



Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием

Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем

КНИГА 1

Киров
2014

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет»
ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН

БИОДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ
ПРИРОДНЫХ И ПРИРОДНО-
ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

Материалы XII Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием
2–3 декабря 2014 г.

Книга 1

Киров 2014

ББК 28.081я431

Б63

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

Редакционная коллегия:

Т. Я. Ашихмина, профессор, д. т. н., Л. И. Домрачева, профессор, д. б. н.,
И. Г. Широких, с. н. с., д. б. н., Е. В. Дабах, доцент, к. б. н., Е. А. Домнина,
доцент, к. б. н., Л. В. Кондакова, доцент, д. б. н., Г. Я. Кантор, с. н. с., к. т. н.,
С. Ю. Огородникова, доцент, к. б. н., А. В. Албегова, к. х. н., Е. В. Рябова,
доцент, к. б. н., А. С. Олькова, доцент, к. т. н., С. В. Пестов, н. с., к. б. н.,
В. А. Титова с. н. с.

Б63 Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 2–3 декабря 2014 г.). Киров: Изд-во ООО «Веси», 2014. 348 с.

ISBN 978-5-4338-0191-2

В сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем» вошли материалы исследований, которые посвящены изучению состояния природных и природно-техногенных систем. Особое внимание уделено использованию традиционных методов и инновационных технологий в мониторинговых исследованиях.

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 отдельным вопросам социальной экологии.

Сборник материалов конференции предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов высших учебных заведений.

ISBN 978-5-4338-0191-2

Сборник материалов издан при поддержке
филиала «КЧХК» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ»

ББК 28.081я431

© ФГБОУ ВПО «Вятский государственный гуманитарный университет», 2014

© ФГБУН Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 2014

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Ковязин В. Ф., Ильинова К. Н. Водоохранная функция леса	9
Дубровский Ю. А., Дегтева С. В., Новаковский А. Б. Восстановление таежных темнохвойных лесов в Печоро-Илычском заповеднике	12
Егошина Т. Л., Лугинина Е. А. Недревесные растительные ресурсы Кировской области и возможность их использования	16
Кислицына А. В., Токмакова О. А. Урожайность черники обыкновенной в условиях южной и средней тайги Кировской области	19
Кораблева О. В. Экологические исследования на экскурсионных тропах Керженского заповедника	23
Любова С. В. Сукцессии луговых сообществ пойменных земель Архангельской области.....	27
Дегтева С. В., Канев В. А., Полетаева И. И. Флора и растительность хребта Маньпупунер (Северный Урал, Печоро-Илычский заповедник)	29
Канев В. А. Флора сосудистых растений ботанического заказника «Корабельная чаща» (Удорский район, Республика Коми)	33
Канев В. А. Материалы к флоре сосудистых растений верхнего течения р. Кожым (Приполярный Урал, национальный парк «Югыд ва»)	37
Гончарова Н. Н., Канев В. А. Флора и растительность болотного заказника «Дынь-Нюр» (Усть-Куломский район Республики Коми, подзона средней тайги).....	41
Полетаева И. И. Структура популяций <i>Paraver lapponicum ssp. jugoricum</i> в бассейне р. Кожим (Приполярный Урал)	45
Рябова Е. В. Экологический ареал и экологическая валентность <i>Jurinea cyanoides</i> (L.) Reichenb.	47
Плюснина С. Н., Гончарова Н. Н. Морфолого-анатомическая структура листа <i>Betula nana</i> на равнинной части территории Республики Коми.....	52
Эчишвили Э. Э., Портнягина Н. В., Фомина М. Г. Особенности биологии <i>Hypericum perforatum</i> и <i>Hypericum maculatum</i> при интродукции на Севере	55
Савиных Н. П., Шабалкина С. В., Дьякова С. А., Филимонова М. С. Биоморфология и экология проломника нитевидного	59
Чазова И. В., Шабалкина С. В. Побегообразование зюзника европейского с позиций модульной организации	63
Савиных Н. П., Шабалкина С. В., Шаклеина М. Н. Побегообразование белокопытника ложного	66
Савиных Н. П., Белоглазова Е. А., Копысов А. А. Экология и структура побеговых систем валерианы лекарственной.....	70
Савиных Н. П., Мшецян А. И., Чазова И. В. Экология и побегообразование мяты полевой	74

Савиных Н. П., Безмельцева О. М., Васильевых П. В. Экология и побегообразование василистника простого.....	79
Савиных Н. П., Михайлова Е. А., Шарова А. Н. Экология и побегообразование норичника шишковатого.....	83
Тимушева О. К. Результаты изучения сортов крыжовника отклоненного (<i>Grossularia reclinata</i> (L.) Mill.) в подзоне средней тайги Республики Коми.....	87
Джаббаров М. А., Хожиматов О. К. Биология прорастания семян <i>Thermopsis alterniflora</i> Regel et Schmalh. в лабораторных условиях.....	91
Мифтахова С. А. Особенности генеративной сферы <i>Pentaphylloides fruticosa</i> при интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми.....	94
Огородникова С. Ю. Методические подходы к биодиагностике природных сред по биохимическим реакциям фототрофных организмов	97
Луговская А. Ю., Храмова Е. П., Трубина Л. К., Тарасов О. В., Крылова Е. И. Использование растений для оценки радиационного воздействия	104
Перминова Л. Н., Майстренко Т. А. Влияние дополнительного химического и радиационного воздействия на растения <i>Taraxacum officinale</i> из хронически облучаемых природных популяций.....	107
Макаренко Е. С., Удалова А. А. Оценка влияния радиационного воздействия в малых дозах на тератоморфность пыльцы сосны обыкновенной.....	111
Розина С. А. Влияние катионных поверхностно-активных веществ на полифенолоксидазную и аскорбатоксидазную активность в тканях водного погружённого растения <i>Ceratophyllum demersum</i>	114
Макарова И. А. Влияние поверхностно-активных веществ на морфометрические показатели и содержание фотосинтетических пигментов в водных растениях	117
Забелина С. А., Компанцева Е. И., Чупаков А. В., Ершова А. А. Сезонная динамика фотосинтетических пигментов в пресноводном мезомиктическом озере	119
Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Эффекты цианобактериальной обработки и метилфосфоновой кислоты на пигментный комплекс ячменя	123
Кутузова Е. С., Баталова Г. А. К вопросу о возможности использования овса для диагностики агротехногенных факторов.....	127
Русакова И. И., Баталова Г. А., Тулякова М. В. Изменение площади листьев, высоты растения и длины метелки сортов овса под влиянием повышенной почвенной кислотности и высокого содержания ионов алюминия в почве	130
Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Селекция на устойчивость к пыльной головне как фактор экологизации агроценозов овса	132
Семенова А. С., Лукаткин А. С. Влияние предобработки семян озимой ржи регулятором роста цитодефом на биохимические параметры растений при действии параквата	134
Фокин М. А., Помелов А. В. Влияние гербицидов на засоренность зерна ярового ячменя.....	136

Быкова Н. Ю., Плотникова О. М. Изменение показателей антиоксидантной системы растений при воздействии моноэтаноламина 139

СЕКЦИЯ 2 ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

- Рябов В. М.** Изменения численности позвоночных животных, внесенных в Красную Книгу Кировской области, на территории государственного природного заказника «Былина» 142
- Стрельников Д. П., Масленникова О. В.** Особенности питания американской норки антропогенных ландшафтов 146
- Смирнов А. Г., Масленникова О. В.** Особенности поведения зайца-беляка 149
- Сунцова Н. А., Черникова Я. В., Михопарова М. Ю.** Минеральный состав кишечника у хорьков (*Mustela putorius* Linnaeus)..... 152
- Сунцова Н. А., Черникова Я. В., Михалева Л. С.** Минеральный состав лимфоидной ткани и стенки кишечника у растительноядных грызунов 155
- Двухватская К. П., Плотникова О. М.** Исследования пропионилхолинэстеразной активности под влиянием метилфосфоновой кислоты в различных условиях эксперимента 157
- Зернова Е. Е., Плотникова О. М.** Влияние фосфонатов на процессы перекисного окисления липидов у лабораторных мышей..... 160
- Раскоша О. В., Ермакова О. В.** Цитогенетические нарушения в клетках щитовидной железы полевок-экономок в условиях радиоактивного загрязнения среды 162
- Шевченко О. Г., Шишкина Л. Н.** Биохимические особенности эритроцитов крови полевок-экономок как стратегия адаптации к бактериальным инфекциям 164
- Данилова Е. В.** Пролёт ржанкообразных птиц в бассейне р. Сысола (Республика Коми) 167
- Масленникова О. В., Береснева А. И.** Морфологическая характеристика рыб р. Мамокша выше и ниже сброса сточных вод ОАО «Санчурский маслозавод» 169
- Шубин С. Е., Рябов В. М., Кондрухова С. В.** Материалы к ихтиофауне заповедника «Нургуш» 172
- Шубина В. Н., Соколова Н. П.** Фауна донных беспозвоночных заповедной р. Сюзью (Тиманский кряж) 174
- Ермолина С. А., Плотников А. С.** Моллюски как объект паразитологического мониторинга окружающей среды..... 178
- Воронин М. Ю., Танайлова Е. А., Грищенко К. Г., Буланова А. А.** Состояние макрозообентоса водоемов в районе объекта по уничтожению химического оружия в пос. Горный Саратовской области на завершающем этапе его работы 180
- Черевичко А. В.** Зоопланктон некоторых озер Псковской области в условиях садкового рыбководства 183

Ишкаева А. Ф. Фауна и экология златок (Coleoptera, Vuprestidae) республики Коми.....	186
Юшкова Е. А., Зайнуллин В. Г. Альтернативный взгляд на оценку генетических механизмов адаптации организмов (на примере <i>Drosophila melanogaster</i>).....	188
Юшкова Е. А., Пунегов В. В., Зайнуллин В. Г., Боднарь И. С. Сравнение радиомодифицирующих свойств гиперидина и ионола у <i>Drosophila melanogaster</i>	192
Пестов С. В., Филиппов Н. И., Уфимцев К. Г., Володин В. В. Взаимоотношения насекомых с интродуцированными растениями (на примере видов рода <i>Serratula</i>)	195
Кулакова О. И., Татаринцов А. Г. Эколого-географические особенности и проблемы охраны парусника <i>Driopa tmetosyne</i> (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Papilionidae) в Республике Коми.....	198
Целищева Л. Г. Динамика филофагов деревьев и кустарников в заповеднике «Нургуш»	201
Пестов С. В. К фауне членистоногих заказника «Бушковский лес».....	207
Турмухаметова Н. В. Анализ состояния листового аппарата и видового состава филофагов березы повислой в урбосреде	210
Ануфриев Г. А. Новые данные по фауне цикадовых (Hemiptera, Cicadina) участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» (Кировская область).....	212
Цепелева М. Л. Поденки и ручейники в макрозообентосе р. Ивкина	216
Панюкова Е. В., Мадю Е. Г. Волны жизни доминирующей популяции кровососущего комара (<i>Oclerotatus communis</i> De geer, 1776) в подзоне средней тайги Республики Коми	220
Зиновьева А. Н., Целищева Л. Г. К фауне полужесткокрылых (Heteroptera) заповедника «Нургуш».....	222
Черемисинов М. В., Нагонюк Н. Г. Биологический метод борьбы с вредителями в защищенном грунте с использованием Амблисейуса свирски.....	227
Винокуров Н. Н., Голуб В. Б., Зиновьева А. Н. К фауне цветочных клопов (Heteroptera, Anthocoridae) Южно-Уральского государственного заповедника	230
Еськов Е. К., Еськова М. Д. Зависимость дыхательного коэффициента медоносной пчелы от содержания кислорода в воздушной среде.....	233
Канева А. В., Майстренко Т. А., Белых Е. С., Велегжанинов И. О., Пылина Я. И., Шадрин Д. М. Оценка уровня повреждений ДНК дождевых червей из популяций, обитающих в почве техногенно загрязненной территории	235
Колесникова А. А., Таскаева А. А., Конакова Т. Н., Кудрин А. А. Мониторинг состояния почвенной фауны на лугах с повышенным уровнем радиации (Республика Коми, пос. Водный)	239
Бучко Д. Д., Погосян К. Г., Хабибулина Л. Ф., Окулова И. И., Жданова О. Б. Экологические проблемы и паразитозы жвачных животных ..	242

Ожегина И. Л., Кондакова Л. В. Состояние заболеваемости диких животных зооантропонозами и эпизоотологический мониторинг	246
Букина Л. А., Леонтьева А. П. Зараженность диких наземных животных личинками трихинелл на территории Чукотского автономного округа (ЧАО).....	252
Масленникова О. В. Паразиты лосей и их опасность для человека	255
Шакарбаев У. А. Фауна и экология церкарий трематод моллюсков семейства <i>Planorbidae rafinesque</i> водоемов Узбекистана.....	257
Кискина Л. А., Плотникова О. М. Поиск биохимических показателей биоматериалов-маркеров токсического воздействия.....	260

СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Пирогова О. С., Кондакова Л. В. Количественные характеристики синузид почвенных водорослей и цианобактерий пойменных биогеоценозов ГПЗ «Нургуш»	262
Зимонина Н. М. Сукцессионные изменения количественных показателей альгогруппировок многолетнего сеяного луга Воркутинской тундры	266
Кондакова Л. В., Дабах Е. В. Специфика поверхностных разрастаний микрофототрофов на почвах пойменных лугов в районе Кирово-Чепецкого промышленного комплекса.....	268
Гаевский Е. Е., Чаюкова Е. В., Юревич С. Е. Эколого-физиологические группы микроорганизмов дерново-подзолистой песчаной почвы разной степени оптимизации.....	271
Пантюхина Ж. Л., Орловская Н. В., Маркарова М. Ю., Щемелинина Т. Н. Альго-бактериальный комплекс в условиях углеводородного загрязнения	274
Маманазарова К. С. Водоросли-индикаторы сапробности бассейна нижнего течения р. Зарафшан.....	277
Ковина А. Л., Трефилова Л. В., Домрачева Л. И., Субботина Е. С., Казакова Д. В. Роль цианобактерии <i>Fischerella muscicola</i> в эффективности симбиоза между лядвенцем рогатым и клубеньковыми бактериями	278
Соловьёва Е. С., Широких И. Г., Ашихмина Т. Я. Актиномицеты в городских почвах.....	281
Назарова Я. И., Широких А. А., Широких И. Г. Изменчивость комплексов мицелиальных микроорганизмов в ризосфере трансгенного табака	284
Товстик Е. В., Огородникова С. Ю., Широких И. Г. Реакция актиномицетов на загрязнение почвы метилфосфоновой кислотой.....	289
Шитов А. Н., Кашина К. А., Домрачева Л. И., Кутявина Т. И. Микробиологический анализ воды из Омутнинского водохранилища.....	293

Забелина С. А., Морева О. Ю., Воробьева Т. Я., Широкова Л. С., Климов С. И. Роль гетеротрофного бактериопланктона в поддержании устойчивости экосистем озер южной части Кенозерского национального парка	296
Некрасова А. И., Тарабукин Д. В., Щемелинина Т. Н. Биосистемы для очистки нефтесодержащих сточных вод.....	300
Никитюк Л. В., Павлюковец И. Ю., Береговая К. А. Биоконверсия подсолнечного масла в поверхностно-активные вещества <i>Acinetobacter calcoaceticus</i> IMB В-7241 и <i>Nocardia vaccinii</i> IMB В-7405	303
Панасюк Е. В. Роль поверхностно-активных веществ <i>Nocardia vaccinii</i> IMB В-7405 в деструкции комплексных, с тяжелыми металлами, нефтяных загрязнений	306
Воронина В. С. Влияние поверхностно-активных веществ на развитие микроорганизмов (обзор)	309
Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Огородникова С. Ю., Малыгина О. Н. Микробные комплексы лечебной грязи санатория «Нижне-Ивкино».....	313
Ковалева В. А., Хабибуллина Ф. М., Арчегова И. Б., Панюков А. Н. Микробиота постагрогенной почвы в тундровой зоне	317
Напрасникова Е. В. Биодиагностика почв Байкальской экологической зоны.....	320
Дорохова М. Ф., Кошелева Н. Е., Терская Е. В. Микробиота как интегральный показатель состояния почв г. Москвы	323
Головина Т. А. Микробиота почв сосново-березовых лесов в окрестностях г. Карабаша.....	326
Шумилова Л. П. Микромицеты природных и техногенно нарушенных почв в районе рудной золотодобычи.....	328
Сизоненко Т. А. Сезонная динамика флуоресцентной активности и структуры эктомикориз ели сибирской в условиях средней тайги	332
Кудрявец Е. В., Красинько В., Ломберг М. Л. Подбор оптимальных условий культивирования высших базидиальных грибов.....	334
Заринова Г. Ф., Широких А. А. Определение оптимальных температур для культивирования траметоидных трутовиков	338
Неклева Ю. С., Красинько В. О., Сырчин С. А. Синтез ксиланаз <i>Fennellia flavipes</i> 2608 на предобработанном целлюлозосодержащем субстрате.....	341
Домрачева Л. И., Горностаева Е. А., Казакова Д. В., Субботина Е. С. Влияние возрастающих концентраций меди на развитие почвенных микромицетов	344

СЕКЦИЯ 1 ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

ВОДООХРАННАЯ ФУНКЦИЯ ЛЕСА

В. Ф. Ковязин, К. Н. Ильинова
Национально-минеральный университет «Горный»,
vfkedr@mail.ru, molodozeleno15@mail.ru

В настоящее время нет единого понятия водоохраных лесов. Мнения специалистов разнятся: одни называют прибрежные леса, другие включают в это понятие и удаленные от водоемов леса водосборов.

Одно из понятий утверждает следующее: водоохраные леса – это категория лесов, выделяемых обычно вдоль берегов крупных рек, озёр, водохранилищ, каналов и др. водоёмов для улучшения водного баланса, гидрологического режима, а также уменьшения эрозии почвы в их бассейнах и улучшения качества вод (Рахманов, 1962).

Основным фильтром в природе является лес. Пропуская через себя воду, лес обеспечивает: защиту водоемов от заиления и загрязнения; нейтрализацию вредных веществ; улучшение органолептических свойств (запах, вкус, прозрачность и цветность) и химического состав вод, поступающих с водосборных площадей в водоемы, а также бактериологических показателей воды. Особенно важна очистка лесом воды, стекающей с сельскохозяйственных полей, на которые вносятся удобрения, гербициды и другие химические вещества.

Эффективность очистки воды от загрязнения тем выше, чем больше расстояние, по которому она стекает в лесу. На территории с крупными массивами лесов, выходящих непосредственно к берегам водоемов, проблемы с очисткой воды нет, она практически очищается вся и качество ее исключительно высокое. Где лесов нет, их надо создавать. В примыкающих к водоемам лесах необходимо выделять запретные полосы с особым режимом ведения в них лесного хозяйства (Луганский, 2010).

Запретные полосы вдоль рек обладают ограниченными водоохраными свойствами и регулируют сток лишь на той площади, которую они занимают. Склоны в пределах полос в основном ориентированы не к главной реке, а к мелкой гидрографической сети, склоны которой имеют разную экспозицию. Леса вдоль рек сильно изрежены и процент их лесистости в два раза ниже, чем на тех территориях, которые расположены за пределами запретных полос. Все это обусловило очень слабую эффективность запретных полос не только в водоохранном, но и в почвозащитном отношении (Молчанов, 1968).

Ширина запретных полос зависит от многих факторов: от географического региона, приуроченности лесов к горным или равнинным условиям, рельефа,

лесных формаций, почвенно-гидрологических условий, структуры лесных насаждений (Луганский, 2010).

Леса оказывают большое влияние не только на качество воды, а также на ее температуру, что особенно важно для рек, являющихся местом нереста лососевых и осетровых рыб.

Благотворное влияние леса проявляется не только на поверхностные воды (реки, озера, водохранилища), но и на подземные, которые часто являются основным источником водообеспечения городов, населенных пунктов, промышленных предприятий, орошения сельскохозяйственных земель. Уменьшая поверхностный сток и увеличивая подземную его составляющую, лес тем самым способствует восполнению ресурсов подземных вод.

Лес имеет большое почвозащитное значение. Он предохраняет почву от ветровой и водной эрозии как на той территории, где произрастает, так и на значительном расстоянии. Водоохранные и почвозащитные функции лесов взаимосвязаны. Главной причиной водной эрозии почв является поверхностный сток, и в его регулировании леса играют решающее значение.

