В контрольные среды К (+) вносился фосфат. В контрольные среды К (–) источники фосфора не вносились. Белый фосфор диспергировали в стерилизованной автоклавированием дистиллированной воде. Споры *A. niger* попали в среды, вероятно, с белым фосфором, который не подвергался стерилизации. Второй пересев *A. niger* произведен в среды аналогичного состава, третий – в среды с увеличенной концентрацией белого фосфора: 0,05, 0,1 и 0,2% по массе. Аналогично был произведен посев *Streptomyces* sp., выделенного из ОСВ с 0,01% белого фосфора. Четвертый пересев проводился в среды с концентрацией белого фосфора 0,1, 0,5 и 1% по массе. В этом посеве, помимо аспергилла и стрептомицета, высевался гриб *Trichoderma asperellum* F-1087, любезно предоставленный кафедрой биохимии ИФМиБ КФУ.

Рост аспергилла стал неожиданностью. По всей видимости, споры плесневого гриба попали в среды с навесками белого фосфора. В контрольные среды К (+) вносился фосфат. В контрольные среды К (–) источники фосфора не вносились. Через пять суток произвели посев выросших *A. niger* в контрольные среды К (+) и К (–). В среде К (–) без источников фосфора колонии выросли немногочисленные, занимающие сравнительно большую площадь, но очень слабые (практически прозрачные, с неразвитым мицелием). По-видимому, сказалась нехватка фосфора: агар, используемый для приготовления среды, содержит примесь фосфата, но недостаточную для полноценного роста грибов. Любопытно, что в среде с 0,05% белого фосфора колоний выросло меньше, чем в К(+), однако они производят впечатление совершенно нормальных, не испытывающих дефицит питательных веществ. Отсюда следует вывод, что в среде с белым фосфором выживают не все споры гриба, но выжившие обладают способностью использовать в качестве источника

фосфора либо сам белый фосфор, либо продукты его химических превращений. Третий и четвертый пересевы были произведены в среды с более высокой концентрацией белого фосфора, с целью адаптации гриба к ней. Одновременно был произведен посев гриба *T. asperellum* F-1087. Были выбраны концентрации 0,5, и 1% P₄. Последняя, самая высокая концентрация соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз (Barber, 1996)! Тем не менее, даже при столь высоком содержании белого фосфора в среде наблюдался рост колоний гриба, хотя медленный. Третий пересев *Streptomyces* sp. впервые продемонстрировал рост устойчивости микроорганизмов к белому фосфору в процессе селекции. На 22 сутки после посева наблюдался рост стрептомицета в среде, содержащей 0,5% белого фосфора. В предыдущих посевах *S.* sp. рос на концентрациях не более 0,2%, т.е. устойчивость к белому фосфору – признак, усиливающийся в результате направленной селекции.

Для дальнейшей, более углубленной работы с выделенным устойчивым к белому фосфору штаммом гриба, была необходима его идентификация с привлечением методов генетического анализа. Ставилась цель определить видовую принадлежность гриба, по морфологическим признакам предварительно отнесенного к виду черный аспергилл (*A. niger*), а также зарегистрировать полученный нами новый штамм в международной базе нуклеотидных последовательностей GenBank (Миндубаев и др., 2015б), Миндубаев и др., 2016б). Посев *A. niger* AM1, *T. asperellum* F-1087 и *Streptomyces* sp. А8 производили в среду ПГА (Миндубаев и др., 2015б). В качестве источника фосфора в среде был использован белый фосфор в концентрации 0,01 и 0,05% по массе. Через 60 дней биомассу микромицетов и актиномицетов пересевали на концентрации белого фосфора 0,05, 0,1 и 0,2%. После следующих 60 дней штаммы пересевали на более высокие концентрации P₄ 0,5, и 1%.

Генетический анализ проводился следующим образом. Образцы ДНК из культуры гриба *A. niger* AM1 выделялись по методике, описанной в (Миндубаев и др., 2016б). Далее проводилась полимеразная цепная реакция (ПЦР) полученных фрагментов ДНК.

Третий пересев *Streptomyces* sp. впервые продемонстрировал рост устойчивости микроорганизмов к белому фосфору в процессе селекции. На 22 сутки после посева наблюдался рост стрептомицета в среде, содержащей 0,5% белого фосфора. На 27 сутки после шестого посева *A. niger* наблюдается начало роста гриба в среде с 1% белого фосфора. В предыдущих посевах максимальная концентрация белого фосфора, на которой рос аспергилл, составляла 0,5%. То есть, *A. niger*, как и стрептомицет, после нескольких пересевов выработал значительно большую устойчивость, по сравнению с изначальной.

Для генетической идентификации микромицета, по морфологическим признакам отнесенного к виду *A. niger*, была определена нуклеотидная последовательность его регионов ITS1 и ITS2 между 18S и 25S рибосомальными генами, включающий 5,8S ген. Сравнение полученной последовательности с последовательностями базы данных GenBank с помощью системы BLAST,

выявила 99% гомологию с ITS1 и ITS2 регионами описанных штаммов *Aspergillus niger*, что позволяет идентифицировать данный микроорганизм, как новый штамм *A. niger*. Ему мы присвоили номер *A. niger* AM1 (Миндубаев и др., 2015б, Миндубаев и др., 2016б). Нуклеотидная последовательность штамма опубликована в базе данных GenBank, где ей присвоен номер KT805426.

Посев *A. niger* AM1 в среду, содержащую сразу два источника фосфора, – классическая смесь гидрофосфата и дигидрофосфата, и белый фосфор, вызывает большой интерес. Эксперимент был усложнен по сравнению с предыдущими. Посев производился не в трех, а в четырех вариантах: без источников фосфора, с фосфатом, с 0,2% белого фосфора и, четвертый вариант – с 0,2% P₄ и с фосфатом (в той же концентрации, что во втором варианте). На 12 сутки после посева *A. niger* AM1 наблюдалась следующая картина. В средах без источников фосфора рост практически не наблюдается. В средах с фосфатом аспергилл хорошо растет и спороносит, однако культура не чистая, помимо черных колоний аспергилла присутствуют колонии других микроорганизмов. В средах с 0,2% белого фосфора колонии аспергилла имеют бледно-серый цвет (пониженная фертильность). Очень интересный результат показал четвертый вариант посева – с белым фосфором и фосфатом. Колонии растут очень хорошо, даже более развитые, чем в среде с фосфатом, причем выросла чистая культура (рис.). Следовательно, медленный рост аспергилла в среде с белым фосфором объясняется не токсичностью последнего для данного штамма, а исключительно его труднодоступностью как источника фосфора! А конкуренция с другими видами сильнее тормозит рост, чем присутствие белого фосфора (Миндубаев и др., 2016б). В представленной работе проведена оценка генотоксичности белого фосфора при помощи теста Эймса (Mortelmans, Zeiger, 2000), которая показала ее отсутствие. При разбавлении среды бульоном до концентрации 10% снижение жизнеспособности сальмонелл не наблюдается, т.е. достигнута субвита́льная концентрация. При инкубировании в среде штамма *Salmonella typhimurium* TA1535 в течение 1 часа число мутантов изменилось с $1,19 \pm 0,29$, до $1,310 \pm 0,28$. Различия недостоверны. При инкубировании в ней штамма TA1538 в течение 1 часа число мутантов не выросло, а упало с $10,09 \pm 0,81$ до $9,0 \pm 0,72$. В позитивном контроле с мутагеном 2,4-динитрофенилгидразином их число выросло до $22,5 \pm 3,1$. То есть, белый фосфор не является мутагеном.