Существуют принципиальные отличия формирования стока с лесных и безлесных участков. Помимо этого хорошо известна огромная стокорегулирующая и водоохранная роль лесов, которая в пределах однородных физико-географических условий во многом зависит от состава, возраста, типов леса и других лесоводственно-таксационных показателей. Стокорегулирующая и водоохранная роль лесов зависит также от процента лесистости и размещения их по водосбору. Более благоприятный гидрологический режим рек наблюдается при сравнительно равномерном распределении лесов, а также при наличии их на склонах водоразделов, вдоль гидрографической сети, вокруг озер и водохранилищ.

В наших лесах на площади, исчисляемой миллионами гектаров, ежегодно проводятся различные лесохозяйственные мероприятия (рубки ухода, лесовосстановление и др.), под влиянием которых иногда изменяются водоохранные, почвозащитные и другие функции лесов.

В результате рубок, особенно сплошных, происходит некоторое изменение водно-физических свойств почвы, в результате чего снижается ее водопроницаемость. Эти и другие изменения, вызванные рубками, способствуют усилению поверхностного стока, который сопровождается эрозионными процессами (смывом и сносом почвы, оврагообразованием и пр.). При сплошных рубках эрозионные процессы более значительны, чем при выборочных и постепенных (Побединский, 2013).

По мнению ряда исследователей, в обоснование комплексного районирования, в частности в биоценотическом плане, должно быть положено определение пределов лесистости. Критический предел лесистости должен определяться по водоохранной и защитной роли лесов; ниже этого предела возникают необратимые процессы, завершающиеся катастрофически. Оптимальный предел лесистости должен учитывать народнохозяйственную потребность в многоцелевом использовании лесных ресурсов.

Минимальный или критический предел лесистости иногда понимается как предельная доля лесов, ниже которой происходят существенные нарушения экологического равновесия (Чельшев, 2004).

Под оптимальной водоохранной лесистостью понимают лесистость, при которой положительное влияние лесных насаждений на водный баланс водосборов и речной сток проявляется в максимальной степени (Побединский, 2013).

Обобщая, можно сказать, что водоохранные леса выполняют множество различных функций:

- выполняют защитную роль почвы;
- предотвращают заиление рек продуктами твердого стока и перевевания почвы близлежащих массивов;
- сокращают потери ценных земель, происходящие в результате волновой переработки берегов и повышения уровня грунтовых вод;
- способствуют высокопродуктивному использованию подтопленных площадей и мелководий;
- улучшают санитарно-гигиенические условия на побережье и ландшафтно-декоративное оформление.

Каждая функция неотъемлемо влияет на состояние окружающей среды.

Государство всегда придавало и придает огромное значение водоохраным и защитным лесам, к которым надлежит присоединить и лесопарки, как категорию лесов, которая имеет особое значение для курортов и крупных населенных центров.

В настоящее время понятия «водоохранные леса» не применяется в Лесном Кодексе РФ, так как они полностью входят в категорию защитных лесов. Лесной Кодекс, как и старое лесоохранительное законодательство, указывает, что защитным, а следовательно и водоохранным лес может считаться только тогда, когда он будет признан таким в установленном порядке, согласно особым правилам, которые, в свою очередь, устанавливаются государством.

Литература

Лесоведение. Учебн. пособие / Н. А. Луганский, С. В. Залесов, В. Н. Луганский. Екатеринбург, 2010. 432 с.

Молчанов А. А. Лес и окружающая среда. М: Наука, 1968. 248 с.

Побединский А. В. Водоохранная и почвозащитная роль лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 2013. 208 с.

Рахманов В. В., Водоохранная роль лесов. М.: Гослесбумиздат, 1962. 235 с.

Чельшев В. А. Концептуальные основы деления лесов по функциональному значению (проблемы и пути решения). Хабаровск: ФГУ «Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», 2004. 169 с.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТАЕЖНЫХ ТЕМНОХВОЙНЫХ ЛЕСОВ В ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

Ю. А. Дубровский, С. В. Дегтева, А. Б. Новаковский
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
dubrovsky@ib.komisc.ru

Печоро-Илычский государственный заповедник является ключевым объектом системы особо охраняемых территорий Европейского Севера России. Лесные экосистемы резервата, включенные в состав объекта списка Всемирного Наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми», развиваются в режиме спонтанной динамики и рассматриваются как эталонные для таежной зоны Европы. Целью данной работы являлось изучение особенностей восстановительного процесса в лесных экосистемах заповедника, а именно исследование особенностей трансформации структуры древостоев, изучение изменений видового состава, ценотической роли растений травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова в процессе послепожарных демулационных сукцессий. Для анализа процессов восстановления коренных лесов на территории северной части резервата наиболее удобным объектом являются сообщества ельников и березняков зеленомошного типов леса, который занимает в заповеднике наибольшие площади.

В результате проведения длительных полевых исследований (1989–2013 гг.), мы располагаем описаниями производных березняков зеленомошного типа насаждений с древостоями разных классов возраста (от I до XIII), выполненными в сообществах сходных экотопов верхнего и среднего течения р. Илыч. Их можно рассматривать как гипотетический временной ряд, отражающий демулационную сукцессию на гарях.

Древостои в производных насаждениях различного возраста претерпевают закономерные изменения (табл. 1). С увеличением класса возраста увеличиваются значения таких параметров, как высота и диаметр стволов деревьев. Значения показателя сомкнутости крон незначительно снижаются. По-видимому, это связано с тем, что одновременно с естественным изреживанием березы происходит постепенное усиление позиций видов хвойных деревьев, что приводит к усложнению состава яруса и оформлению в нем вертикальных пологов. При этом, с увеличением возраста насаждений, число стволов березы снижается с 36–76 тыс. шт./га в древостоях I класса возраста до 64–232 шт./га в насаждениях XIV класса возраста. С X–XI класса возраста начинается распад производного лиственного насаждения и его замена сначала лиственно-хвойным (XII–XIV классы возраста), а затем и хвойным древостоем. Наиболее активная дифференциация насаждений березы (период наибольшего сокращения числа стволов) происходит в молодых древостоях. В результате описанных процессов формируются еловые древостои с типичной для темнохвойной тайги разновозрастной структурой. Активное возобновление *Picea obovata* уже на ранних стадиях формирования древостоев (12–31 тыс. шт. подроста ели на 1 га

в молодняках березы I класса возраста) свидетельствует об ускоренном процессе восстановления климаксового сообщества.

Таблица 1

Таксационные параметры березовых насаждений зеленомошного типа леса, сформировавшихся на гарях в бассейне р. Илыч

Возрастная группа насаждения	Класс возраста насаждения	Амплитуда высоты стволов, м	Амплитуда диаметра стволов, см	Общая сомкнутость крон
Молодняки	I	0,5–3	2–4	0,7–0,9
	II–III	6–12	6–15	0,4–0,8
Средневозрастные	IV	8–12	8–24	0,4–0,7
	V	12–16	10–24	0,4–0,8
Приспевающие	VI	14–18	16–26	0,4–0,8
Спелые	VII–VIII	18–22	24–44	0,4–0,8
Перестойные	XIII–XIV	22–24	24–70	0,5–0,7

Примечание: римскими цифрами указаны классы возраста древостоев. Класс возраста составляет 10 лет.

Другим аспектом изучения сукцессий растительного покрова средней тайги являются исследования изменений ценотической роли видов на разных стадиях восстановления растительного покрова (Ценотическая и флористическая..., 2001; Дегтева, 2002; Восточноевропейские..., 2004). Нами ранее с использованием коэффициента участия В.С. Ипатова были выявлены группы видов травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, по-разному реагирующие на изменение биотопических условий в процессе смены пород на гарях (Дегтева, Дубровский, 2010). Дальнейший анализ данных позволил обобщить результаты с учетом представителей всех вертикальных ярусов исследуемых сообществ (табл. 2).

В результате, лишь один вид, а именно представитель мохообразных *Pleurozium schreberi*, показал статистически значимое постоянство своих ценотических позиций на протяжении всех стадий сукцессии (табл. 2). Это типичный доминант таёжных лесов зеленомошного типа, который в наших исследованиях подтвердил высокую степень ценотической устойчивости в процессе смен растительного покрова.

Наибольшее внимание обращают на себя виды, присутствие которых в составе травяно-кустарничкового яруса на ранних стадиях восстановительных сукцессий усиливается (табл. 2). Среди древесных, это подрост видов, способных быстро возобновляться – береза, осина и сосна. Большинство видов травяно-кустарничкового яруса в данной группе являются светолюбивыми (*Chamaenerion angustifolium*, *Rubus arcticus*, *Deschampsia cespitosa*) и получают преимущества в условиях открытых пространств на начальных этапах формирования древостоев. В напочвенном покрове наибольшее усиление ценотической роли зафиксировано для *Polytrichum commune*, что косвенно свидетельствует об увеличении влажности почвы в некоторых экотопах на первой и второй стадии развития насаждений. Наличие лишайников (*Cladonia arbuscula*, *C. furcata*) является специфическим показателем молодых и средневозрастных березняков послепожарного происхождения. При этом тот факт, что уже по достижении

9-летнего возраста гари общее проективное покрытие мохово-лишайникового яруса составляет 70–80% (Дегтева, Дубровский, 2010), свидетельствует о его достаточно быстром восстановлении в условиях модельных участков растительного покрова заповедника.

Таблица 2

Значения коэффициента IndVal видов на разных этапах демулационной сукцессии в лесах зеленомошного типа

Название группы	Ярус	Б I	Б II-III	Б IV	Б V-VI	Б VII	Б VIII-XIII	Ельник	р *
Число описаний		3	16	6	9	9	6	67	
Виды, не меняющие ценотическое позиции на разных стадиях сукцессии									
<i>Pleurozium schreberi</i>	5	11	16	17	18	12	14	12,6	0,057
Виды, усиливающие свои позиции на начальных стадиях сукцессии									
<i>Pinus sylvestris</i>	2	63	0,4	0	0	0	0	0	0,003
<i>Betula pubescens</i>	2	44	19,7	13	2,6	2	0,2	6	0,001
<i>Populus tremula</i>	2	35,5	0,1	0,9	4,6	1,5	8	0,3	0,025
<i>Rubus idaeus</i>	3	43,6	0,9	0	2	2	0	4,8	0,01
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	4	54	10,5	8,3	3,4	2,6	0,3	4,3	0,001
<i>Deschampsia cespitosa</i>	4	50,3	6,1	0	0,4	0	0	0,4	0,002
<i>Carex brunnescens</i>	4	32,7	0	0	0	0	0	0	0,026
<i>Rubus arcticus</i>	4	1,7	34,8	12,1	10,7	2	0,5	7,4	0,016
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	4	3,4	26	10	17,8	12,5	9,1	9,4	0,059
<i>Polytrichum commune</i>	5	35	18,8	4	16	2,2	6,7	4	0,001
<i>Cladonia furcata</i>	5	0	19	0	0	0	0	0	0,1
<i>Dicranum sp.</i>	5	0	19	0	0	0	0	0	0,099
<i>Cladonia arbuscula</i>	5	0	0	21	24,6	0	0	0	0,041
Виды, усиливающие свои позиции на завершающих стадиях сукцессии									
<i>Picea obovata</i>	1	0	13	8	8	21	22	27	0,001
<i>Abies sibirica</i>	1	0	0,2	4,5	4,7	21,1	34	20,5	0,009
<i>Pinus sibirica</i>	1	0	0,4	2	2,4	11,9	10,7	25,1	0,1
<i>Pinus sibirica</i>	2	0	8,3	6,7	11,6	15,6	27	15,3	0,037
<i>Abies sibirica</i>	2	0	8,3	13	6,7	16	25	20,7	0,002
<i>Hieracium vulgatum</i>	4	0	0	0	19,1	0	4,9	0,9	0,094
<i>Dryopteris carthusiana</i>	4	0	1,3	1,5	2,6	0,7	36,5	6,6	0,014
<i>Lycopodium annotinum</i>	4	0	2,3	9,4	4,8	17,2	33	7,5	0,009
<i>Orthilia obtusata</i>	4	0	0	0	0	0	31,7	0	0,018
<i>Equisetum pratense</i>	4	0	0	0	0	1,1	2,6	27,4	0,067
<i>Rhythidiadelphus triquetrus</i>	5	0	0	3,9	0,4	29,7	1	2,7	0,048
<i>Hylocomium splendens</i>	5	5,4	3,8	15	7	24	16,6	18,4	0,003
<i>Ptilidium ciliare</i>	5	0	0	0	1,5	5,1	36,9	1,2	0,02
<i>Brachythecium sp.</i>	5	0	0	0	0,6	15,8	30,2	2,9	0,041

Примечание. Римскими цифрами класс возраста; серым – максимальные значения коэффициента; Б – березняк; р * – уровень значимости; ярусы: 1 – древесный ярус, 2 – подрост, 3 – подлесок, 4 – травяно-кустарничковый ярус, 5 – мохово-лишайниковый ярус.

С развитием сообществ происходит постепенное усиление ценотических позиций типичных лесных видов (табл. 2). В древостое наблюдается законо-

мерное вытеснение лиственных деревьев хвойными. В составе травяно-кустарничкового яруса происходит статистически значимое увеличение показателей коэффициента IndVal для таких видов таежно-лесной эколого-ценотической группы (Дегтева, Новаковский, 2012), как *Dryopteris carthusiana* и *Lycopodium annotinum*. *Orthilia obtusata* и *Equisetum pratense*, которые в условиях Печоро-Илычского заповедника также тяготеют к старовозрастным хвойным лесам. В напочвенном покрове тенденция усиления ценотической значимости видов мхов, характерных для ассоциаций темнохвойных таежных лесов зеленомошного типа, сохраняется, как видно их таблицы 2.

Таким образом, в результате изучения трансформации структуры древостоев в ходе демулационной сукцессии на примере сообществ березняков разного возраста, березово-еловых и еловых лесов зеленомошного типа показано, что на ранних стадиях пирогенной демулации формируется сомкнутый древостой из *Betula pubescens*, который затем сменяется сначала лиственно-хвойным (XII–XIV классы возраста), а затем и хвойным древостоем. Распад производного лиственного насаждения начинается с X–XI класса возраста. С использованием коэффициента IndVal выявлены виды, получающие преимущество на начальных стадиях пирогенных сукцессий, и виды, восстанавливающие свои ценотические позиции с развитием насаждения и усложнением его структуры. Лишь один вид показал статистически достоверную устойчивость по ходу пирогенных демулационных смен растительности на модельных участках в условиях Печоро-Илычского заповедника. Возможно, при получении дополнительного фактического материала, число толерантных с ценотической точки зрения видов будет увеличиваться, поскольку данные, свидетельствующие об этом, были ранее получены нами с использованием коэффициента участия В.С. Ипатова (Дегтева, Дубровский, 2010).

Исследования выполнены при поддержке программы президиума РАН № 12-П-4-1018 и гранта РФФИ 13-04-00570 А.

Литература

Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность: В 2 кн. / Под ред. О. В. Смирновой. М.: Наука, 2004.

Дегтева С. В. Лиственные леса подзон южной и средней тайги Республики Коми. Автореф. дис. ... док. биол. наук. Сыктывкар, 2002. 37 с.

Дегтева С. В., Дубровский Ю. А. Динамика растительного покрова при восстановительных сукцессиях на гарях темнохвойных лесов Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2010. Вып. XVI. С. 35–41.

Дегтева С. В., Новаковский А. Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 180 с.

Ценотическая и флористическая структура лиственных лесов европейского Севера / С. В. Дегтева, Г. В. Железнова, Т. Н. Пыстина, Т. П. Шубина. СПб.: Наука, 2001. 269 с.

НЕДРЕВЕСНЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Т. Л. Егошина, Е. А. Лугинина

*ВНИИ охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б. М. Житкова,
etl@inbox.ru*

Кировская область является одной из наиболее богатой недревесными дикорастущими растительными ресурсами в европейской части России.

В Кировской области произрастают 28 видов ягодных и плодовых растений. Из них 7 видов имеют значительные запасы и запасы промышленного значения: клюква, брусника, черника, малина, смородина черная, черемуха, рябина; 11 видов имеют небольшие запасы (пригодны для местного употребления): земляника (лесная и зеленая), голубика, морошка, костяника, смородина (пушистая и щетинистая), жимолость Палласа, калина и лещина. Несколько видов являются редкими или охраняемыми (водяника черная и др.). Ягодные растения имеют не только пищевое, но и лекарственное значение, некоторые из них подлежат сбору как лекарственное сырье (малина, черника, шиповник).

Общий биологический запас плодов и ягод в области в среднеурожайные годы составляет 26,7 тыс. т. Наибольший биологический запас плодов и ягод сосредоточен в подзоне средней тайги – 16,1 тыс. т., почти вдвое меньший – в подзоне южной тайги – 9,4 тыс. т., минимальный – в подзоне хвойно-широколиственных лесов – 1,2 тыс. т. В структуре биологического запаса ягод и плодов доминируют черника (48%), клюква (26%), брусника (5%) и рябина (около 10%). Среди административных районов области наиболее богаты ягодами и плодами Верхнекамский, Нагорский, Опаринский, биологический запас сырья в которых составляет 6,3 тыс. т., 2,7 тыс. т и 1,8 тыс. т. соответственно.

Эксплуатационный запас плодов и ягод в Кировской области в настоящее время достигает 30,0 тыс. т. Наибольший эксплуатационный запас сырья характерен для подзоны северной тайги, несколько ниже он в подзоне южной тайги (14,7 тыс. т.).

На долю Кировской области приходится более 36% запасов клюквы и 32% брусники всего Приволжского федерального округа (Егошина, 2005).

Территория Кировской области является одним из богатейших регионов России по запасам грибов. В Кировской области из 362 видов агарикоидных базидиомицетов, выявленных в настоящее время, 149 являются съедобными, 47 видов официально разрешены к заготовкам (Санитарные правила ..., 1993). Население, как правило, собирает и использует 10–15 видов грибов (Кириллов, Егошина, 2007). Наиболее распространенными и имеющими промышленное значение являются шапочка сморчковая, лисичка обыкновенная, белый гриб, подберезовик обыкновенный и краснобурый, масленок зернистый и поздний, моховик желто-бурый, опенок осенний, вешенка обыкновенная груздь настоящий и черный, волнушка белая и розовая, рыжик обыкновенный, многочисленные виды р. сыроежка.

В целом по области грибоносная площадь составляет 260,6 тыс. га, среднелетний эксплуатационный запас – 15,6 тыс. т.

На долю области приходится почти 20% общего запаса грибов в Приволжского федерального округа.

Самыми большими запасами грибов в подзоне северной тайги отличается Верхнекамский район. В два раза меньше их биологический запас в Нагорском, Подосиновском районах. В подзоне южной тайги основные грибные запасы сосредоточены в Белохолуницком и Шабалинском, в подзоне хвойно-широколиственных лесов – в Кильмезском и Советском районах.

Из 1116 видов сосудистых растений, произрастающих районах на территории Кировской области, 228 видов (20,3%) обладают целебными свойствами. В научной медицине используется 138 видов дикорастущих растений (12,7%), включенных в Государственную фармакопею СССР (1987–1990), имеющих разработанные и утвержденные Фармакопейные статьи или Временные фармакопейные статьи, из них свыше 60 видов имеют средние, значительные или неограниченные запасы.

Заготовительные организации Кировской области в 20 веке заготавливали около 30 видов сырья лекарственных растений (березовые и сосновые почки, лист брусники, ольховые шишки, зверобой, пустырник, тысячелистник, спорыш, подорожник, мать-и-мачеха).

Общий биологический запас 14 основных видов лекарственных растений в области составляет 22,2 тыс. т. Наибольший биологический запас сосредоточен в подзоне южной тайги – 10,4 тыс. т., на треть меньший – в подзоне средней тайги – 7,6 тыс. т., минимальный – в подзоне хвойно-широколиственных лесов – 4,2 тыс. т. Объем возможных ежегодных заготовок лекарственных растений в области составляет 7,2 тыс. т.

Среди административных районов области наиболее богаты лекарственными растениями Лузский, Санчурский, Шабалинский, Кикнурский, Уржумский, Белохолуницкий, Верхнекамский районы.