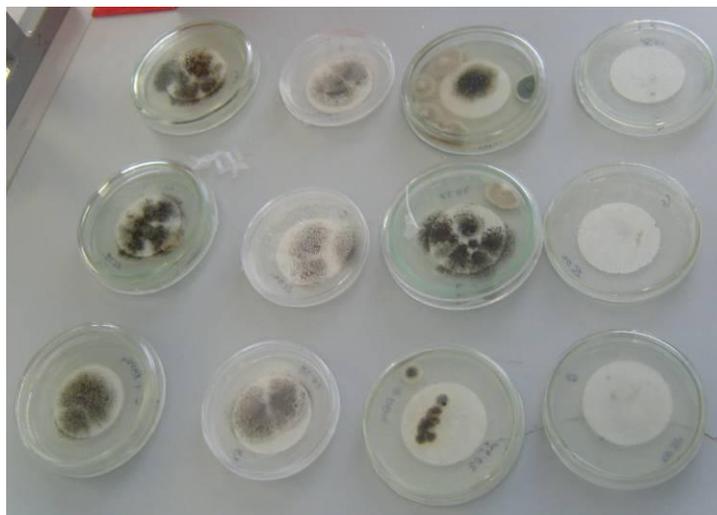


Рис. Первый пересев устойчивых *A. niger* AM1 в четыре варианта среды. Ряд крайний справа – среда без источников фосфора; второй справа – с фосфатом; второй слева – с белым фосфором (0,2%) и крайний слева – с 0,2% P₄ и фосфатом. Пояснения в тексте. Снимок сделан через 11 суток после посева

Литература

Миндубаев А. З., Алимова Ф. К., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Минзанова С. Т., Тухбатова Р. И. Способ детоксикации белого фосфора с применением штамма микроорганизмов *Trichoderma asperellum* F-1087 // Дата приоритета 28. 07. 2015 г. Регистрационный номер 2015131380 (048333). Решение о выдаче патента от 29. 08. 2016 г.

Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Валидов Ш. З., Кулик Н. В., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Яхваров Д. Г., Аккизов А. Ю. Рост культуры *Aspergillus niger* AM1 в среде с двумя источниками фосфора. Обоснованность определения «биодegradация» в отношении белого фосфора // Бутлеровские сообщения. 2016. Т. 46. № 5. С. 1–20.

Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Валидов Ш. З., Кулик Н. В., Алимова Ф. К., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Белостоцкий Д. Е., Сапармырадов К. А., Тухбатова Р. И., Яхваров Д. Г. Адаптация микроорганизмов к белому фосфору, как результат направленной селекции. Генетическая идентификация устойчивого аспергилла и метаболическое профилирование стрептомицета A8 // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 44. № 12. С. 1–28.

Миндубаев А. З., Волошина А. Д., Горбачук Е. В., Кулик Н. В., Алимова Ф. К., Минзанова С. Т., Миронова Л. Г., Сапармырадов К. А., Хаяров Х. Р., Яхваров Д. Г. Включение белого фосфора в природный круговорот веществ. Культивирование устойчивой микрофлоры // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 41. № 3. С. 54–81.

Barber J. C. Processes for the disposal and recovery of phosphy water. Патент US5549878, заявлен: 24 мая 1995, выдан: 27 августа 1996.

Mortelmans K., Zeiger E. The Ames *Salmonella*/microsome mutagenicity assay // Mutation Research. 2000. Vol. 455. No. 1–2. P. 29–60.

Toxicological profile for white phosphorus / U.S. Department of health and human services. USA. 1997. 248 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД НА ЦИАНОБАКТЕРИЮ *NOSTOC LINCKIA*

К. А. Черепанова¹, Е. А. Горностаева¹, С. Л. Фукс¹
¹ Вятский государственный университет, g_lentochka@mail.ru

Гальванические технологические процессы представляются одними из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, поскольку отходами данного производства являются тяжелые металлы (ТМ), в частности никель. Как известно, в настоящее время отсутствуют системы глубокой очистки сточных вод от ионов никеля (II), поэтому, попадая в рыбохозяйственные водоемы и водотоки они наносят вред миклофлоре и высшим организмам. Данный ТМ включен в официальный список экотоксикантов по данным Всемирной организации здравоохранения. Ионы никеля (II) оказывают мембрано-, ферменто- и генотоксическое действие на организм (Борисенкова, 2001).

По литературным данным известно, что цианобактерии (ЦБ) являются перспективными тест-объектами по отношению к ТМ, поэтому в данном исследовании использовались именно эти организмы (Горностаева, 2015; Фокина и др., 2015).

Цель работы – изучить влияние разных концентраций ионов никеля (II) на изменение физиологических характеристик цианобактерии *Nostoc linckia* при различном времени воздействия – 3 и 24 ч.

В качестве токсиканта был использован никель в виде соли – $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 100, 700, 30 000 мг/дм³. Отдельно выделены варианты контроля.

Объектом исследования была альгологически чистая культура ЦБ *Nostoc linckia* (Roth) Born. et Flash. № 271, выращенная в среде Громова № 6 без азота в течение 4-х недель.

Жизнеспособность ЦБ в токсичной среде определяли тетразольно-топографическим методом (Домрачева и др., 2008). 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. Активность каталазы (АК) определяли газометрическим методом в модификации для ЦБ (Хазиев, 2006). В основе данного метода лежит измерение скорости распада перекиси водорода при взаимодействии с субстратом. Содержание хлорофилла *a* и феофитина определяли по монохроматической методике (Neelam, Meenu, 2009).

В ходе работы была выявлена закономерность в соотношении жизнеспособных клеток по отношению к ТМ: чем выше концентрация металла, тем меньше число жизнеспособных клеток ЦБ (табл. 1). Так, в вариантах через 3 ч воздействия ТМ наблюдаются следующие результаты: в контроле процент жизнеспособных клеток равен 97%, при концентрации 100 мг/дм³ – 3,35%,

700 мг/дм³ – 2,24%, 30 000 мг/дм³ – 0,35%. Через 24 ч данные несколько отличаются в меньшую сторону. Например, в контроле данный показатель равен 87,85%, при 100 мг/дм³ – 1,46%, 700 мг/дм³ – 0,79%, 30 000 мг/дм³ – 0%. Но, в целом, динамика уменьшения числа живых клеток с увеличением дозы токсиканта сохраняется.

Таблица 1

**Влияние различных концентраций ионов никеля (II)
на жизнеспособность клеток цианобактерий *Nostoc linckia***

Концентрация ионов никеля (II), мг/л	Жизнеспособные клетки, %		Нежизнеспособные клетки, %	
	3 ч	24 ч	3ч	24ч
Контроль	97,00	87,85	3,00	12,15
100	3,35	1,46	96,65	98,54
700	2,24	0,79	97,76	99,21
30000	0,35	0,00	99,65	100,00

Также установлено, что с увеличением содержания Ni в испытываемой среде, в пределах заявленных концентраций, наблюдается закономерное увеличение АК (рис. 1). Так, по сравнению с контролем, увеличение АК при 100 мг/дм³ составляет 4%, при 700 мг/кг – 24%. Через 24 часа АК увеличивается в 1,3 раза. Вероятно, это связано с тем, что влияние стрессовых факторов на ЦБ повышается, соответственно, усиливается работа дыхательной системы. Увеличение АК в контроле через 24 ч (с 0,082 до 0,103 мл O₂/мин) воздействия объясняется размножением популяции ЦБ и, как следствие, усилением ферментативной активности.