В конце 80-х годов по данным ЦСУ СССР организованные заготовки грибов в области составляли 192–2000 т., клюквы – 70–80 т., брусники – 35–40 т., лекарственно-технического сырья. Значительное количество сырья заготавливалось населением для личного потребления и реализации на рынках. Так, по данным сотрудников отдела растительных ресурсов ВНИИОЗ А. А. Скрыбиной, Л. С. Сенниковой (1986), Н. Н. Рычковой (1998) население области заготавливало для личного использования 3,2–14,0 тыс. т. грибов и 6,5 тыс. т. ягод.

В современных условиях почти в 3 раза увеличился процент семей кировчан, ведущих заготовки ягод, грибов, лекарственных растений (Лугинина, 2002). В начале 80-х годов сбором дикоросов, по данным К. Г. Колупаевой (1986) занималось 21–26% сельских семей и 30% городских семей, то теперь этим занимается свыше 90% семей жителей сел и городов Кировской области. Наиболее привлекательные для сборщиков виды – клюква, брусника, черника и малина.

В целом объемы заготовок ягод и плодов населением области примерно в 5 раз, грибов – в 2 раза больше уровня конца 80-ых годов с учетом всех катего-

рий заготовителей. Готовы продать собранные ягоды и грибы 75% сборщиков, но такой возможности нет.

Полученные данные позволяют предположить, что, несмотря на резкое снижение объемов организованных заготовок дикорастущих ягод, плодов и грибов эксплуатационный стресс на основные виды сырьевых растений и грибов увеличился.

Запасы сырья лекарственных растений (ЛР) традиционно в Кировской области осваивались незначительно. Так, наибольший объем организованных заготовок сырья ЛР в области в 1986–1990 гг. не превышал 297,9 т; из которых 206,3 т или 3,2% от объема возможных ежегодных заготовок (ОВЕЗ) приходилось на долю основного заготовителя дикорастущего лекарственного и пищевого сырья Кировский Облпотребсоюз. В то же время усиливается интерес к фитотерапии, что должно привести к увеличению заготовок ЛР населением для использования в личных целях. Результаты проведенного нами обследования показали, что в 2000–2013 гг. заготовки сырья ЛР различных видов в области проводило от 8,3 до 98,0% семей. В целом объемы заготовок ЛР населением области в настоящий период можно оценить в 1,6 тыс. т сырья в сухом виде, что составляет около 25% ОВЕЗ.

Стоимость общего биологического запаса данных видов сырья в средне-европейских заготовительных ценах составляет свыше 1 млрд долларов США. Стоимость реализации сырья и импортозамещающей продукции из него может составить около 80 млрд рублей. Заготовка дикоросов может играть немаловажную роль в хозяйственной деятельности предприятий различной формы собственности.

Несмотря на значительные объемы сырья, роль отрасли в экономике в настоящее время очень мала. В то же время нельзя недооценивать значение недревесных растительных ресурсов как фактора, снижающего социальную напряженность в обществе, улучшающего качество жизни населения.

При развитии заготовительной деятельности и организации хотя бы первичной переработки в переработке недревесных растительных ресурсов может быть задействовано свыше 3000 человек на постоянной основе, в период сбора сырья – еще 6000 человек, проживающих преимущественно в удаленных небольших населенных пунктах. В качестве потенциальных сборщиков дикоросов в Кировской области готовы выступить представители более 50% сельских семей области. Для рационального освоения недревесных растительных ресурсов на территории области следует иметь около 160 заготовительно-грибоварочных пункта и мини перерабатывающих предприятия, до 80 закупочных пунктов. Эти предприятия малого бизнеса вполне могут быть созданы в области при наличии административной и кредитной поддержки.

Заготовка и переработка недревесного растительного сырья может стать важной отраслью хозяйства в Кировской области. Для этого есть все ресурсные предпосылки. Опыт регионов России, в которых заготовке и переработке недревесных ресурсов леса оказывается поддержка, подтверждает это. Например, на территории Томской области в последние 5 лет ежегодно заготавливается

ягод, грибов, орехов на сумму около 1 млрд рублей. В заготовках задействовано свыше 5 тыс. человек, проживающих в удаленных населенных пунктах.

В Кировской области в настоящий момент рынок недревесных растительных ресурсов практически неуправляем, неуправляемо и бесконтрольно их использование, отчего страдают запасы, население, заготовительные организации, местные бюджеты. Ситуация требует разработки объединения комплекса научно-методических, технологических, маркетинговых подходов для разработки областной программы совершенствования управления и использования недревесных растительных ресурсов в системе лесного и сельскохозяйственно-го комплекса региона.

Литература

Кириллов Д. В., Егошина Т. Л. Урожайность и ресурсы съедобных грибов в подзоне южной тайги Кировской области // Лесное хозяйство, 2007. № 6. С. 29–31.

Кириллов Д. В., Переведенцева Л. Г., Егошина Т. Л. Конспект агарикоидных базидиомицетов Кировской области. Киров: ВНИИОЗ, 2011. 63 с.

Лугинина Е. А. Использование ресурсов дикорастущих ягод, плодов и грибов в Кировской области // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства: Матер. междунар. науч. практ. конф., Киров, 2002. С. 479–481.

Лугинина Е. А. Ресурсы дикорастущих лекарственных, ягодных, плодовых растений и грибов в Кировской области и особенности их использования // Пищевые ресурсы дикой природы и экологическая безопасность населения: Матер. междунар. конф., 16–18 ноября 2004 г., Киров, 2004. С. 70–71.

Санитарные правила по заготовке, переработке и продаже грибов. М., 1993. 53 с.

Сенникова Л. С., Скрябина А. А. Динамика урожайности и заготовок съедобных грибов в разных природных подзонах Кировской области // Ботан. иссл. на Урале. Свердловск. 1986. С. 23.

Рычкова Н. Н., Колупаева К. Г. К вопросу об использовании ресурсов недревесного растительного сырья в Кировской области // Региональные и муниципальные проблемы природопользования. Кирово-Чепецк. 1998. С. 7–71.

УРОЖАЙНОСТЬ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ И СРЕДНЕЙ ТАЙГИ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Кислицына, О. А. Токмакова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
an_kislicyna@mail.ru*

Черника обыкновенная (*Vaccinium myrtillus* L.) сем. Ericaceae – широко распространенное в таежной зоне ценное пищевое и лекарственное растение. Является циркумбореальным видом и представляет собой прямостоячий кустарничек с черными или синими с сизоватым налетом ягодами (Иллюстрированный..., 2007). Южная граница ее ареала совпадает с южной границей ареала *Pinus silvestris* L. (Атлас..., 1976). По данным некоторых исследователей (Егошина, Колупаева, Раус, 2006) в целом по Кировской области более высокая урожайность *V. myrtillus* отмечалась в ельнике черничнике (415 кг/га), несколь-

ко ниже – в березняке черничнике (377 кг/га). Урожайность в сосняках черничных составляет 241 кг/га, а в осинниках черничных – всего лишь 215 кг/га.

Цель работы состояла в изучении особенностей плодоношения *V. myrtillus* в условиях средней и южной тайги и в наблюдении формирования урожайности.

Исследование продуктивности *V. myrtillus* проводилось в Лузском и Котельничском районах Кировской области в 2013–2014 гг. Территория Лузского р-на относится к подзоне средней тайги, а Котельничского – южной. Наблюдения проводились на постоянных пробных площадках, заложенных в различных фитоценозах, согласно общепринятым методикам (Методы изучения..., 2002). Учет урожайности выполнялся на учетных площадках размером 1 м². При геоботаническом описании фитоценозов использовались известные методические подходы (Миркин, Наумова, 1998). В качестве счетной единицы побегов принимался парциальный куст (ПК).

Результаты исследования показали, что количество ПК *V. myrtillus* в Котельничском районе достоверно не изменялось: в 2013 г. оно составило в среднем 73,7±6,2 шт./м², а в 2014 г. – 72,8±9,3 2 шт./м² (табл. 1). Однако наблюдалось изменение в количественном соотношении среди плодоносящих и неплодоносящих ПК. Так, в 2013 г. в отличие от 2014 г. число вегетативных ПК было больше (59,3±5,1 шт./м² в 2013 г. и 50,7±7,3 шт./м² в 2014 г.), в то время как генеративных, наоборот, меньше (14,4±1,4 и 22,1±4,3 шт./м² соответственно). Средняя высота плодоносящего ПК изменилась незначительно: от 27,7±2,0 см в 2013 г. до 30,2±1,5 см в 2014 г.

Определение общего числа ПК в Лузском районе показало, что данный параметр (129,1±7,2 шт./м²) в 1,7 раз превосходил значение аналогичной величины в Котельничском районе. Количество плодоносящих ПК в Лузском районе также имело более высокое значение (36,4±1,8 шт./м²). В 2013 г. средняя высота генеративного ПК (27,2±0,4 см) соответствовала таковой в Котельничском районе, однако в 2014 г. ее показатель возрос до 33,0±0,8 см.

Таблица 1

Морфометрические параметры *Vaccinium myrtillus* L. в условиях южной и средней тайги в 2013-2014 гг.

Показатели	Котельничский р-н (южная тайга)		Лузский р-н (средняя тайга)	
	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
Количество ПК, шт./м ²	73,7±6,2	72,4±8,0	–	129,1±7,2
Количество вегетативных ПК, шт./м ²	59,3±5,1	50,0±6,4	–	92,5±6,0
Количество плодоносящих ПК, шт./м ²	14,4±1,4	22,4±3,7	–	36,4±1,8
Средняя высота генеративного ПК, см	27,7±2,0	30,2±1,5	27,2±0,4	33,0±0,8
Урожайность, г/м ²	4,6±0,9	25,3±4,6	93,8±5,4	91,4±3,3

Примечание: – отсутствие данных.

Урожайность *V. myrtillus* в 2013 г. в южной тайге составила $4,6 \pm 0,9$ г/м² (рис.). В 2014 г. здесь наблюдалось повышение урожайности *V. myrtillus* ($25,3 \pm 4,6$ г/м²).

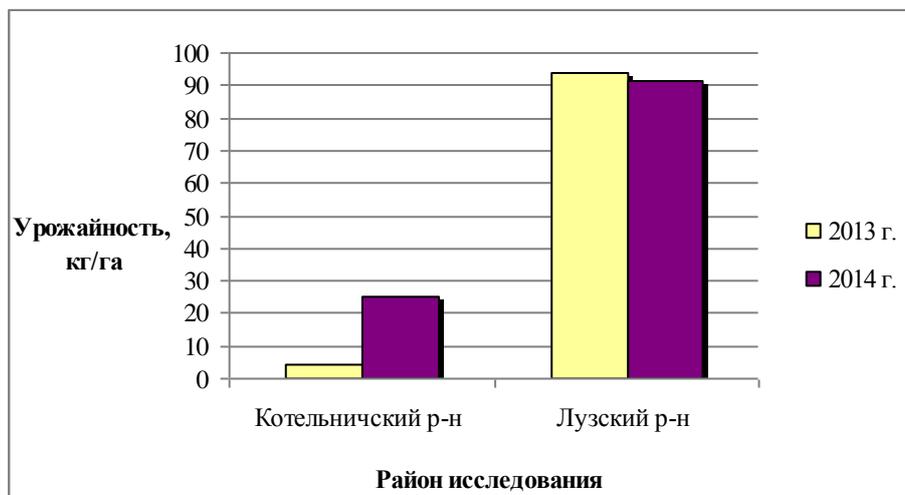


Рис. Урожайность *Vaccinium myrtillus* L. в условиях южной и средней тайги в 2013–2014 гг.

В Лузском районе показатель урожайности достаточно стабилен: в 2013 г. он составил $93,8 \pm 5,4$ г/м², а в 2014 г. незначительно снизился до $91,4 \pm 3,3$ г/м² (рис.).

Особенности формирования урожайности *V. myrtillus* в различных фитоценозах исследованных районов представлены в таблице 2.

В Котельничском р-не наибольшая урожайность *V. myrtillus* отмечалась в сосняке чернично-зеленомошном ($44,2 \pm 3,9$ г/м²), а наименьшая – в елово-сосновом чернично-зеленомошном лесу ($3,2 \pm 0,4$ г/м²). Количество ПК имело максимальное значение в сосняке черничном ($109,3 \pm 3,2$ шт./м²), в то время как в осиннике черничном оно было минимальным ($40,3 \pm 1,5$ шт./м²). Подсчет числа ягод и измерение диаметра 100 шт. ягод показали, что наименьшее количество плодов на побегах формировалось в елово-сосновом чернично-зеленомошном лесу ($1,9 \pm 0,1$ шт./побег), в котором средней диаметр ягоды был минимальным ($7,4 \pm 0,1$ мм). В осиннике черничном количество ягод на побег имело максимальное значение ($9,5 \pm 0,8$ шт./побег), так же, как и средний диаметр ($8,5 \pm 0,1$ мм).

В Лузском р-не минимальный показатель урожайности *V. myrtillus* наблюдался в ельнике кислично-черничном и ельнике черничном ($78,8 \pm 3,3$ и $78,3 \pm 3,6$ г/м²), максимальное же значение отмечалось в сосново-березовом бруснично-черничном лесу ($128,6 \pm 9,1$ г/м²). Наименьшее число ПК приходилось на ельник чернично-зеленомошный ($102,5 \pm 7,4$ шт./м²), а наибольшее – на сосново-березовый бруснично-черничный лес ($141,7 \pm 11,9$ шт./м²). Число ягод на плодоносящем ПК минимального значения достигало в ельнике чернично-зеленомошном ($13,1 \pm 0,7$ шт./побег), а максимального – ельнике кислично-черничном ($15,7 \pm 0,8$ шт./побег). Наименьший диаметр ягоды *V. myrtillus* отме-

чался в ельнике кислично-черничном ($8,4 \pm 0,1$ мм), а наибольший – в сосняке чернично-брусничном ($9,5 \pm 0,1$ мм).

Таблица 2

**Параметры формирования урожайности *Vaccinium myrtillus* L.
в разных типах фитоценозов в Котельничском и Лузском районах
Кировской области в 2014 г.**

Тип фитоценоза	Урожайность, г/м ² , M±m /лимит	Количество побегов, шт./м ² , M±m /лимит	Количество ягод, шт./ПК, M±m /лимит	Средний диа- метр ягоды, мм, M±m /лимит
Котельничский р-н				
Сосняк бруснично- черничный	$24,3 \pm 2,3$ 12,5-39,0	$88,8 \pm 3,8$ 67-115	$4,5 \pm 0,4$ 1-35	$8,2 \pm 0,1$ 6,2-9,9
Сосняк вейниково- черничный	$17,7 \pm 3,1$ 4,9-50	$68,9 \pm 3,4$ 45-90	$4,9 \pm 0,7$ 1-39	$8,4 \pm 0,1$ 6,4-10,0
Сосняк чернично- зеленомошный	$44,2 \pm 3,9$ 16,4-61,9	$91,1 \pm 3,6$ 69-122	$7,1 \pm 0,5$ 1-25	$8,1 \pm 0,1$ 6,1-10,3
Сосняк черничный	$26,2 \pm 4,1$ 10,6-59,4	$109,3 \pm 3,2$ 92-128	$5,7 \pm 0,8$ 1-35	$8,2 \pm 0,1$ 5,3-10,5
Елово-сосновый чер- ничник	$18,1 \pm 1,5$ 10,5-32,2	$58,2 \pm 2,6$ 35-78	$6,4 \pm 0,4$ 1-40	$7,6 \pm 0,1$ 5,5-10,4
Елово-сосновый чер- нично-зеленомошный лес	$3,2 \pm 0,4$ 1,7-7,3	$52,9 \pm 2,2$ 40-65	$1,9 \pm 0,1$ 1-9	$7,4 \pm 0,1$ 4,9-10,0
Осинник черничный	$40,7 \pm 4,5$ 13,2-69,5	$40,3 \pm 1,5$ 31-48	$9,5 \pm 0,8$ 1-50	$8,5 \pm 0,1$ 5,8-10,4
Березняк черничный с примесью сосны	$27,8 \pm 2,2$ 14,4-44,8	$69,5 \pm 1,1$ 64-79	$5,5 \pm 0,4$ 1-20	$8,3 \pm 0,1$ 6,3-10,1
Лузский р-н				
Ельник кислично- черничный	$78,8 \pm 3,3$ 53,4-96,7	$125,8 \pm 5,8$ 87-158	$15,7 \pm 0,8$ 3-47	$8,4 \pm 0,1$ 5,9-10,4
Ельник черничный	$78,3 \pm 3,6$ 37,3-128,1	$140 \pm 7,2$ 71-215	$13,4 \pm 0,8$ 1-55	$8,5 \pm 0,1$ 5,9-10,3
Ельник чернично- зеленомошный	$78,5 \pm 5,9$ 38,4-126,9	$102,5 \pm 7,4$ 57-173	$13,1 \pm 0,7$ 1-43	$8,8 \pm 0,1$ 5,9-11,3
Сосново-березовый бруснично-черничный лес	$128,6 \pm 9,1$ 85,5-208,7	$141,7 \pm 11,9$ 79-229	$14,8 \pm 0,9$ 2-63	$9,3 \pm 0,1$ 6,1-11,9
Сосняк чернично- брусничный	$105,9 \pm 9,2$ 60,1-160,2	$135,4 \pm 5,4$ 103-172	$13,8 \pm 0,7$ 1-42	$9,5 \pm 0,1$ 5,8-12,2

Таким образом, исследования по формированию урожайности *V. myrtillus* показали, что в условиях подзоны средней тайги число ПК (генеративных и вегетативных) и количество ягод на плодоносящем ПК выше, чем в южной тайге. В Лузском р-не средняя урожайность *V. myrtillus* за два вегетационных периода составила 926 кг/га, в то время как в Котельничском р-не она была значительно ниже, всего лишь 146 кг/га. Кроме того, при определении продуктивности *V. myrtillus* в различных фитоценозах было отмечено, что наиболее урожайным

в Лузском р-не был сосново-березовый бруснично-черничный лес (1286 кг/га), а в Котельничском р-не сосняк чернично-зеленомошный (442 кг/га).

Литература

- Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР. М., 1976. 340 с.
- Егошина Т. Л., Колупаева К. Г., Раус Л. К. Анализ особенностей плодоношения и ресурсов *Vaccinium myrtillus* (Ericaceae) в Кировской области (1961-2004) // Растит. ресурсы Т. 42. № 1. 2006. С. 57–66.
- Иллюстрированный определитель растений Пермского края / С. А. Овеснов, Е. Г. Ефимик, Т.В. Козьминых и др. / Под ред. доктора биол. наук С. А. Овеснова. Пермь: Книжный мир, 2007. 743 с.
- Методы изучения лесных сообществ. СПб.: НИИХимии СПбГУ, 2002. 240 с.
- Миркин Б. М. Наумова Л. Г. Наука о растительности. М.: Изд-во «Гилем», 1998. С. 104.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ЭКСКУРСИОННЫХ ТРОПАХ КЕРЖЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

О. В. КорABLEVA

*Государственный природный биосферный заповедник «Керженский»,
o-korableva@mail.ru*

В результате растущего антропогенного прессинга возрастает и потребность человека в познании природы и времяпровождении в естественных ненарушенных ландшафтах, сохранившихся в настоящее время практически только на особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Как следствие увеличивающегося социального запроса ООПТ активно стали использоваться для организации познавательного и экологического туризма. Здесь важно уточнить, что ООПТ созданы в первую очередь для сохранения природных объектов и комплексов, и самая строгая форма охраны природы осуществляется в заповедниках. В то же время одной из задач этой категории ООПТ является экологическое просвещение и воспитание населения. Бережное отношение к природе очень трудно привить и объяснить вне природы. Именно для того, чтобы соприкоснуться с природными объектами, узнать о природных явлениях, в заповедниках создаются познавательные экскурсионные тропы. В таком случае встает вопрос о рекреационных нагрузках, возникающих в процессе посещения экскурсионных маршрутов. Рекреационное воздействие не должно превышать предельно-допустимые нормы, т.е. должны быть определены «приемлемые изменения природного комплекса или объекта, которые не противоречат целям их сохранения» (Забелина, 2012).

В Государственном природном биосферном заповеднике «Керженский» познавательные экскурсии в природу проводятся на участке экскурсионно-рекреационного пользования, где производится учет посетителей, определяются и оцениваются особенности устойчивости природно-территориальных комплексов (ПТК), стадии дигрессии и другие характеристики, основываясь на методиках и методических разработках В. П. Чижовой (2011), А. В. Завадской,

В. В. Непомнящего (2014), даются рекомендации для дальнейшего развития познавательного туризма.

В настоящее время в Керженском заповеднике существует два действующих маршрута «Заповедный лес» и «Пойма Керженца», третья тропа «Болото» находится на стадии разработки. Первый маршрут используется для экскурсий с 1997 года. По классификации В.П. Чижовой (2011) данная тропа относится к нулевому уровню – наличие тропы без специального благоустройства на ней. Только в начале маршрута поставлены информационные стенды с указанием правил поведения, схемой и природными объектами тропы. В ландшафтном отношении тропа проходит по территории первой террасы, высокой и средней поймы р. Керженец. Рекреационный участок тропы, находящийся на террасе представлен песчаной дорогой, шириной более 2 м, которая ранее (до образования заповедника) использовалась для передвижения различного транспорта. Здесь маршрут проходит среди сосновых зеленомошных и лишайниковых лесов, произрастающих на дерново-поверхностно-подзолистых и скрыто-подзолистых песчаных почвах, имеющих лесную рыхлую подстилку мощностью, в первом случае 2 см, во втором - 1 см. Исходя из критериев временной методики определения рекреационных нагрузок (1987) устойчивость лесов такого типа для экскурсионной деятельности определена среднегодовым показателем, равным 0,4 чел/га, который указывает на самую низкую устойчивость такого ПТК к рекреационному воздействию. Данный участок тропы, находящийся на террасе р. Керженец, исходя из определений стадий дигрессии лесных ландшафтов, предложенной Н.С. Казанской (1972) и дополненной В.П. Чижовой (2011), можно отнести ко второй стадии дигрессии с небольшими изменениями в напочвенном и почвенном покрове. Так, травостой на дорожном рыхлом песчаном полотне практически полностью отсутствует, отмечены оголенные корни деревьев. Здесь важно отметить, что процессы деструкции связаны были с активным использованием дороги в лесном хозяйстве до создания заповедника. В настоящее время идет медленный процесс восстановления. Лесные комплексы, находящиеся вдоль этого участка маршрута практически не нарушены. Непосредственно на самой тропе отмечено в нескольких местах произрастание сорных растений – подорожника большого, лютика ползучего.

Средний участок маршрута «Заповедный лес» проходит по высокой и средней пойме и имеет вид небольшой тропы до 50 см, на основной оси встречаются единичные травянистые лесные растения. Здесь ПТК представлены елово-сосновыми, березово-сосновыми и березово-липовыми разнотравными (доминируют ландыш майский, костяника, майник двулистный) лесами на пойменной дерновой слоистой песчаной почве. ПТК пойменного участка можно считать достаточно устойчивыми к рекреационным нагрузкам, т. к. среднегодовой показатель в этом случае будет составлять 5,2 чел/га (Временная методика определения рекреационных нагрузок..., 1987). Данный участок тропы соответствует первой дигрессивной стадии, характеризующейся естественным фоном лесного ландшафта.

Учет посетителей на маршрутах стал осуществляться только с 2006 г. Динамика посещаемости на тропе «Заповедный лес» колеблется (рис. 1), в сред-

нем, около 300 человек, в 2013 г. произошло заметное снижение посетителей, и связано это с наибольшей посещаемостью обустроенного второго маршрута.

На экскурсионной тропе «Пойма Керженца» проводятся мероприятия по благоустройству, и в настоящее время она относится к третьему, среднему уровню (Чижова, 2011). Тропа укреплена и выровнена деревянными настилами и понтонными мостами, оборудована информационными стендами и частично обустроена остановками для кратковременного отдыха. В рекреационно-ландшафтном отношении маршрут проложен на разноуровневых поверхностях поймы и включает в себя: участки высокой поймы с сосновыми, сосново-еловыми, березово-сосновыми бруснично-зеленомошными, лишайниковыми и разнотравно-злаковыми лесами на пойменных слоистых песчаных почвах; участки средней поймы с еловыми зеленомошными, елово-липовыми, сосново-липовыми с дубами разнотравными лесами на пойменной слоистой супесчаной почве; небольшой участок низкой поймы (необустроенная часть) представлен молодыми природными комплексами – березово-сосновыми, ивово-сосновыми, ивовыми молодыми лесами на относительно свежих песчаных наносах (Кораблева, 2013).



Рис. 1. Количество экскурсантов с 2006 по 2013 гг. на тропе «Заповедный лес»

По устойчивости ПТК высокой поймы относятся к самому низкому показателю, ПТК средней и низкой поймы можно считать достаточно устойчивыми (Временная методика определения рекреационных нагрузок..., 1987). В 2011 г. состоялось начальное открытие и посещение тропы «Пойма Керженца» (рис. 2). В последующие годы количество экскурсантов резко увеличилось благодаря обустроенности. Устойчивость ПТК и стадии дигрессии основаны на описании почвенно-растительного покрова, в то же время, созданные защитные покрытия на тропе увеличивают устойчивость комплексов и пропускную способность, что послужило поводом для приема большего количества посетителей на обустроенном экскурсионном маршруте.

Но это не значит, что количество посетителей может бесконечно расти «...предельно допустимая нагрузка определяется здесь совсем другими факторами: устойчивостью животного населения к воздействию фактора беспокойства, характеристикой маршрута, благоустройством маршрутов и стоянок туристов, а также психофизической комфортностью и соблюдением природоохранных норм и правил» (Чижова, 2011). Так, на основе изучения особенностей

маршрута «Пойма Керженца» одна из рекомендаций касается психокомфортного (слухового) фактора, где предлагается распределение групп во времени.



Рис. 2. Количество экскурсантов с 2011 по 2013 гг. на тропе «Пойма Керженца»

Для определения устойчивости животного населения к воздействию фактора беспокойства необходимо организовать мониторинговые орнитологические исследования на экскурсионных тропах, что позволит в последующем среди птичьего населения выявить виды индикаторы, реагирующие на рекреационные нагрузки, тогда можно будет лимитировать количество посещений в зависимости от сезонов, либо изменять траекторию маршрута с выявлением местообитаний уязвимых и редких видов птиц.

На основании проведенных экологических исследований на экскурсионных тропах в Керженском заповеднике формируются предложения и рекомендации, направленные на уменьшение рекреационных нагрузок, улучшения проходимости маршрутов, поддержания эстетической привлекательности и сохранения природных комплексов вдоль дорог и тропинок. Результатом исследований являются адаптация и корректировка полевых и мониторинговых методик с учетом местных природных исторических условий заповедной территории, планирование программ научно-исследовательских работ в области развития познавательного туризма.

Литература

Временная методика определения рекреационных нагрузок на природные комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха, и временные нормы этих нагрузок. М., 1987. 34 с.

Забелина Н. М. Сохранение биоразнообразия в национальном парке. Смоленск, 2012. 176 с.

Завадская А. В., Непомнящий В. В. Рекреационное природопользование на особо охраняемых природных территориях: подходы к управлению и методы изучения воздействий // Методы полевых экологических исследований: Учеб. пособие. Саранск, 2014. С. 353–374.

Казанская Н. С. Изучение рекреационной дигрессии естественных группировок растительности // Изв. АН СССР, сер. Географ. 1972. № 1. С. 52–59.

Кораблева О. В. Научные исследования и рекомендации в области развития познавательных экскурсий на территории Керженского заповедника // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность: Материалы междунар. науч.-практ. конф. (31 октября – 1 ноября 2013г). Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2013. С. 259–261.

Чижова В. П. Рекреационные ландшафты: Устойчивость, нормирование, управление. Смоленск, 2011. 176 с.

Чижова В. П., Оболенская М. А. Особенности рекреационного воздействия на природу в условиях охраняемых территорий // Проблемы и перспективы развития туризма в странах с переходной экономикой: Материалы междунар. науч.-практ. конф. Смоленск, 2000. С. 282–286.

СУКЦЕССИИ ЛУГОВЫХ СООБЩЕСТВ ПОЙМЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Любова

*Северный Арктический федеральный университет,
s.lyubova@narfu.ru*

На пойменных лугах произрастает большое количество видов растений, образующих своеобразные растительные сообщества. Сообщества представляют собой совокупность популяций, которые сосуществуют в пространстве и времени, взаимодействуют друг с другом в пределах определенной среды и образуют особую экосистему с определенным составом, структурой, взаимоотношениями с внешней средой, характеризуются развитием и функциями. При этом экосистема регулярно подвергается воздействию антропогенного фактора, поскольку пойменные луга активно используются как кормовые угодья в качестве сенокосов и пастбищ.

За последние 20 лет интенсивность эксплуатации природных и культурных кормовых угодий, расположенных в пойме реки Северная Двина и ее притоков, аграрными предприятиями Архангельской области постепенно снижалась. Проблемы в финансовом положении этих предприятий вносили существенные коррективы в организацию рационального использования сенокосов и пастбищ. Изменения затронули систему удобрения кормовых угодий: удобрения вносились не регулярно, не в оптимальные сроки, дозы удобрений снижались, не соблюдалось соотношение между питательными элементами в удобрении. Система мероприятий по уходу за лугами также подвергалась трансформации: скашивание или стравливание проводились бессистемно: без учета состояния травостоя, например фенологических фаз доминантов. Скашивание и стравливание не соответствовало продуктивному потенциалу фитоценоза.

Фитоценозы никогда не остаются одинаковыми, меняющиеся условия существования растительных организмов, вызывают изменения состава и структуры популяций в строении и структуре фитоценоза. Однако и растительное сообщество действует на среду, изменяет ее, создает свою среду, отличную от среды территории, не занятой сообществом. Фитоценоз не является простым механическим соединением растений, где свойство его является лишь суммой свойств отдельных растений. В сообществе возникает целый ряд новых свойств, присущих лишь ему, как определенному сочетанию растений, и возникающих в результате сложных взаимодействий между растениями и средой. Для фитоценозов характерны такие особенности: 1) наличие конкуренции между видами и особями одного вида за свет, воду, минеральные вещества; 2) угнетенность большинства растений сообщества, которая приводит к дифференци-

ции и отмиранию большей части растений и оказывает формирующее влияние на сохранившиеся; 3) создание благоприятной среды одними видами растений по отношению к другим; 4) создание необходимых условий жизни одними видами растений для других; 5) создание особой структуры сообщества; 6) создание особой среды; 7) изменение сообщества во времени, вызываемое изменяющейся средой. Эти особенности наиболее заметны в процессе функционирования и развития фитоценоза.

Исследования проводились на пойменных лугах дельты Северной Двины. Объектом исследования являются культурные (сеянные) сенокосы, которые были созданы в 80-х годах XX-го века, принадлежали сельскохозяйственному предприятию, которое прекратило свою деятельность 5 лет назад. За период с 2003 по 2014 гг. с периодичностью через два года проводилось геоботаническое обследование контрольных участков. В процессе изучения растительного покрова сенокосных участков выделялись экологические, биоморфологические и фитоценотические группы, определялось обилие и участие видов в луговом сообществе, высота травостоя каждого вида, плотность проективного покрытия (полнота травостоя), урожайность зеленой и сухой массы, запас корневой массы, соотношение наземной и корневой масс (Наквасина, 2001).

Изменения в фитоценозе за почти десятилетний период можно разделить на несколько этапов. На первом этапе сенокосные участки активно использовались, за ними осуществлялись следующие мероприятия по уходу: в весенний период проводилось боронование и вносились удобрения, средняя доза составляла NPK по 40 кг д.в./га. Скашивание проводилось во второй декаде июля, с отклонением в ту или иную сторону на 5 дней. В этот период растительное сообщество состояло 70% злаковых трав, 18% бобовых, 12% разнотравья. Доминанты сообщества: *Alopecurus pratensis* L. – 40 %, *Dactylis glomerata* L. – 18%, *Vicia cracca* L. – 16%, *Ranunculus acer* L. – 10%. Растительная группировка – вико-ежово-лисохвостный луг. Преобладание в растительном сообществе раннезрелых видов, как злаковых так и бобовых трав, указывает на неправильный выбор мероприятий ухода за данным сенокосным участком: внесение удобрений и скашивание должно было проводиться в более ранние сроки, что способствовало бы, активному развитию хозяйственно ценных доминантов и сокращению доли участия разнотравья. Одним из основных мероприятий борьбы с засорением *Ranunculus acer* L. – это скашивание его до образования семян, то есть скашивание трав в конце июня – начале июля, что положительно сказалось бы на соотношении видов в растительной группировке.

На втором этапе сукцессии, на сенокосном угодье мероприятия по уходу не проводились, травостой в течение 6 лет скашивали не регулярно (не ежегодно), скашивания проводились в разные сроки, не только традиционно в середине июля, но даже в августе, когда большинство видов трав уже обсеменялись. В результате такого использования отметились процессы деградации в фитоценозе. Доля участия рыхлокустовых злаков сократилась с 25% до 10%, выпала из травостоя *Festuca pratensis* L., доля корневищных злаков увеличилась у *Bromopsis inermis* L. с 2% до 8%, у *Diglyphis arundinaceae* L. с 2% до 12%. Корневищные злаки характеризуются более высокой конкурентной спо-

способностью, чем рыхлокустовые виды. При отсутствии скашивания активно развивалась *Deschampsia caespitosa* L., этот плотнокустовой злак заполнял пространство сенокоса, и направление распространения было от открытых мелиоративных систем к центру участка. Отмечалось и увеличение обилия разнотравья, особенно крупного разнотравья *Veratrum lobellianum* L., *Angelica sylvestris* L., *Filipendula ulmaria* L.

На третьем этапе сукцессии, исследования проводились в 2013 г., отмечено накопление растительных остатков в большом количестве. Злаки изучаемого растительного сообщества являются верховыми, и дают большое количество биомассы, которая при отсутствии заготовки кормов, теперь накапливается на лугу. Накапливающееся органическое вещество удерживает много воды, что еще более способствует увеличению в почве мертвого органического вещества. По мере накопления неразложившегося органического вещества изменяются физические свойства почвы: уменьшается водопроницаемость, ухудшается аэрация, происходит уплотнение, сопровождаемое анаэробным процессом; более ценные группы растений сменяются менее ценными, снижающими кормовое значение луга. На смену ценным в кормовом отношении злакам *Festuca pratensis* L., *Alopecurus pratensis* L., *Dactylis glomerata* L. приходят менее ценные – плохо поедаемые *Deschampsia caespitosa* L., осоки и т.д. Из фитоценоза ушли представители семейства *Fabaceae* L., наиболее активно развивается разнотравье семейства *Asteraceae* L. и *Apiaceae* L.

На основании десятилетнего периода исследований установлена смена растительного сообщества, идет процесс увеличения видового состава, изменяется структура фитоценоза. Фитоценоз культурного кормового угодья постепенно преобразовался в растительное сообщество природного луга.

Литература

Геоботанические исследования: метод. указания / Е. Н. Наквасина, Е. В. Шаврина. ПГУ. Каф. ботаники и общей экологии. 2-е изд., перераб. Архангельск: ПГУ, 2001. 43 с.

ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ХРЕБТА МАНЬПУПУНЕР (СЕВЕРНЫЙ УРАЛ, ПЕЧОРО-ИЛЫЧСКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

С. В. Дегтева, В. А. Канев, И. И. Полетаева
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 «Югыд ва») имеют федеральный статус, остальные – региональное подчинение.

Печоро-Илычский заповедник организован в 1930 г. На протяжении нескольких десятилетий этот крупный резерват, включающий ландшафты Печорской равнины, предгорий и гор Северного Урала, оставался единственной особо охраняемой природной территорией республики. В 1932 г. заповедник получил статус научно-исследовательского учреждения. С этого времени проводятся планомерное исследование разнообразия природных комплексов и мониторинг их состояния (Особо охраняемые природные территории Республики Коми..., 2011).

Обобщение имеющихся в литературе сведений (Железнова, Шубина, 1998; Лавренко, Улле, Сердитов, 1995; Флора и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника, 1997; Улле, 2005) показывает, что растительный покров резервата изучен еще далеко не достаточно, поэтому выполнение углубленных целенаправленных геоботанических и флористических исследований остается актуальным. Наименее исследовано разнообразие растительного мира горной ландшафтной зоны. В 2007–2011 гг. специалистами Института биологии обследованы ключевые участки, расположенные на хребтах Щукаель-из, Кычиль-из, Макар-из и Турынья-нер, Маньхамбо. В 2012 и 2013 гг. выполнено комплексное обследование растительного покрова и почв на хребте Маньпупунер.

Хребет Маньпупунер расположен в восточной части заповедника, вытянут в меридиональном направлении. Долина реки Печора отделяет его от хребта Коренной поясовый камень (вершина Печерья-Талыхчахль), по которому проходят граница заповедника и административная граница Республики Коми, долина ручья Лягавож – от горного массива Яныпупунер. Протяженность хребта Маньпупунер относительно невелика (порядка 11 км). Отметки абсолютных высот на плато варьируют от 718,5 до 840,5 м над уровнем моря. По данным В. А. Варсанофьевой (1940) хребет Маньпупунер сложен серицитово-кварцитовыми сланцами, в южной оконечности массива они прорваны основными породами, которые подверглись интенсивной метаморфизации. Отличительная особенность хребта – наличие в его северной части останцов («столбов») выветривания. Они имеют высокую эстетическую ценность и являются своеобразной визитной карточкой заповедника.

При сборе материала применяли комплекс традиционных и современных методов геоботанических и флористических исследований. Использован метод описания пробных площадей вдоль экологических профилей, заложенных вдоль высотных градиентов. В ходе обследования пробных площадей выявлены особенности вертикальной, горизонтальной структуры растительных сообществ, разнообразие и обилие сосудистых растений, мохообразных, лишайников. Изучение локальной флоры выполняли маршрутным методом с обследованием всех встречающихся на хребте Маньпупунер местообитаний и типов растительности. Протяженность радиальных маршрутов составляла 5-8 км. Списки видового состава локальной флоры документированы гербарными сборами, хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Определение растений выполнено с использованием монографии «Флора Северо-Востока европейской части СССР» (1974, 1976 а,б, 1977).

К началу наших исследований хребет Маньпупунер в силу его удаленности и труднодоступности оставался практически не изученным в ботаническом отношении. Детальные сведения об особенностях его растительного покрова в литературе отсутствуют. В работах, посвященных анализу флоры сосудистых растений резервата (Ланина, 1940; Федотов, 1981; Лавренко, Улле, Сердитов, 1995; Улле, 2005), можно найти сведения лишь о 70 таксонах, зарегистрированных здесь в разные годы. Упоминания некоторых видов, например, *Carex atrata* (Ланина, 1940), *Woodsia ilvensis* (Федотов, 1981), нуждаются в подтверждении (Лавренко, Улле, Сердитов, 1995).

В результате геоботанических исследований установлено, что на горном массиве Маньпупунер отчетливо выражена вертикальная поясность. Облик растительности горно-лесного пояса определяют еловые леса зеленомошного и травяного типа, которые включают три растительные ассоциации: *Piceetum fruticulosum-hylocomiosum*, *P. aconitosum* и *P. expansae dryopteridosum*. Растительность подгольцового высотного пояса характеризуется самым высоким уровнем ценотического разнообразия. Наиболее характерным ее элементом являются еловые (асс. *Piceetum myrtillosum-hylocomiosum*) и березовые (асс. *Montano-Betuletum aconitosum*, *M.-B. calamagrostidosum*, *M.-B. avenellosum*, *M.-B. albiflori geraniumsum*, *M.-B. dryopteridosum*, *M.-B. gymnocarpiosum*, *M.-B. mixto-herbosum*) редколесья. Ассоциации *Montano-Betuletum dryopteridosum*, *M.-B. gymnocarpiosum* описаны впервые для территории Печоро-Илычского заповедника. Кустарниковая растительность представлена ивняками травяными (асс. *Lanatae salicetum albiflori geraniumsum*, *Lanatae salicetum mixto-herbosum-calamagrostidosum*), развитыми по ложбинам стока, зарослями *Betula nana* (группы ассоциаций *Nanae Betuleta hylocomioso-cladinosa*, *Nanae Betuleta hylocomiosa*) и *Juniperus sibirica* (группы ассоциаций *Junipereta hylocomiosa* и *Junipereta herbosa*), формирующимися на дренированных участках. Горные луга не занимают больших площадей, приурочены к влажным экотопам с относительно богатыми почвами и представлены сообществами ассоциаций *Calamagrostidetum geraniumsum*, *Geranietum mixto-herbosum*. Сообщества горных тундр распространены в верхних частях склонов, на нагорных террасах и плато. Представлены преимущественно фитоценозами лишайникового типа (ассоциации *Fruticuleto-Nanae betuletum flavocetrariosum*, *Fruticuletum cladinosum*, *Myrtilletum cladinosum*). Отмечены также зеленомошные (асс. *Fruticuleto-Nanae betuletum hylocomiosum*, *Myrtilletum hylocomiosum*, *Myrtilletum mixto-herbosum-hylocomiosum*) и луговинные (асс. *Majoris bistorteto-avenelletum polytrichosum*) тундры.