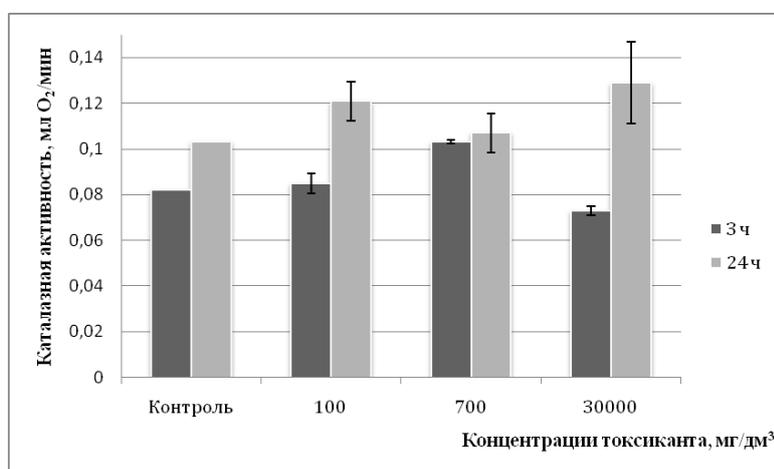


Рис. 1. Влияние ионов никеля (II) на каталазную активность цианобактерии *Nostoc linckia* через 3ч и 24 ч

В контрольных вариантах регистрируется высокое содержание хлорофилла *a* (рис. 2) и отсутствует феофитин (рис. 3). Также высокое содержание данного пигмента наблюдается и при минимальной концентрации токсиканта – 100 мг/дм³. Данное явление объясняется тем, что в малых дозах ТМ являются стимуляторами большинства физиологических реакций, происходящих в клетках ЦБ. В целом, с увеличением концентрации Ni отмечается уменьшение содержания хлорофилла *a*, происходит возрастание количества феофити-

на. Наиболее четко эта тенденция прослеживается через 24 ч воздействия. Например, при концентрации 700 мг/дм^3 данный показатель составляет $0,11 \text{ мг/мл}$, а при 30000 мг/дм^3 – $0,37 \text{ мг/мл}$.

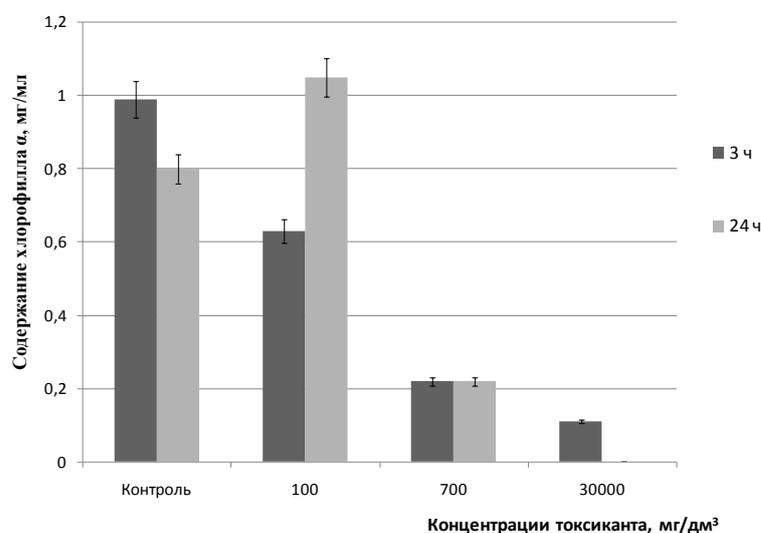


Рис. 2. Влияние ионов никеля (II) на содержание хлорофилла *a* на цианобактерии *N. linckia* через 3 и 24 часа воздействия токсиканта

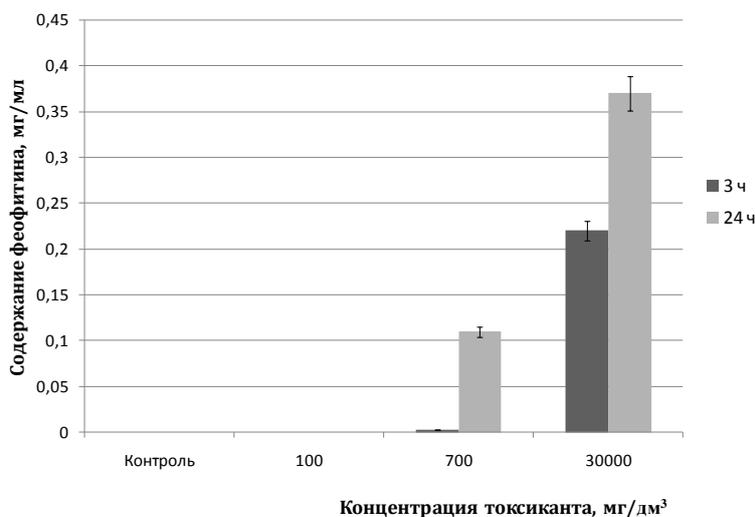


Рис. 3. Влияние ионов никеля (II) на содержание феофитина на цианобактерии *N. linckia* через 3 и 24 часа воздействия токсиканта

Выявлено, что с возрастанием концентраций Ni происходит снижение концентрации хлорофилла *a*. Например, при концентрации ТМ, равной 100 мг/дм^3 , происходит уменьшение количества зеленых пигментов в 4,5 раза, при 700 мг/дм^3 – в 15,6 раз, а при самой большой концентрации металла (30000 мг/кг) – в 6,3 раза по отношению к контролю. Результаты эксперимента через 24 ч следующие: при 100 мг/дм^3 происходит резкое увеличение содержания хлорофилла *a* в 7,8 раз по отношению к контролю; далее сохраняется тенденция уменьшения содержания пигмента. Так, при концентрации 700

мг/дм³ наблюдается уменьшение количества хлорофилла в 4 раза, при 30000 мг/дм³ – в 1,5 раза. Вероятно, это связано с нарушением синтеза хлорофилла, вызванного вытеснением ионов магния ТМ, а также со снижением количества живых клеток ЦБ при высоких концентрациях металла.

Таким образом, было установлено, что ионы никеля (II) негативно влияют на жизнеспособность исследуемых объектов. Данный факт подтверждается и значениями активности каталазы, которые показывают насколько организм способен реагировать на негативное действие исследуемого токсиканта образованием перекиси водорода. Также наблюдается уменьшение содержания хлорофилла *a* с увеличением концентрации ТМ. Вероятно, разрушение пигмента под действием ионов становится одной из причин гибели популяции ЦБ.

Литература

Борисенкова Р. В., Гвоздева Л. Л., Луценко Л. А. Канцерогенная опасность никеля и его соединений // Медицина труда и промышленная экология. 2001. № 1. С. 27–30.

Горностаева Е. А. Влияние ионов меди и никеля на почвенные цианобактерии и цианобактериальные сообщества: Автореф. ... дис. канд. биол. наук. М., 2015. 26 с.

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.

Фокина А. И., Ашихмина Т. Я., Домрачева Л. И., Горностаева Е. А., Огородникова С. Ю. Тяжёлые металлы как фактор изменения метаболизма у микроорганизмов (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. № 2. 2015. С. 5–18.

Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

Научное издание

**Биодиагностика состояния
природных и природно-техногенных
систем**

Материалы
XIV Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием

5–8 декабря 2016 г.
Книга 2

Редактор: Т. Я. Ашихмина

Верстка: Е. М. Кардакова

Подписано к печати 28.11.2016. Формат 60 x 84/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times.
П. л. 25,8. Тираж 100 экз. Заказ 104.

Вятский государственный университет,
610000, г. Киров, ул. Московская, 36.

ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС»,
610002, г. Киров, ул. Лепсе, 69–48
E-mail: raduga-press@list.ru
тел. (8332) 208-964

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ООО «Издательство «Радуга-ПРЕСС».