В результате проведенных в 2013 г. флористических исследований существенно дополнены сведения о разнообразии сосудистых растений для территории хр. Маньпупунер. Установлено, что здесь произрастают 239 видов высших сосудистых растений из 140 родов и 51 семейства. Наиболее разнообразны семейства Роасеае (26 видов), Астерасеае (25), Сурепасеае (24), Росасеае (17), Ранункуласеае (11), Салисасеае (11), Скрофularioсeае (10), Ericасeае (9), Caryophyllасeае (8), Ариасеае (7). Высокое разнообразие семейств Роасеае и Сурепасеае подчеркивает горный характер флоры. Десять наиболее насыщен-

ных в видовом отношении семейств объединяют 61,9% видового состава. Среди родов максимальным числом таксонов представлены *Carex* (19) и *Salix* (10). Заметным разнообразием характеризуются также роды *Hieracium* (6 видов), *Poa* (5), *Rubus* (5), *Equisetum* (4), *Luzula* (4), *Eriophorum* (4), *Pedicularis* (4), *Dryopteris* (3), *Vaccinium* (3). Значительная часть родов (95) содержит всего по одному виду, что отражает миграционный характер флоры. Среди растений, произрастающих на хр. Маньпупунер, преобладают представители северных широтных групп: бореальной (138 видов или 57,3% от общего числа зарегистрированных таксонов), арктической, аркто-альпийской и гипоарктической (в совокупности 86 видов или 36%). Виды с южным распространением значительно менее многочисленны. Отмечены 8 таксонов, принадлежащих к неморально-бореальной группе, и 1 лесостепной вид, на доли которых в локальной флоре приходится 3,3 и 0,4% соответственно. Выявлено 5 видов полизонального элемента. Их малая доля (2,1%) отражает низкую степень антропогенной трансформированности экосистем. Среди долготных элементов преобладают голарктический и евразийский, объединяющие 40,6 и 32,6% от общего числа видов соответственно. Доли европейских и азиатских (сибирских) видов примерно равны (12,8 и 13,4%). Это является закономерным следствием положения изученной территории на границе Европы и Азии.

На хребте Маньпупунер зарегистрировано 11 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Республики Коми (2009). Пять видов отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2: *Pinus sibirica*, *Paeonia anomala*, *Rhodiola rosea*, *Anemonastrum biarmiense*, *Scorzonera glabra*. Четыре таксона классифицированы как редкие (категория статуса 3): *Dryopteris filix-mas*, *Polypodium vulgare*, *Crepis chrysantha*, *Potentilla kuznetzowii*. К категории статуса редкости 4 (виды с неопределенным статусом) относятся *Lagotis uralensis* и *Eleocharis quinqueflora*. Еще 6 таксонов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге: *Loiseleuria procumbens*, *Hedysarum arcticum*, *Thalictrum alpinum*, *Cardamine macrophylla*, *Dactylorhiza maculata*, *Poa sibirica*. Помимо видов сосудистых растений, занесенных в региональную Красную книгу и приложение к ней, в процессе исследований выявлены таксоны, которые являются редкими для территории Печоро-Илычского заповедника (Лавренко, Улле, Сердитов, 1995): *Dryas octopetala*, *Astragalus frigidus*, *Salix reticulata*, *Pedicularis lapponica*, *Pedicularis oederi*, *Gastrolychnis apetala*, *Carex sabyensis*, *Lloydia serotina*, *Cerastium jenisejense*, *Carex rupestris*, *Bromopsis vogulica*.

Изучение растительности и флоры хребта Маньпупунер выявило их значительное разнообразие и специфику. Здесь встречаются редкие для заповедника растительные сообщества: кедровые редколесья, горные ивковые и дриадовые тундры. В составе флоры выявлено 11 видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Республики Коми и 6 видов, включенных в приложение к ней. Данные о местах произрастания редких видов могут использоваться для мониторинга состояния их ценопопуляций и ведения региональной Красной книги.

Исследования выполнены при поддержке программы Президиума РАН «Живая природа», проект № 12-П-4-1018 «Видовое, ценотическое и экосистемное разнообразие ландшафтов территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми».

Литература

- Варсанюфьева В. А. Геологическое строение территории Печоро-Илычского государственного заповедника // Тр. Печоро-Илыч. гос. заповедника. М., 1940. Вып. 1. 134 с.
- Железнова Г. В., Шубина Т. П. Мохообразные Печоро-Илычского заповедника (аннотированный список видов) // Флора и фауна заповедников. М., 1998а. Вып. 65. 34 с.
- Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 721 с.
- Лавренко А. Н., Улле З. Г., Сердитов Н. П. Флора Печоро-Илычского биосферного заповедника. СПб., 1995. 255 с.
- Ланина Л. Б. Флора цветковых и сосудистых растений Печорско-Илычского заповедника // Тр. Печ.-Илыч. гос. заповедника. 1940. Вып. 3. С. 5–149.
- Особо охраняемые природные территории Республики Коми итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.
- Улле З. Г. Флористическая изученность территории Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илычского заповедника. Сыктывкар, 2005. Вып. 14. С. 34–46.
- Федотов В. В. Список редких растений Печоро-Илычского заповедника // Флора и растительность заповедников РСФСР. М., 1981. С. 18–30.
- Флора и растительность Печоро-Илычского биосферного заповедника // С. В. Дегтева, Г. В. Железнова, Д. И. Кудрявцева, Н. И. Непомилуева, Я. Херманссон, Т. П. Шубина. Екатеринбург, 1997. 385 с.
- Флора Северо-Востока европейской части СССР. Л., 1974. Т. I. 257 с.; 1976. Т. II. 316 с.; 1976. Т. III. 293 с.; 1977. Т. IV. 312 с.

ФЛОРА СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО ЗАКАЗНИКА «КОРАБЕЛЬНАЯ ЧАЩА» (УДОРСКИЙ РАЙОН, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

В. А. Канев

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

В течение последних десяти лет специалисты отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводят работы, направленные на выявление фитоценотического и флористического разнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми. Летом 2011 г. впервые были проведены флористические исследования в ботаническом заказнике «Корабельная чаща», который находится в подзоне средней тайги Удорском районе Республики Коми.

Ботанический (лесной) заказник «Корабельная чаща» (т.н. Пришвинский бор, 1182 га), расположен в квартале 60 Верхне-Вашкинского лесничества. Охраняется уникальный массив спелого соснового леса III–IV класса бонитета. Такие продуктивные сосняки в других районах практически вырублены. В буферную зону входят ельники зеленомошной, долгомошной и сфагновой групп типов леса; сфагновые болота. Предложен для охраны Ертомским лесхозом (Н. В. Коврижных), Коми филиалом АН СССР (Н. И. Непомилуева), Минлесхозом

Коми АССР. Учрежден постановлением СМ Коми АССР от 26 сентября 1989 г., № 193. Охраняется Междуреченским лесхозом (Кадастр..., 1993).

Исследуемая территория находится в Кольско-Печорской подпровинции Североевропейской таежной провинции Евразийской таежной области с преобладанием еловых лесов (Исаченко, Лавренко, 1980). По лесорастительному районированию исследуемая территория относится к Вычегодско-Сысольскому округу еловых, сосновых, березовых и осиновых лесов Восточно-Европейской равнинной провинции (Леса Республики Коми, 1999).

В результате флористических исследований в заказнике «Корабельная чаша» и на прилегающей буферной зоне (были обследованы сосновые, еловые леса, долина р. Почь и ее притоки, сфагново-осоковые болота), установлено, что флора высших сосудистых споровых, голосеменных и покрытосеменных растений составляет 260 видов, относящихся к 164 родам и 58 семействам. Уровень видового богатства может быть оценен как средний для подзоны средней тайги, но показатель мог быть выше, т.к. в данном районе отсутствуют крупные луга, поэтому отсутствует ряд луговых растений.

К споровым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 13 видов (5%). Четыре вида принадлежат к папоротникам – *Dryopteris carthusiana*, *Phegopteris connectilis*, *Athyrium filix-femina*, *Gymnocarpium dryopteris*. Шесть видов относятся к хвощам – хвощи полевой, зимующий, речной, болотный, луговой, лесной (*Equisetum arvense*, *E. hyemale*, *E. fluviatile*, *E. palustre*, *E. pratense*, *E. sylvaticum*). Хвощи довольно обычны и часто встречаются во всех сообществах – луговых, лесных, водных. Три вида относятся к плауновидным – плаун сплюснутый (*Diphasiastrum complanatum*), п. булавовидный (*Lycopodium clavatum*), п. годичный (*L. annotinum*). Всего три вида принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными. Это ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). *Picea obovata*, *Pinus sylvestris* являются основными эдификаторами в лесных сообществах данного заказника. Остальные виды (244) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 69 – однодольные и 175 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1: 2.5.

Наибольшим разнообразием отличаются семейства астровые (*Asteraceae*) с 27 видами, мятликовые (*Poaceae*) и осоковые (*Cyperaceae*) с 26 видами каждое, гвоздичные (*Caryophyllaceae*) с 17, розоцветные (*Rosaceae*) с 16, лютиковые (*Ranunculaceae*) с 15, ивовые (*Salicaceae*) с 9 видами каждое. Замыкают десятку ведущих семейств бобовые (*Fabaceae*) с 8, норичниковые (*Scrophulariaceae*) и вересковые (*Ericaceae*) с 7 видами каждое соответственно. Всего десять ведущих семейств включают 60,8% видов флоры.

Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (21 вид), которые в основном произрастают в водных и болотных растительных сообществах. Второе место по численности видов занимает род *Salix* (8). Все виды этого рода принадлежат к жизненной форме древесных растений (деревья, кустарники), и произрастают на болотах (*Salix myrtilloides*), по берегам рек (*S. viminalis*, *S. triandra*), в лесах (*S. caprea*). Заметным разнообразием видов

также отличаются роды *Stellaria* (8), *Ranunculus* (6), *Equisetum* (6), *Viola* (5), *Rubus* (5), *Hieracium* (4), *Poa* (4), *Calamagrostis* (4). Остальные рода представлены 1–3 видами.

Наибольшее число родов содержат семейства *Asteraceae* (21) и *Poaceae* (17), далее следуют *Rosaceae* (11), *Caryophyllaceae* (9), *Ranunculaceae* (8), *Apiaceae* (6), *Lamiaceae* (6), *Orchidaceae* (5), *Ericaceae* (5), *Polygonaceae* (5).

Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, к числу которых относится 75,4% выявленных сосудистых растений. Большинство бореальных видов являются широко распространенными во всех растительных сообществах. Суммарное участие во флоре северных широтных групп составило 8,45%. Арктических видов нет. Из аркто-альпийских видов (1,15%), отмечены – манжетка Мурбека (*Alchemilla murbeckiana*), фиалка двуцветная (*Viola biflora*), соссурея альпийская (*Saussurea alpina*). Из гипоарктических видов (7,3%) – звездчатка толстолистная (*Stellaria crassifolia*), щучка извилистая (*Avenella flexuosa*), пушица влагилищная (*Eriophorum vaginatum*), осока заливная (*Carex paupercula*), очанка холодная (*Euphrasia frigida*), береза карликовая (*Betula nana*), лютик северный (*Ranunculus propinquus*) и др.

Южные широтные группы включают неморальные, неморально-бореальные и лесостепные виды, в общей сложности их доля достигает 11,55%. Неморальных видов во флоре три (1,15%) – звездчатка лесная и з. ланцетовидная (*Stellaria nemorum* и *S. holostea*), фиалка удивительная (*Viola mirabilis*). Неморально-бореальных больше (12 видов или 4,6%) – телиптерис лесной (*Phegopteris connectilis*), перловник поникший (*Melica nutans*), бор развесистый (*Milium effusum*), мятлик неморальный (*Poa nemoralis*), вороний глаз обыкновенный (*Paris quadrifolia*), черемуха обыкновенная (*Padus avium*), чина весенняя (*Lathyrus vernus*), волчье лыко обыкновенное (*Daphne mezereum*), будра плющевидная (*Glechoma hederacea*), яснотка белая (*Lamium album*), скерда болотная (*Crepis paludosa*). Лесостепных видов два или 0,8% – смолевка татарская (*Silene tatarica*) и осока ранняя (*Carex praecox*). Виды с полизональным распространением составляют 9,6% флоры. Часть из них являются сорными, и отмечены на сорных местах вдоль лесных дорог, около лесных избышек – марь белая (*Chenopodium album*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), мятлик однолетний (*Poa annua*), щавелек или щавель кисловатый (*Rumex acetosella*), горец вьюнковый (*Fallopia convolvulus*), подорожник большой (*Plantago major*) и др. Другие – обитатели водоемов (старицы, небольшие реки): ежеголовник простой (*Sparganium emersum*), рдест злаковидный (*Potamogeton gramineus*), роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), уруть мутовчатая (*Myriophyllum verticillatum*).

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразийскими ареалами (соответственно 33,8 и 44,6%). К голарктическим относятся следующие виды – хвощ луговой (*Equisetum pratense*), лисохвост равнинный (*Alopecurus aequalis*), осока двусемянная (*Carex disperma*), осока плевельная (*Carex loliacea*), рамишия однобокая (*Ortilia secunda*), лактук сибирский (*Lactuca sibirica*) и др.; к евразийским – чина луговая (*Lathyrus pratensis*), гру-

шанка средняя (*Pyrola media*), бузульник сибирский (*Ligularia sibirica*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*) и др. К азиатским видам (4,2%) относятся ель сибирская (*Picea obovata*), вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), ива грушанколистная (*Salix pyrolifolia*), звездчатка Бунга (*Stellaria bungeana*), княжик сибирский (*Atragene sibirica*), костяника хмелелистная (*Rubus humilifolius*), смородина щетинистая (*Ribes hispidulum*). Европейские виды – щитовник картузианский (*Dryopteris carthusiana*), звездчатка топяная (*Stellaria alsine*), осока черная (*Carex nigra*), крапива Сондена (*Urtica sondenii*), фиалка болотная (*Viola palustris*), бодяк болотный (*Cirsium palustre*) составляют 14,2%. Космополитных видов немного, всего 3,2%. К их числу относятся мятлик однолетний (*Poa annua*), ряска малая (*Lemna minor*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), марь белая (*Chenopodium album*), мшанка лежащая (*Sagina procumbens*), звездчатка средняя (*Stellaria media*), болотник гермафродитный (*Callitriche hermaphroditica*), подорожник большой (*Plantago major*).

Экологические группы видов растений выделяли на основе их отношения к фактору увлажнения. Около половины видов растений флоры заказника (53,5%) относятся к мезофитам – растениям, которые произрастают в местах с достаточным, но не избыточным увлажнением (*Dactylis glomerata*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Carex vaginata*, *Salix caprea*, *Rubus saxatilis*, *Trifolium pratense*). Немного меньше видов (39,6%) принадлежит к группам растений, характерных для сырых местообитаний – гигромезофитам (9,2% – *Ranunculus repens*, *Poa palustris*, *Rubus humilifolius*, *Valeriana wolgensis*, *Viola biflora*), гигрофитам (25% – *Carex chordorrhiza*, *Scirpus sylvaticus*, *Caltha palustris*, *Scutellaria galericulata*, *Stellaria palustris*, *Viola palustris*), гидрофитам (1,9% – *Menyanthes trifoliata*, *Hippuris vulgaris*, *Comarum palustre*, *Rorippa amphibia*, *Persicaria amphibia*) и гидатофитам (3,5% – *Batrachium trichophyllum*, *Potamogeton alpinus*, *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Lemna minor*, *Ceratophyllum demersum*, *Nuphar lutea*, *Callitriche hermaphroditica*, *Myriophyllum verticillatum*). Растений сухих местообитаний, т.е. ксеромезофитов (*Anthoxanthum odoratum*, *Calamagrostis epigeios*, *Carex ericetorum*, *Hypericum quadrangulum*, *Silene tatarica*, *Chaerophyllum prescottii*, *Achillea millefolium*) зарегистрировано 18 видов или 6,9%. Они произрастают основном в сосновых лесах заказника.

В заказнике «Корабельная Чаша» охраняемых растений, включенных в Красную книгу Республики Коми (2009) не обнаружено. Но отмечено 2 вида сосудистых растений, которые нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге виды – пальчатокоренник Фукса (*Dactylorhiza fuchsii*) и любка двулистная (*Platanthera bifolia*) из семейства орхидные.

Флора высших сосудистых растений заказника «Корабельная чаша» составляет 260 видов, относящихся к 164 родам и 58 семействам. Уровень видового богатства является средним для подзоны средней тайги и набор видов является обычным, флора является типично бореальной. Показатели систематической, географической, ценотической, экологической и биологической структуры являются характерными для флор подзоны средней тайги. В ценотическом ана-

лизе преобладают виды лесных и луговых сообществ, участие сорных видов относительно мало, что свидетельствует о слабом антропогенном воздействии на данную территорию.

Литература

Исаченко Т. И., Лавренко Е. М. Ботанико-географическое районирование // Растительность Европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. С. 10–20.

Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 1993. Ч. I., 190 с.

Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 792 с.

Леса Республики Коми. М.: ДИК, 1999. 322 с.

МАТЕРИАЛЫ К ФЛОРЕ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ВЕРХНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. КОЖЫМ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ, НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАРК «ЮГЫД ВА»)

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 года 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 5 лет. Флора сосудистых растений национального парка насчитывает 668 видов из 297 родов и 91 семейств. Река Кожым относится к бассейну р. Косью (приток 2 порядка р. Печора), нижнее и верхнее течение которого в ботаническом отношении явля-

ется хорошо изученным, а верхнее течение в связи с труднодоступностью территории почти не изученным (Влияние разработки ..., 1994; Мартыненко, Дегтева, 2003; Бассейн реки ..., 2007; Биоразнообразиие ..., 2010).

Верхнее течение реки Кожым располагается в северо-восточной части национального парка в пределах Исследовательского и Народо-Итьинского водораздельных хребтов. Абсолютный уровень высот составляет от 600 до 1150 м над уровнем моря. Хорошо выражена высотная поясность. Флора и растительность имеет типично горные черты. В долине реки Кожым, располагаются кустарничково-зеленомошные и кустарничково-травянистые редкостойные листовенничники. По склонам в горно-лесном поясе располагаются листовенничные редколесья, поднимаясь до высоты 700 м над ур. м. В подгольцовом и подгольцовом поясе распространены различные тундры – кустарничково-моховые, кустарничково-лишайниковые, еринковые-моховые, разнотравно-кустарничково-моховые и т.д. На верхушках горных хребтов и вершин находятся каменистые россыпи (курумники) (Национальный парк..., 2001).

Летом 2013 г. были проведены флористические исследования в верхнем течении р. Кожым, в результате которых было выявлено, что флора данного района насчитывает 210 видов высших сосудистых растений относящихся к 134 родам и 50 семействам. К споровым растениям, которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами, относятся 15 видов (7,1%). Пять видов принадлежат к папоротниковидным – щитовник пахучий (*Dryopteris fragrans*), теллиптерис лесной (*Phegopteris connectilis*), пузырник ломкий (*Cystopteris fragilis*), голокучник трехраздельный (*Gymnocarpium dryopteris*), гроздовник полулунный (*Botrychium lunaria*). К хвощевидным относятся четыре вида – хвощи полевой, луговой, камышковый и лесной (*Equisetum arvense*, *E. pratense*, *E. scirpoides*, *E. sylvaticum*), к плауновидным шесть – плаун альпийский (*Diphasiastrum alpinum*), плаун годичный (*Lycopodium annotinum*), п. колючий (*L. dubium*), п. одноколосковый (*L. lagopus*), плаунок плауновидный (*Selaginella selaginoides*) и плаун-баранец обыкновенный (*Huperzia selago*). Четыре вида принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными – листовенница сибирская (*Larix sibirica*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель обыкновенная (*Picea obovata*), можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica*).

Остальные виды (191) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 60 – однодольные, а 131 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1:2.2. Однодольные растения представлены семействами *Poaceae*, *Cyperaceae*, *Juncaceae*, *Melanthiaceae*, *Alliaceae*, *Trilliaceae*, *Liliaceae*, *Convallariaceae*, *Orchidaceae*. Двудольные принадлежат к семействам *Salicaceae*, *Betulaceae*, *Polygonaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Papaveraceae*, *Brassicaceae*, *Crassulaceae*, *Saxifragaceae*, *Parnassiaceae*, *Grossulariaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Geraniaceae*, *Empetraceae*, *Violaceae*, *Onagraceae*, *Apiaceae*, *Diapensiaceae*, *Ericaceae*, *Primulaceae*, *Limoniaceae*, *Boraginaceae*, *Scrophulariaceae*, *Lentibulariaceae*, *Caprifoliaceae*, *Adoxaceae*, *Valerianaceae*, *Campanulaceae*, *Asteraceae*.

Наибольшим числом видов отличаются семейства *Poaceae* (25), *Cyperaceae* (22), *Rosaceae* (18), *Asteraceae* (15), *Salicaceae* (13), *Ericaceae* (11), *Caryophyllaceae* (11), *Ranunculaceae* (10), *Brassicaceae* (7), *Saxifragaceae* (7).

Высокое разнообразие семейства *Poaceae* и *Cyperaceae* подчеркивает горный характер флоры. Всего в десяти наиболее насыщенных в видовом отношении семейств содержится 66,2% видового состава. Среди родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (17). Второе место по численности занимает род *Salix* (13). Это типично для флоры европейского северо-востока России. Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Saxifraga* (6), *Poa* (5), *Rubus* (4), *Equisetum* (4), *Eriophorum* (4), *Calamagrostis* (3), *Lycopodium* (3), *Betula* (3), *Cerastium* (3), *Potentilla* (3), *Vaccinium* (3).

Растения, произрастающие в верховьях р. Кожым, относятся к разным географическим элементам. Больше половины видов (138 или 55,7% от общего числа зарегистрированных таксонов) принадлежит к северным широтным группам: арктической, аркто-альпийской и гипоарктической. Арктических видов, характерных для тундровой зоны, двадцать (9,5%) – *Arctagrostis latifolia*, *Carex rotundata* и др.; наибольшую значимость в формировании растительных сообществ играет *Salix lanata*. Из типичных для пояса горных тундр аркто-альпийских видов (28,6%) отмечены *Phleum alpinum*, *Poa alpina*, *Salix hastata*, *Viola biflora* и др. Из произрастающих на севере тайги и в южной части тундровой зоны гипоарктических видов (17,6%) наибольшего постоянства и обилия достигают *Avenella flexuosa* и *Betula nana*. Из других представителей данного широтного элемента можно упомянуть *Eriophorum vaginatum*, *Euphrasia frigida*, *Ranunculus propinquus*. Одна треть видов (79 или 37,6%) относится к бореальной широтной группе.

Виды с южным распространением значительно менее многочисленны. Зарегистрированы лишь семь видов, принадлежащих к неморально-бореальной группе (*Phegopteris connectilis*, *Poa nemoralis*, *Milium effusum*, *Paris quadrifolia*) и один к лесостепной (*Allyssum obovatum*) на долю которых приходится 1,9 и 0,5% соответственно от общего числа выявленных таксонов. Видов полизонального элемента, ареалы которых располагаются в нескольких природных зонах, всего четыре (*Equisetum arvense*, *Botrychium lunaria*, *Cerastium holosteoides*, *Rorippa palustris*). Это обусловлено отсутствием здесь крупных водоемов и водотоков, а также тем, что экосистемы не испытывают антропогенного воздействия и длительное время развиваются в режиме спонтанной динамики.

Среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразийскими ареалами (их доли составляют соответственно 46,7 и 28,1% от общего числа видов). Это типичная черта флоры таежной зоны Голарктики. К азиатским видам (13,3%) относятся *Picea obovata*, *Salix nummularia*, *Arabis alpina*, *Erytrichium villosum* и др. Европейские виды (*Trollius europaeus*, *Xamile-nis acaulis*, *Potentilla crantzii*, *Angelica archangelica*) составляют 9,5% от общего числа таксонов локальной флоры. Примерно равные доли европейских и азиатских (сибирских) видов закономерно отражает положение изученной территории на границе двух частей света – Европы и Азии.

Во флоре верхнего течения р. Кожым, произрастает 28 видов высших растений, включенные в Красную книгу Республики Коми (2009). Семь видов – качим уральский (*Gypsophyla uralensis*), ветреница пермская (*Anemonastrum biarmiense*), родиола розовая (*Rhodiola rosea*), мак лапландский (*Papaver lapponicum*), бурачок двусемянный (*Allyssum obovatum*), родиола четырехчленная (*Rhodiola quadrifida*), курильский чай кустарниковый (*Pentaphylloides fruticosa*) отнесены к группе таксонов с категорией статуса редкости 2. Девятнадцать видов классифицированы как редкие (категория статуса 3) – кострец Пампелла (*Bromopsis pumpilleana*), ива отогнутосемянная (*Salix recurvigemmis*), щитовник пахучий (*Dryopteris fragrans*), осока ледниковая (*Carex glacialis*), лук торчащий (*Allium strictum*), гусиный лук ненецкий (*Gagea samojedorum*), кисличник двустолбчатый (*Oxyria dygyna*), сердечник маргаритколистный (*Cardamine bellidifolia*), шиверекия подольская (*Schivereckia podolica*), камнеломка супротивнолистная (*Saxifraga oppositifolia*), новосиверсия ледниковая (*Acomystilis glacialis*), дриада точечная (*Dryas punctata*), лапчатка Кузнецова (*Potentilla kuznetzowii*), кассиопа четырехгранная (*Cassiope tetragona*), диапенсия лапландская (*Diapensia lapponica*), армерия шероховатая (*Armeria scabra*), кошачья лапка ворсоносная (*Anthennaria villifera*), арника Ильина (*Arnica iljinii*), нардосмия Гмелина (*Endocelion sibiricum*). Два вида относятся к группе 4, к видам с неопределенным статусом – зубровка малоцветковая (*Hierochloe pauciflora*), крупка серая (*Draba cinerea*). Семь видов нуждаются в постоянном контроле численности популяций и включены в приложение к региональной Красной книге – мятлик сибирский (*Poa sibirica*), арктосмолка арктическая (*Xamilenis acaulis*), василистник альпийский (*Thalictrum alpinum*), гариманелла мохнатая (*Harrimanella hypnoides*), луазелерия лежачая (*Loiseleuria procumbens*), филлодоце голубая (*Phyllodoce caerulea*), вероника альпийская (*Veronica alpina*).

Флора имеет типичные горные черты, что выражается большим участием видов северных широтных групп – арктической и аркто-альпийской, это связано с тем, что данная территория находится в горах с абсолютными высотами от 600 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 Республики Коми, это 28 видов или около 13% от всей флоры. Исследования данной территории показывает целесообразность включения ее в национальный парк «Югыд Ва» с целью охраны.

Исследования выполнены при поддержке программы Президиума РАН «Живая природа», проект № 12-П-4-1018 «Видовое, ценолитическое и экосистемное разнообразие ландшафтов территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми».

Литература

Бассейн реки Малый Паток: дикая природа / Отв. редактор В. И. Пономарев. Сыктывкар, 2007. 216 с.

Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна р. Кожым. Сыктывкар, 2010. 192 с.

- Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар, 1994. 197 с.
- Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 721 с.
- Мартыненко В. А., Дегтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югыд Ва» (Республика Коми). Екатеринбург, 2003. 108 с.
- Национальный парк «Югыд 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.

ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТНОГО ЗАКАЗНИКА «ДЫНЬ-НЮР» (УСТЬ-КУЛОМСКИЙ РАЙОН РЕСПУБЛИКИ КОМИ, ПОДЗОНА СРЕДНЕЙ ТАЙГИ)

Н. Н. Гончарова, 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 «Югыд ва») имеют федеральный статус, остальные – региональное подчинение (165 заказников, 72 памятников природы, один природный ландшафт).

На протяжении более 10 лет специалисты отдела флоры и растительности Севера Института Биологии Коми НЦ УрО РАН проводят работы, направленные на выявление фитоценотического и флористического разнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми. В рамках инвентаризации биоразнообразия всех ООПТ РК летом 2013 года были проведены ботанические исследования в муниципальном образовании муниципальный район (МО МР) «Усть-Куломский» Республики Коми.

МО МР «Усть-Куломский», один из крупнейших муниципальных образований в Республике Коми (площадь 26,2 тыс км², около 6% территории Республики Коми), расположен в подзоне средней тайги, в юго-западной части Республики, к востоку от гор. Сыктывкара. На территории МО МР «Усть-Куломский» располагаются 27 особо охраняемых природных территорий республиканского значения, к ним относятся: 2 комплексных («Вычегда», «Немский»); 3 ихтиологических («Вадбожский», «Пожегский», «Шерьягинский»), 8 болотных («Динь-Куш», «Дон-ты», «Дыньнюр», «Кельтминское», «Кузобнюр», «Модла-повнюр», «Ыбинское», «Ыджыд-нюр») заказников и 10 ботанических («Войвожский», «Вочь-Вольский», «Габшорский», «Куломью», «Лунвожский», «Нижевочевский», «Вуктыльский», «Плесовка», «Помоздинский», «Пузлинский»), один геологический («Обнажение «Курья-

дор») и 3 болотных («Сед-Ель-Нюр», «Сись-Нюр», «Ыджид-Нюр») памятника природы.

Болотный заказник «Дынь-Нюр» учрежден постановлением Совета Министров Коми АССР от 26 сентября 1989 г., № 193 для охраны клюквенного болота с кадастровым № 629/491. Площадь заказника – 327 га. Заказник расположен на территории МО МР «Усть-Куломский», находится в 3 км на юго-восток от с. Мыелдино, в 4 км на северо-востоке от с. Парма, в 7 км на север от п. Югыдъяг, на левобережном склоне долины р. Лопью (Кадастр..., 1993).

На территории заказника охраняется болотная система, состоящая из двух массивов, существенно отличающихся друг от друга по видовому составу и ценоотическому разнообразию, а также по структуре растительного покрова. Две трети площади системы занимает *верховой* сосново-кустарничково-сфагновый массив. Основу его ценофлоры составляют олиготрофные виды, т.к. питание субстрата, на котором они растут крайне бедное и осуществляется только за счет атмосферных осадков. Растительный покров на большей территории однородный или мозаичный, его основу составляют сосново-кустарничково-сфагновые и сосново-кустарничково-морозково-сфагновые фитоценозы. Древесный ярус образован исключительно сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), высота деревьев от 0,3 до 6 м, средняя высота яруса в пределах массива составляет 4 м. Микрорельеф средне- и кочковатый. Травяно-кустарничковый ярус хорошо выражен, общее проективное покрытие 60–80%. Наиболее обильны касандра болотная (*Chamaedaphne calyculata*), голубика (*Vaccinium uliginosum*) и морошка (*Rubus chamaemorus*), проективное покрытие каждого из них около 20%. Также в качестве содоминантов на отдельных участках могут выступать багульник болотный (*Ledum palustre*), вороника гермафродитная (*Empetrum hermaphroditum*) и подбел узколистный (*Andromeda polifolia*). Остальные виды хотя и постоянны, но малообильны (ПП не более 1–5%). К ним относятся клюквенная болотная и мелкоплодная (*Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*), осока малоцветковая (*Carex pauciflora*). Пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*) предпочитает расти в межкочечных понижениях, где она может быть довольно обильной (до 20%). В моховом покрове повсюду господствует *Sphagnum fuscum* (90-100%), совместно с ним, как примесь, произрастают *Sphagnum russowii*, *S. angustipholum*, *Polytrichum strictum* и *Mylia anomala*. Единично отмечены *Cladonia arbuscula* и *C. rangiferina*.

В южной части системы расположен *мезоевтрофный* массив. Он, в отличие от верхового, характеризуется высоким флористическим богатством и ценоотическим разнообразием, чему способствуют хорошо минерализованные ключевые воды, стекающие с прилегающей лесной территории. Вблизи ключей микрорельеф кочковатый с небольшими западинами. Растительность очень мозаична, преобладают многовидовые древесно-кустарничково-травяно-моховые сообщества, границы между ними размыты. В формировании ценозов участвуют виды не только, относящиеся к разным эколого-ценоотическим группам, но и к разным жизненным формам (деревьям, кустарникам, кустарничкам, травам), таксономическим группам (сосудистым растениям, мхам, водорослям, грибам). Из деревьев отмечены сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и береза (*Betula pu-*

bescens). Высота стволов сосны от 0,5 до 12 м, в среднем – около 8 м. Стволы березы ниже, их максимальная высота 8 м, средняя – 3,5 м. По окраинам отмечена ель (*Picea obovata*). Ее деревья в основном угнетенные (высота 0,2–2 м). Из кустарников встречаются крушина ольховидная (*Frangula alnus*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*), шиповник иглистый (*Rosa acicularis*), некоторые ивы, например, и. козья (*Salix caprea*) и и. филиколистная (*S. phylicifolia*). Группа кустарничков представлена типичными болотными (багульник, кассандра, подбел, береза карликовая, клюква болотная и др.) и некоторыми лесными (например, черника и брусника – *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) видами, большинство из них тяготеет к повышению микрорельефа. По видовому богатству самой представительной является группа травянистых растений, в числе которых не только болотные и водно-болотные, но также лесные виды: чина весенняя (*Lathyrus vernus*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), аконит высокий (*Aconitum septentrionale*), лютик северный (*Ranunculus propinquus*), костяника обыкновенная (*Rubus saxatilis*), подмаренник северный (*Galium boreale*) и др. Среди болотных трав отмечены виды почти всего диапазона болотных местообитаний по отношению к трофности субстрата: от крайне бедных (шейхцерия болотная, росянки, пушица влагалищная и др.) до евтрофных (горец змеиный – *Bistorta major*, осока сближенная – *Carex appropinquata*, пушицы стройная и многоколосковая – *Eriophorum gracile*, *E. polystachion*, мытник Карлов скипетр – *Pedicularis sceptrum-carolinum*, щавель кисловатый – *Rumex acetosella*, венерин башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* и др.). Довольно богат состав мхов, они также представлены видами разной экологии: от олиготрофов (*Sphagnum fuscum*, *S. magellanicum*, *S. angustifolium*, *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi* и др.) до евтрофов (*Sphagnum subsecundum*, *S. teres*, *Plagiomnium ellipticum*, *Meesia triquetra*, *Paludella squarrosa*, *Tomentypnum nitens*, виды р. *Calliergon* и др.).

По мере удаления от края болота влияние ключевых вод снижается, что отражается на структуре и составе растительного покрова. Исчезают многие евтрофные и почти все лесные виды, возрастает участие мезотрофных и олиготрофных растений: вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*), осок бутыльчатой, шерстистоплодной, плетевидной, топяной (*Carex rostrata*, *C. lasiocarpa*, *C. chordorrhiza*, *C. limosa*), пухоноса дернистого (*Trichophorum caespitosum*), шейхцерии болотной, кустарничков и сфагновых мхов. Эта часть болота кочкато-топяная, комплекс гетеротрофный. Повышения на разных участках занимают от 30 до 5% его площади. Единично на кочках встречается сосна обыкновенная. На кочках распространены полидоминантные кустарничково-сфагновые сообщества, с согосподством в травяно-кустарничковом ярусе багульника, кассандры, голубики, вороники (суммарное проективное покрытие от 40 до 70%), а в напочвенном покрове – *Sphagnum fuscum* (покрытие до 95%).

В болотном заказнике «Дынь-Нюр» и на прилегающей буферной зоне произрастает 119 видов высших сосудистых растений относящихся к 72 родам и 36 семействам. К высшим споровым растениям относится 5 видов, из них один вид принадлежит к группе папоротников – телиптерис лесной (*Phegopteris connectilis*) и четыре вида хвощевидным – хвощи топяной, болотный, камышко-

вый и лесной (*Equisetum fluviatile*, *E. pratense*, *E. scirpoides*, *E. sylvaticum*). Три вида принадлежат к голосеменным растениям, которые представлены хвойными – пихта сибирская (*Abies sibirica*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), ель обыкновенная (*Picea obovata*). Остальные виды (111) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 42 – однодольные, а 69 – двудольные. Соотношение однодольных и двудольных составляет 1:1.6. Наибольшим числом видов отличаются семейства *Cyperaceae* (19), *Orchidaceae* (13), *Rosaceae* (9), *Ericaceae* (8), *Asteraceae* (7), *Salicaceae* (6), *Poaceae* (6). Среди родов наибольшим числом видов представлены роды осока (*Carex*) и ива (*Salix*) с 13 и 6 видами соответственно. Заметным разнообразием видов также отличаются роды *Dactylorhiza* (5), *Equisetum* (4), *Rubus* (4), *Eriophorum* (4), *Cirsium* (3), *Vaccinium* (3), *Galium* (3). Остальные рода представлены 1–2 видами.

Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, к числу которых относится 77,3% выявленных сосудистых растений. Суммарное участие во флоре северных широтных групп составило 16,9%. Из аркто-альпийских видов (3,4%) отмечены – манжетка Мурбека (*Alchemilla murbeckiana*), пухонос дернистый (*Baeotryon caespitosum*), ива копьевидная (*Salix hastata*), горец живородящий (*Bistorta vivipara*). Из гипоарктических видов (13,5%) – пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), осока заливная (*Carex paupercula*), водяника гермафродитная (*Empetrum hermaphroditum*), береза карликовая (*Betula nana*) и др. По три вида относятся к полизональной и неморально-бореальной широтным группам.

В заказнике, в пределах мезоевтрофного массива, выявлено 13 видов представителей семейства орхидные, пять из них включены в Красную книгу Республики Коми (2009): пальчатокоренник мясо-красный (*Dactylorhiza incarnata*), пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri*), пальчатокоренник кровавый (*Dactylorhiza cruenta*), венерин башмачок настоящий (*Cypripedium calceolus*), гаммарбия болотная (*Hammarbia paludosa*). Всего в данном заказнике произрастает 6 охраняемых растений, кроме вышеперечисленных орхидных, здесь также отмечена сосюрея малоцветковая (*Saussurea parviflora*). Из них пальчатокоренники в топях встречаются повсеместно, а венерин башмачок настоящий обилен у края болота. Гаммарбия болотная (*Hammarbia paludosa*) очень редкое растение для Республики Коми, это пятое местонахождение для нашей республики. Три вида нуждаются в биологическом надзоре: пальчатокоренник Фукса (*Dactylorhiza fuchsii*), любка двулистная (*Platanthera bifolia*), кокушник комариный (*Gymnadenia conopsea*).

В целом, болотный заказник «Дынь-Нюр» представляет собой малонарушенную болотную систему. Местами обильны клюква и морошка. В центральной части аапа массива встречен серый журавль (*Grus grus*) – это редкий вид, представленный в природе небольшими по численности популяциями, с узкой экологической амплитудой, он включен в Красную книгу Республики Коми (2009).

Исследования выполнены при частичной поддержке проекта ПРО-ОН/ГЭФ-КОМИ «Биоразнообразие девственные лесов Печорского Приуралья».

Литература

- Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми. Сыктывкар, 1993. Ч. I. 190 с.
- Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 792 с.
- Особо охраняемые природные территории Республики Коми итоги анализа пробелов и перспективы развития. Сыктывкар, 2011. 256 с.

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *PAPAVER LAPPONICUM SSP. JUGORICUM* В БАССЕЙНЕ Р. КОЖИМ (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

И. И. Полетаева

*Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,
poletaeva@ib.komisc.ru*

Национальный парк «Югыд ва» расположен на западных склонах Северного и Приполярного Урала и прилегающих участках Печорской низменности (Республика Коми). В северной части национального парка, в бассейне р. Кожим в 1982–1995 гг. проводилась разработка месторождения россыпного золота, в результате на промышленных площадках были уничтожены почвы и растительность. В настоящее время уровень антропогенного пресса на данной территории сведен до минимума. В бассейне р. Кожим выявлен 371 вид сосудистых растений, из которых 75 относятся к числу редких и охраняемых (Мартыненко, Дегтева, 2003, Биоразнообразие водных и наземных экосистем..., 2010). Среди них эндемичные и реликтовые растения, а также виды, находящиеся на границе своего распространения.

В национальном парке «Югыд ва» редкие и охраняемые сосудистые растения образуют, как правило, небольшие по численности популяции, чрезвычайно чувствительные к действию различных антропогенных факторов (Лавренко, 1994; Мартыненко, Дегтева, 2003; Биоразнообразие водных и наземных экосистем..., 2010, Полетаева и др., 2014). Большинство видов редких растений негативно относится к воздействию антропогенных факторов, однако есть и такие, которые сохраняются и даже расселяются в пределах техногенных участков (Мартыненко, 1986, 2001), среди них мак югорский (*Papaver lapponicum ssp. jugoricum* (Tolm.) Tolm..

Мак югорский – *Papaver lapponicum ssp. jugoricum* (сем. Маковые – *Papaveraceae*), редкий вид, включенный в Красную книгу Республики Коми (2009) (категория 2). *P. lapponicum ssp. jugoricum* – одна из географических рас *P. lapponicum* (Tolm.) Nordh. Эндемичный подвид, распространен в Арктике и Субарктике Сибири: восточной окраине Большеземельской тундры, Полярном Урале, Пай-Хое, Вайгаче (южная часть), берегах Обской губы, Гыданской тундре. Изолированно встречается на Среднем Тимане, у берегов Печорской Пижмы (Флора..., 1976, Ребристая, 1977). На Приполярном Урале отмечен в бассейне р. Кожим.

Мак югорский – многолетнее стержнекорневое растение, бесстебельное, образует рыхлые дерновинки, листья 4–12 см длины, на длинных тонких черешках, серо-зеленые, перисторассеченные, с 3–4 парами цельнокрайных или

слабо надрезанных сегментов. Цветоносы многочисленны, 10–30 см высотой. Бутоны маленькие, покрыты короткими темными волосками; венчик сернисто-желтый, лепестки 1,3–2,3 см длиной, быстро опадающие, тычинки немногочисленные. Коробочка 1,3 см длиной. Размножается семенами.

На Приполярном Урале *P. lapponicum ssp. jugoricum* встречается на каменистых склонах гор и речных надпойменных террасах на участках, где проективное покрытие растений не превышает 25%. Растения мака часто встречаются на аллювиальных песчано-галечных наносах, береговых обнажениях. В бассейне р. Кожим исследовано четыре ценопопуляции (ЦП) мака югорского. В двух случаях (ЦП 1 и ЦП 2) они росли на каменистых бечевниках горных рек и ручьев, две ценопопуляции (ЦП 3, ЦП 4) обнаружены на эфельных отвалах полигонов после горно-технической рекультивации. Площадь, занимаемая исследованными ценопопуляциями, составляла от 40 до 600 м², численность особей изменялась от 50 до 500, распределение растений случайное (табл.). В техногенных экотопах *P. lapponicum ssp. jugoricum* образует устойчивые, более многочисленные (в 200–500 особей) ценопопуляции, чем в естественных условиях, где они насчитывают до 50 растений.

Таблица

Показатели состояния ценопопуляций *Papaver lapponicum ssp. Jugoricum*

Показатели	ЦП 1	ЦП 2	ЦП 3	ЦП 4
Площадь ценопопуляции, м ²	50	600	40	50
Частота встречаемости, %	77,5	86,3	62,5	60,0
Численность, экз.	<200	300 – 500	<100	50
Средняя плотность популяций, экз./м ²	16,1	16,9	4,7	3,8
Степень генеративности, %	28,6	22,1	76,6	55,3

Исследования онтогенетической структуры ценопопуляций показали, что все ценопопуляции нормальные, но неполночленные. Неполночленность онтогенетического спектра, связанная с отсутствием старых особей, отмечена для популяций *P. lapponicum ssp. jugoricum* на Кольском полуострове, Полярном Урале, на Среднем Тимане (Андреева, 1984; Орловская, Тетерюк, 2009). По онтогенетическому спектру ценопопуляции *P. lapponicum ssp. jugoricum* на Приполярном Урале значительно отличаются. По классификации Л.А. Животовского (2001) две ценопопуляции (ЦП 1, 3) характеризуются как – «молодые», ЦП 2 – как «зреющая», ЦП 4 – «зрелая». Ранее показано (Орловская, Тетерюк, 2009), что в процессе инвазии мака в новые местообитания на первых этапах в скоплениях преобладают ювенильные и иматурные особи. По мере их онтогенетического развития происходит переход к характерному для ценопопуляций вида соотношению особей разного биологического возраста. Эту закономерность мы наблюдали и при заселении растениями *P. lapponicum ssp. jugoricum* экотопов, нарушенных при золотодобыче. Условия среды техногенных местообитаний оказались достаточно благоприятными для формирования ценопопуляций мака, а их онтогенетический состав определялся длительностью существования в ценозе.

В целом, на территории резервата состояние популяции *P. lapponicum* ssp. *jugoricum* устойчивое.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта Программы Президиума РАН «Живая природа», проект № 12-П-4-1018 «Видовое, ценоотическое и экосистемное разнообразие ландшафтов территории объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми».

Литература

Андреева В. Н., Похилько, А. А., Филиппова Л. Н., Царева В. Т. Биологическая флора Мурманской области. Апатиты: Изд-во Кольского фил. АН СССР, 1984. 297 с.

Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожим (северная часть национального парка «Югыд ва»). Сыктывкар, 2010. 192 с.

Животовский Л. А. Онтогенетическое состояние, эффективная плотность и классификация популяций // Экология, 2001. № 1. С. 3–7.

Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 721 с.

Лавренко А. Н. Флора Малдинского участка р. Кожим // Влияние разработки россыпных месторождений Приполярного Урала на природную среду. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1994. С. 41–66.

Мартыненко В. А. Естественное зарастание техногенных участков на Приполярном Урале // Бот. журн., 1986. Т. 71, № 12. С. 1663–1668.

Мартыненко В. А. Редкие виды сосудистых растений национального парка «Югыд Ва» // Ботанические исследования на охраняемых природных территориях европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 2001. С. 9–19. (Тр. Коми научного центра УрО РАН, № 165).

Мартыненко В. А., Дегтева С. В. Конспект флоры национального парка «Югыд-Ва» (Республика Коми). Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 108 с.

Тетерюк Л.В., Плотникова И.А., Орловская Н. В. *Paraver lapponicum* (Tolm.) Nordh. subsp. *jugoricum* (Tolm.) Tolm., сем. Paraveraceae – Мак югорский, сем. Маковые // Биология и экология редких растений Республики Коми. Вып. 2. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. С. 119–141.

Полетаева И. И., Дегтева С. В., Кириллова И. А. Характеристика ценопопуляций некоторых редких растений на отвалах месторождения россыпного золота (Приполярный Урал) // Растительные ресурсы, 2014. Т. 50. Вып. 1. С. 53–66.

Ребристая О. В. Флора Большеземельской тундры. Л.: Наука, 1977. 334 с.

Флора северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1976. Т. 3. 293 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АРЕАЛ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВАЛЕНТНОСТЬ *JURINEA CYANOIDES* (L.) REICHENB.

Е. В. Рябова

*Вятский государственный гуманитарный университет,
ryapitschi@yandex.ru*

Любой вид растения, приспосабливается к комплексному воздействию экологических факторов, которые определяют специфику биотопа, и определенным образом реагирует на их воздействие. «Организмы характеризуются экологическим минимумом и экологическим максимумом; диапазон же между этими двумя величинами составляет то, что принято называть пределами толерантности» (Одум, 1975). Для определения зон оптимума и пессимума Л. А. Жуковой (2004) были введены понятия экологической валентности, ин-

декса толерантности, которые базируются на фитоиндикационных шкалах Д.Н. Цыганова (1983).

Объект исследования – *Jurinea cyanooides* из семейства *Asteraceae* Dumort. – евразийский лугово-степной вид, распространенный в Центральной и Восточной Европе, Северной Азии. Природные ценопопуляции (ЦП) вида, находящиеся на границе ареала, изучали маршрутными и стационарными методами в течение 1998–2013 гг. на территории особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – памятников природы Кировской области «Бор на Лобани», «Медведский бор» и прилегающих к ним территорий.

Для характеристики местообитаний ценопопуляций *J. cyanooides* проведено 13 полных геоботанических описания фитоценозов (Полевая геоботаника, 1964; Ипатов, 1998).

Для выявления диапазона экологических условий местообитаний исследуемых видов, списки растений каждого геоботанического описания анализировали с помощью программного комплекса Ecoscale (Заугольнова и др., 1995), разработанного на основе экологических шкал, и дополненного программой Г. Я. Кантора (2006). Для выявления стрессовых факторов и реализации экологического потенциала исследуемых растений на границе ареалов строили диаграммы (Кантор, 2006), в которых на общую экологическую амплитуду вида спроецированы региональные данные экологического пространства изученных ценопопуляций.

Экологическую характеристику *J. cyanooides* проводили с учетом экологических шкал Д. Н. Цыганова (1983) с использованием показателей экологической валентности вида и индекса толерантности (Жукова, 2004).

Остановимся более детально на амплитудах *J. cyanooides* по исходным шкалам Д. Н. Цыганова.

1. Термоклиматическая шкала (Тм). Вид находится в диапазоне от 6 до 11 баллов, что соответствует мезобореальной, суббореальной, бореонеморальной, эунеморальной, термонеморальной и субсредиземноморской экологическим свитам. По термоклиматическому фактору вид занимает промежуточное положение между бореальным и суббореальным до средиземноморского режимов. Термоморфа +bm.

2. Шкала континентальности климата (Кп). Для *J. cyanooides* характерен промежуток значений от 7 до 12 баллов, что соответствует субматериковой, 1-й и 2-й материковой, полуконтинентальной, субконтинентальной, мезоконтинентальной экологическим свитам. По отношению к континентальности климата вид встречается в диапазоне от субматериковых до субконтинентальных типов режима. Контрастоморфа mk+.

3. Омброклиматическая шкала аридности-гумидности (Ом). Вид находится в диапазоне от 5 до 8 баллов. Эти ступени соответствуют следующим экологическим свитам 2-я мезоаридная, 1-я и 2-я субаридные, семиаридная. Растения *J. cyanooides* могут произрастать в условиях от мезоаридности до субаридности-субгумидности. Омброморфа сD+.

4. Криоклиматическая шкала (Сг). Виду соответствует промежуток от 7 до 10 баллов. Он включает в себя 1-ю и 2-ю субкриотермные, 1-ю и 2-ю ге-

микриотермные экологические свиты. *J. cyanoides* произрастает в условиях умеренных, мягких и теплых зим. Криоморфа NO+.

5. Шкала увлажнения почв (Hd). По отношению к этому фактору *J. cyanoides* занимает от 2 до 9 баллов. Они соответствуют следующим экологическим свитам: среднепустынная, полупустынная, пустынно-степная, субстепная, сухостепная, среднестепная, свежестепная, влажно-степная. Этот вид растения может произрастать в промежутке от пустынь-полупустынь до лугово-степных сообществ. Гидроморфа +dC.

6. Шкала солевого режима почв (Tr). *J. cyanoides* занимает промежуток от 3 до 9 баллов, что соответствует гликосемиолиготрофной, гликосубмезотрофной, гликомезотрофной, гликопермезотрофной, гликосемиэвтрофной, гликосубэвтрофной, гликоэвтрофной экологическим свитам. Это растение может произрастать как на бедных, так и на богатых почвах. Трофоморфа oE.

7. Шкала кислотности почв (Rc). Вид находится в диапазоне от 5 до 13 баллов. Эти ступени соответствуют следующим экологическим свитам: 1-я и 2-я мезоацидофильная, 1-я и 2-я субацидофильная, нейтрофильная, 1-я и 2-я субалкалифильная, мезоалкалифильная и алкалифильная. Это растение может произрастать как на кислых, так и на щелочных почвах. Ацидоморфа cG.

8. Шкала освещенности-затенения (Lc). По отношению фактору освещенности-затенения *J. cyanoides* занимает от 1 до 5 баллов. Они соответствуют следующим экологическим свитам: внелесная (световая), полянная (субсветовая), кустарниковая, разреженнолесная, светлоресная. Вид может произрастать и на открытых пространствах, и в светлых лесах. Гелиоморфа GM.

Для шкал богатства почв азотом (Nt), и переменной увлажнения почв (fH) данные по Д.Н. Цыганову (1983) отсутствуют. Изучая экологические позиции исследуемых ценопопуляций *J. cyanoides* на северо-восточном пределе распространения, были определены ступени для этих факторов.

9. Шкала богатства почв азотом (Nt). Вид находится в диапазоне от 1 до 5 баллов, что соответствует следующим экологическим свитам: анитрофильная, 1-я и 2-я субанитрофильная, 1-я и 2-я геминитрофильная. Вид в условиях Кировской области произрастает на безазотных и бедных азотом почвах. Нитроморфа jI.

10. Шкала переменной увлажнения почв (fH). По отношению к этому фактору *J. cyanoides* занимает от 5 до 7 баллов. Они соответствуют следующим экологическим свитам: 1-я и 2-я гемиконтрастофильная и 1-я субконтрастофильная. Местопроизрастания вида в Кировской области от слабого до умеренного переменной увлажнения. Гидроконтрастоморфа rs.

На основе градации шкал по методике Л.А. Жуковой (2004) была определена экологическая валентность *J. cyanoides* как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в баллах. *J. cyanoides* характеризуется высокой валентностью только по отношению к кислотности почв ($Rc = 0,69$); средней – по отношению к термоклиматическому фактору ($Tm = 0,35$), к континентальности климата ($Kn = 0,4$), к увлажнению ($Hd = 0,35$), солевому режиму почв ($Tr = 0,37$), к фактору освещения-затенения ($Lc = 0,56$), а также к богатству почв азотом в условиях Киров-

ской области ($Nt = 0,45$); низкой – по отношению к омброклиматическому фактору аридности-гумидности ($Om = 0,27$), криоклиматическому ($Cr = 0,27$) и к переменности увлажнения почв ($fH = 0,27$).

Краткая запись, характеризующая экологические валентности по отношению к набору факторов сред для *J. cyanoides* выглядит следующим образом:

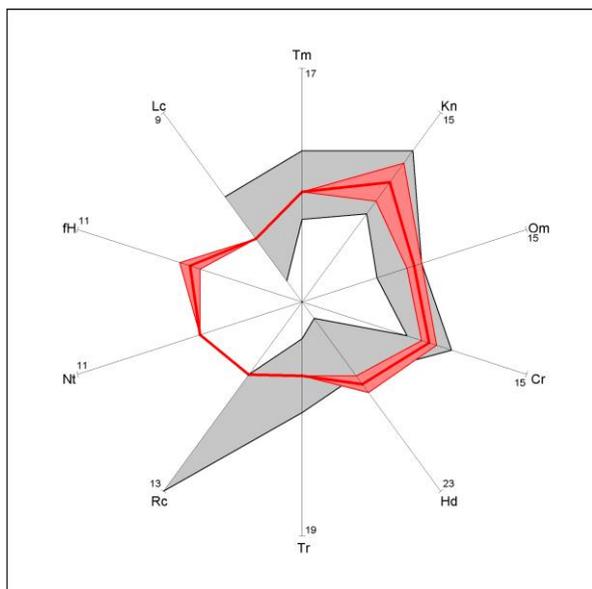
$$J. cyanoides \text{ Э}_{Rc} M_{Tm, Kn, Hd, Tr, Lc, Nt} C_{Om, Cr, fH}$$

Индекс толерантности вида (I_t), определяемый как отношение сумм экологических валентностей с суммой шкал (Жукова, 2004), у *J. cyanoides* равен 0,39 и в совокупности ко всем факторам характеризует вид как гемистенобионт. Это дает представление об этом растении как о малораспространенном виде, который приурочен к ограниченному ряду местообитаний. Отдельно для климатических шкал (Tm, Kn, Om, Cr) значение индекса толерантности составляет 0,32. Это говорит об узкой норме реакции *J. cyanoides* на влияние этих факторов, характеризует данный вид как стенобионт. Для почвенных – (Hd, Tr, Rc, Nt, fH) индекс толерантности равен 0,42. Это свидетельствует о том, что *J. cyanoides* реагирует на влияние данных факторов как гемистенобионт. Таким образом, норма реакции данного вида ко всем факторам среды находится в достаточно узких диапазонах.

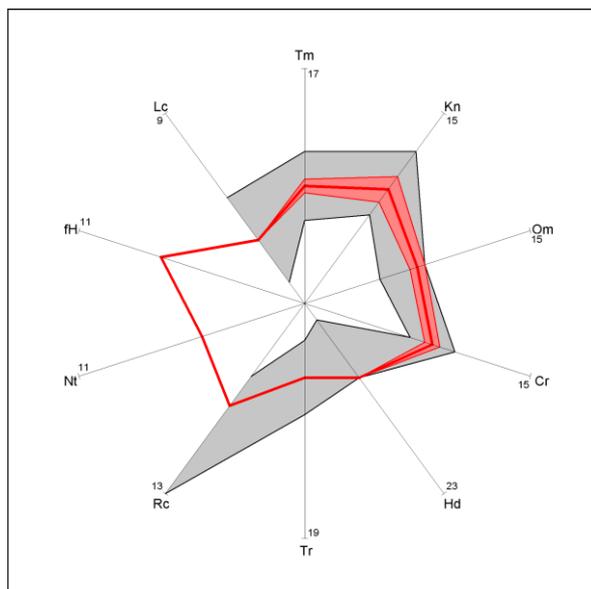
По шкалам Д. Н. Цыганова (1983) были охарактеризованы местообитания *J. cyanoides* во всех изученных ценопопуляциях ООПТ «Бор на Лобани» и «Медведский бор». Изучение экологических позиций обследованных ценопопуляций *J. cyanoides* по шкалам Д.Н. Цыганова (1983) выявило ряд значений факторов, выходящих за пределы описанных диапазонов. В ООПТ «Бор на Лобани» и «Медведский бор» были зарегистрированы значения фактора увлажнения почв, в пределах от 10 до 13, тогда как максимальное значение шкалы равно 9.

В условиях территории «Бор на Лобани» во всех ценопопуляциях значения шкал континентальности климата и омброклиматической аридности-гумидности находятся близ границ экологического ареала по максимальным значениям. В ЦП-2 – ЦП-5 значения криоклиматической шкалы расположены близ минимальной границы, то же самое по шкале освещения-затенения в ЦП-4 – ЦП-6. В целом по ООПТ «Бор на Лобани» значения всех факторов, кроме увлажнения почв, вписываются в диапазон экологического ареала по шкалам Д. Н. Цыганова (рис. I).

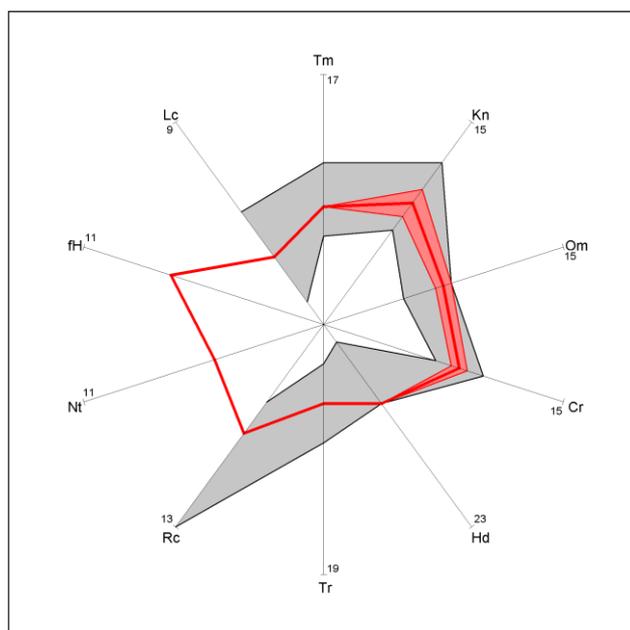
В условиях территории «Медведский бор» во всех ценопопуляциях значения омброклиматической шкалы аридности-гумидности находятся близ границ экологического ареала по максимальным значениям. В ЦП-1, ЦП-3, ЦП-6 значения фактора континентальности климата близ минимальных значений, в ЦП-4, ЦП-7 – близ максимальных. Минимальные значения по шкале освещенности-затенения в ЦП-1 и ЦП-5, по термоклиматической – в ЦП-1, ЦП-2, ЦП-4, ЦП-7. В целом по ООПТ «Медведский бор» значения всех факторов вписываются в диапазон экологического ареала по шкалам Д. Н. Цыганова (рис. II).



I. ООПТ «Бор на Лобани»



II. ООПТ «Медведский бор»



III. Северо-восточная граница ареала

Рис. Диаграммы экологического пространства *J. cyanoides* по шкалам Д. Н. Цыганова (1983) в ценопопуляциях ООПТ «Бор на Лобани» (I), «Медведский бор» (II) и в среднем на северо-восточной границе ареала (III) в пределах Кировской области: светло-серый цвет – амплитуда экологического ареала по шкалам Д. Н. Цыганова; темно-серый – амплитуда экологического пространства, изученных ценопопуляций

Составленная диаграмма для северо-восточной границы распространения *J. cyanoides* в пределах сосняков Кировской области (рис. III) показывает, что амплитуда экологического пространства ценопопуляций в данной территории не выходит за пределы диапазонов экологического ареала по шкалам

Д.Н. Цыганова (1983), однако значения омброклиматической шкалы аридности-гумидности и увлажнения почв расположены близ максимального предела. Это объясняется произрастанием вида на северо-восточной границе ареала в условиях зоны пессимума в пределах зоны толерантности, где условия не оптимальны, но еще достаточны для жизни растений этого вида.

Литература

Жукова Л. А. Оценка экологической валентности видов основных эколого-ценотических групп // Восточноевропейские леса. История в голоцене и современность. Кн. 1. / Отв. ред. О. В. Смирнова. М.: Наука, 2004. С. 256–270.

Заугольнова Л. Б., Ханина Л. Г., Комаров А. С. и др. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ. Пущино: Пущинский научный центр РАН, 1995. 50 с.

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

Кантор Г. Я. Методика определения точности оценки экологических режимов по фитоиндикационным шкалам // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: Сб. материалов Всерос. науч. школы (г. Киров, 28–30 ноября 2006 г.). Киров, Изд-во ВятГГУ, 2006. С. 171–173.

Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. Т. 1. 740 с.

Полевая геоботаника. Т. 3. / Под ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагина. М.-Л.: Наука, 1964. 532 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 198 с.

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИСТА *BETULA NANA* НА РАВНИННОЙ ЧАСТИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С. Н. Плюснина^{1,2}, Н. Н. Гончарова¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Сыктывкарский государственный университет,
pljusnina@ib.komisc.ru, goncharova_n@ib.komisc.ru

Betula nana L. – одно из наиболее распространенных древесных растений в Северном полушарии. Является однодомным листопадным сильноветвистым тундрово-болотным кустарником или кустарничком. Это типичный гипоарктический вид, его ареал охватывает арктические и субарктические области Евразии и Северной Америки, горные области на севере Европы. Широкое распространение вида свидетельствует о его высокой экологической пластичности, в связи с чем вид характеризуется разнообразием морфотипов (от низкорослых стелющихся кустарничков до крупных кустарников). Имеет большое значение как ценозообразователь (Флора северо-востока..., 1976). На территории Республики Коми вид встречается в пределах всех ботанико-географических подзон, но его обилие, встречаемость и фитоценотическая роль постепенно меняются по мере продвижения с севера на юг (в зависимости от изменения климатических и эколого-ценотических условий). Успешная адаптация растительного

организма к климатическим условиям в значительной степени зависит и от способности ассимиляционного аппарата адекватно менять структурные параметры для поддержания интенсивности продукционных процессов. Цель данной работы – характеристика морфолого-анатомической структуры листа *V. nana*, произрастающей в природных популяциях Республики Коми.

Исследования проводили в 2007, 2012–2013 гг. в наиболее типичных местообитаниях *V. nana* на северо-востоке Русской равнины (60° с.ш. – 68° с.ш.). Образцы полностью сформированных листьев отбирали с брахибластов растений *V. nana*, произрастающих в болотных сообществах средней, лесных и болотных фитоценозах крайне-северной тайги, кустарниковой (южной) тундры на территории Республики Коми. Геоботанические описания сообществ выполняли на пробных площадях размером 100 м² в естественных границах фитоценоза по общепринятой методике (Полевая геоботаника, 1959; Шенников, 1964; Орешкин и др., 2004).

Для изучения морфо- и мезоструктуры листа побеги с 5–10 растений каждой популяции фиксировали в 70%-ном этиловом спирте. Поперечные срезы из центральной трети листовой пластинки просматривали под микроскопом Axiovert 200 M (Carl Zeiss, Германия). Фотосъемку производили цифровой камерой AxioCam ERc 5s (Carl Zeiss, Германия). Морфометрические измерения проводили при помощи программы Carl Zeiss Vision (Carl Zeiss, Германия). Для изучения поверхности листа, образцы сушили, напыляли золотом и просматривали под сканирующим электронным микроскопом Tesla BS 300 (Чехословакия).

Наиболее широко *V. nana* распространена в подзоне южных тундр, где она является эдификатором и доминантом растительного покрова, образуя тип ерниковых тундр. Здесь на плоских и заболоченных водораздельных территориях обширные площади заняты ерnikово-моховыми фитоценозами, в которых *V. nana* образует сплошной высокий ярус. Проективное покрытие *V. nana* составляет 85%, высота яруса – 1–1,2 м. На склонах, вдоль водотоков обычны (распространены) ивняково-ерниковые заросли. В них *V. nana* выступает в качестве содоминанта, образуя мозаику с различными видами рода *Salix*, реже произрастает под их пологом (проективное покрытие до 30%). Высота варьирует от 0,5 до 1 м. В условиях избыточного увлажнения и пониженных температур лист карликовой березы носит черты криоморфности. Площадь его поверхности не превышает 1 см³, характеризуется значительной толщиной, хорошо обозначенными 2–3 слоями клеток столбчатого мезофилла.

В крайнесеверной тайге сообщества с участием *V. nana* также широко распространены. Карликовая береза обычна как в лесных, так и болотных фитоценозах и отмечена в составе кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов. Листья на растениях *V. nana* формируются относительно крупные, более 1 см³, и тонкие, в мезофилле которых формируется 1–2 ряда клеток столбчатого мезофилла. На крупнобугристом болоте в зависимости от условий увлажнения и трофности субстрата габитус, жизненное состояние и участие карликовой березы в сложении того или иного сообщества существенно различаются. Так на вершине бугра в кустарничково-лишайниковом сообществе обилие *V.*

nana около 10%, высота не превышает 30 см, а на его склоне береза господствует (покрытие 70–80%), высота достигает 1 м. Соответственно меняется структура листа. Так, на вершине бугра, в более жестких условиях формируются листья меньшей площади и с более развитым столбчатым мезофиллом, чем на склоне.

В таежной зоне, по мере продвижения с севера на юг, фитоценоотическое значение березы карликовой постепенно снижается, а основным местообитанием становятся болота различных типов. На аапа и верховых болотах выступает в качестве содоминанта кустарничково-сфагновых, кустарничково-морошкovo-сфагновых, кустарничково-травяно-моховых сообществ кочек и гряд. Проективное покрытие варьирует в широких пределах от 1 до 30%, встречаются как крупные (высокие) многоствольные формы (до 80 см), так и угнетенные единичные особи (высота 20–50 см). На верховых, переходных, реже низинных болотах на юге средней тайги береза встречается спорадически, отмечена как на повышениях, так и в обводненных понижениях микрорельефа. Как правило, она угнетена и малообильна. В условиях центральной и южной части средней подзоны тайги листья *B. nana* имеют параметры схожие с тундровыми сообществами, характеризуются небольшими размерами, значительной толщиной листа, хорошо обозначенными 2–3 рядами клеток палисадной паренхимы.

Таким образом, показано, что встречаемость и обилие *B. nana* в природных популяциях на равнинной территории Республики Коми в целом повышаются с продвижением с юга на север. Внешний вид растения, или габитус, в значительной степени зависит от условий существования, прежде всего влажности субстрата и обеспеченности минеральными веществами. Морфолого-анатомические характеристики листа *B. nana*, как правило, не меняются по градиенту вдоль широтной транссекты. Такие параметры листовой пластинки как площадь и число рядов палисадных клеток в мезофилле связаны с географическим положением местопроизрастания растений, однако изменения носят противоположный характер к северу и югу от популяций в центре широтного ряда. Площадь сечения варьирует от 0,77 до 1,21 см³ с максимальными значениями в северной части таежной зоны. До 62° с.ш. и после 67° с.ш. значения не превышают 1 см³. В центре широтного ряда в листовой пластинке формируется 1–2 ряда клеток столбчатого мезофилла, к югу и северу от центральной части – 2–3. В итоге у растений с большой площадью листа этот показатель низкий.

Схожий характер изменений был описан ранее при изучении особенностей структурной адаптации листа белых берез *B. pendula* и *B. pubescens* к климату вдоль зональной транссекты через природно-климатические зоны Урала и Западной Сибири (Мигалина, 2011). Было показано, что такие параметры как площадь листа, плотность его жилкования, толщина листа, размеры клеток мезофилла и число хлоропластов в них были связаны с географическим положением и не зависели от погодных условий вегетационного периода. Характер изменения площади листа *B. nana* вдоль широтного градиента схож с таковым у *B. pubescens*. Площадь листа имеет максимальные величины в середине транссекты и снижается к югу и к северу от нее. Редукция листа *B. nana* сопровождается увеличением числа рядов клеток в столбчатом мезофилле ($k=-0,65$). Оба

вида берез являются стресс-толерантами и в условиях вне зоны экологического оптимума проявляются признаки ксеро- и криоморфности листа.

Для таких показателей как плотность расположения устьиц и эфирномасляных железок на поверхности листа не выявлена зависимость от географической широты расположения популяции *B. nana*. Вероятно, как и у других представителей рода *Betula*, эти параметры определяются микрорельефом и микроклиматическими условиями местопроизрастания растений (Мигалина, 2011).

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам Института биологии Коми НЦ УрО РАН д.б.н. С. В. Загировой, к.б.н. И. Г. Захожему, к.б.н. Е. Е. Кулюгиной, к.б.н. Е. Н. Патовой за помощь в сборе материала, а также вед. инженеру А. И. Патову и инженеру I кат. С. И. Наймушиной за помощь при работе с образцами.

Литература

Мигалина С. В. Особенности структурной адаптации листа белых берез (*Betula pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh.) к климату // Структурные и функциональные отклонения от нормального роста и развития растений под воздействием факторов среды: Материалы Международ. конф. Петрозаводск, 2011. С. 191–195.

Орешкин Д. Г., Мирин Д. М., Матвеев И. В. Полевая практика по геоботанике: для студентов старших курсов. СПб., 2004. 178 с.

Полевая геоботаника / Под. ред. Е.М. Лавренко А.А., Корчагина. М.-Л., 1959. Т. 1. 444 с.

Флора северо-востока европейской части СССР. Т. II. Семейства Cyperaceae – Caryophyllaceae / Под ред. А. И. Толмачева. Л., 1976. 316 с.

Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 412 с.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ *HYPERICUM PERFORATUM* И *HYPERICUM MACULATUM* ПРИ ИНТРОДУКЦИИ НА СЕВЕРЕ

Э. Э. Эчишвили, Н. В. Портнягина, М. Г. Фомина

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
elmira@ib.komisc.ru, portniagina@ib.komisc.ru, fomina@ib.komisc.ru*

Зверобой продырявленный *Hypericum perforatum* L. и зверобой пятнистый *Hypericum maculatum* Crantz – многолетние травянистые растения из семейства зверобойных *Hypericaceae* Juss. Разнообразие биологически активных веществ в надземной массе этих видов обуславливает разностороннее применение препаратов на их основе. Потребности фармацевтической промышленности в сырье этих видов зверобоя непрерывно возрастают, в то время как запасы их сырья ввиду интенсивной хозяйственной деятельности человека и нерациональной эксплуатации природных зарослей истощаются. В связи с этим, во многих регионах России и СНГ проводится интродукционное изучение данных видов с целью создания производственных участков (Тюрина и др., 1983).

Целью работы являлось изучение морфобиологических особенностей семян образцов зверобоя продырявленного и зверобоя пятнистого разного гео-

графического происхождения при интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми.

Исследования проводили в 2009–2013 гг. в Ботаническом саду Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Сравнительная характеристика морфобиологических показателей семян зверобоя в данной работе рассмотрена на примере 14 образцов зверобоя продырявленного и двух образцов зверобоя пятнистого, исходный материал (семена) которых был получен по делектусам из ботанических садов Российской Федерации и зарубежья, а также привлечен из природы. Полевой опыт был заложен на однородном выровненном агрофоне в тщательно контролируемых условиях интродукционного питомника. Растения в возрасте 60 дней были высажены на гребни с междурядьем 70 см на расстоянии 20 см друг от друга. Число растений в образце варьировало от 5 до 40 в зависимости от количества и всхожести поступивших семян. В работе мы придерживались методики исследований при интродукции лекарственных растений Всероссийского института лекарственных и ароматических растений (Методика..., 1984). Морфобиологические особенности семян всех образцов определяли ежегодно весной (в марте) в лабораторных условиях. Линейные размеры 30 шт. семян измеряли с помощью микроскопа стереоскопического МССО, массу 1000 семян – путем отсчета четырех проб и взвешивания их на лабораторно-аналитических электронных весах ВЛ120. Для определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семена проращивали на свету при температуре 18–22 °С в чашках Петри по 100 шт. в трехкратной повторности на увлажненной фильтровальной бумаге в три слоя, без стимулирующих веществ. Экспериментальные данные статистически обработаны (Зайцев, 1973).

Изучение сезонного развития *H. perforatum* и *H. maculatum* показало, что все образцы различного географического происхождения в условиях культуры сохраняли фенологические ритмы, свойственные данным видам. Переход в генеративный период происходит на втором году жизни и в последующие годы они регулярно цветут и плодоносят. Отрастание многолетних растений отмечалось в первой декаде мая и зависело от метеорологических условий вегетационного сезона. В фазу бутонизации растения зверобоя продырявленного вступали в третьей декаде июня, зверобоя пятнистого – на 8–10 дней раньше, в фазу цветения оба вида вступали в конце июня – начале июля. Растения разных образцов зверобоя продырявленного отличались более продолжительным периодом цветения (44–49 дней), чем у зверобоя пятнистого (22–25 дней). Зрелые семена у растений зверобоя пятнистого отмечались в третьей декаде августа, у зверобоя продырявленного в первой – второй декаде сентября. Вегетационный период у растений зверобоя пятнистого в наблюдаемые годы составил 105–109 дней, у зверобоя продырявленного 126–135 дней.

Для создания устойчивых и высокопродуктивных плантаций зверобой продырявленный и зверобой пятнистый размножают только семенным путем. Поэтому, важное значение имеет способность этих видов формировать полноценные семена в новых условиях выращивания. Нами были изучены морфобиологические показатели семян, собранных в годы исследований у двух–

пятилетних растений зверобоя продырявленного и зверобоя пятнистого разного географического происхождения (табл.).

Таблица

Морфобиологические показатели семян у растений *Hypericum perforatum* и *H. maculatum* разных лет жизни (2011–2013 гг.)

Происхождение образцов	Год жизни	Масса 1000 шт. семян, г	Размеры семян, мм		Энергия прорастания, %/дни	Лабораторная всхожесть, %/дни
			длина	ширина		
<i>Hypericum perforatum</i>						
Йошкар-Ола, № 439	3	0,10	1,0±0,02	0,41±0,01	61/7	86/14
	4	0,11	1,07±0,03	0,48±0,01	88/7	96/12
Казань, № 48	3	0,11	0,95±0,02	0,44±0,01	37/7	75/11
	4	0,08	0,96±0,02	0,48±0,01	44/7	89/12
	5	0,12	1,01±0,01	0,43±0,01	38/7	82/14
Лейпциг, № 319	3	0,10	1,01±0,02	0,43±0,01	50/7	82/14
	4	0,09	0,97±0,03	0,41±0,01	65/7	90/12
	5	0,10	0,95±0,01	0,44±0,01	25/11	37/16
Лейпциг, № 898	3	0,11	0,98±0,02	0,43±0,01	59/7	78/14
	4	0,09	0,94±0,03	0,40±0,01	55/7	95/12
	5	0,10	0,91±0,02	0,41±0,02	34/11	50/14
Осло, № 219	3	0,11	0,97±0,04	0,42±0,01	38/7	51/14
	4	0,09	0,98±0,01	0,39±0,01	72/7	88/12
	5	0,10	0,87±0,02	0,36±0,01	21/7	71/14
Осло, № 220	3	0,10	0,99±0,03	0,41±0,01	55/6	91/11
	4	0,11	1,05±0,03	0,50±0,15	66/7	93/12
	5	0,12	0,98±0,03	0,42±0,01	45/7	88/14
Осло, № 221	3	0,11	1,08±0,02	0,43±0,01	55/7	89/14
	4	0,11	1,04±0,02	0,48±0,01	–	–
	5	0,13	0,93±0,02	0,40±0,02	22/17	79/14
Осло, № 222	3	0,10	1,0±0,04	0,43±0,01	49/7	72/14
	4	0,12	1,07±0,01	0,49±0,01	–	–
	5	0,12	0,95±0,03	0,41±0,02	21/7	63/14
Петрозаводск, № 50	3	0,11	0,91±0,02	0,40±0,01	69/7	85/14
	4	0,10	0,99±0,02	0,48±0,01	84/7	95/12
	5	0,11	0,84±0,03	0,41±0,02	38/9	74/14
Таллин, № 749	3	0,11	0,96±0,03	0,38±0,01	21/8	69/14
	4	0,10	1,0±0,01	0,46±0,02	63/7	96/12
	5	0,10	0,92±0,02	0,44±0,01	28/7	80/14
Таллин, № 885	3	0,11	0,93±0,02	0,41±0,01	43/7	70/14
	4	0,10	1,09±0,01	0,45±0,02	25/7	58/12
	5	0,11	0,95±0,01	0,36±0,01	17/7	57/14
Таллин, № 886	3	0,10	1,02±0,03	0,44±0,01	57/7	81/14
	4	0,10	1,01±0,02	0,44±0,02	11/7	52/12
	5	0,12	0,98±0,01	0,44±0,01	35/7	77/14
Таллин, № 887	3	0,10	0,96±0,03	0,41±0,01	44/7	76/14
	4	0,08	1,0±0,01	0,39±0,01	69/7	95/12
	5	0,10	0,97±0,01	0,35±0,01	37/9	72/14
Таллин, № 888	3	0,11	1,03±0,01	0,41±0,01	56/7	88/14
	4	0,10	1,07±0,02	0,43±0,01	64/7	93/12
	5	0,11	1,0±0,02	0,43±0,01	31/7	77/14

Происхождение образцов	Год жизни	Масса 1000 шт. семян, г	Размеры семян, мм		Энергия прорастания, %/дни	Лабораторная всхожесть, %/дни
			длина	ширина		
<i>H. maculatum</i>						
Петрозаводск, № 49	3	0,05	0,70±0,02	0,33±0,01	26/5	66/8
	4	0,04	0,73±0,01	0,30±0,02	41/7	88/10
	5	0,03	0,61±0,02	0,30±0,01	59/7	87/8
Троицко-Печорский район Республики Коми, дикорастущий	2	0,05	0,68±0,01	0,30±0,01	32/5	64/8
	3	0,04	0,77±0,02	0,39±0,01	23/7	55/10
	4	0,04	0,72±0,02	0,33±0,01	59/7	87/12
	*	0,03	0,69±0,02	0,30±0,02	38/5	71/7

Примечание: * – исходные семена; прочерк означает отсутствие данных.

На размеры семян большинства исследованных образцов влияли метеорологические условия сезона. Благоприятные условия, сложившиеся в вегетационный период 2012 г., когда сумма эффективных температур выше 5 °С составила 2038 °С, что на 204 °С выше нормы, а осадков выпало на 185 мм больше, способствовали формированию более крупных семян, чем в засушливом 2011 г. Снижение морфометрических показателей семян зверобоя продырявленного в засушливые годы подтверждает мезофитную природу данного вида, что согласуется с данными литературы (Худякова, 1989). Такой закономерности по массе 1000 шт. семян зверобоя продырявленного в разные годы сбора не выявлено. Средняя масса 1000 шт. семян составила 0,10–0,11 г. Более мелкие семена в 2012 г. по сравнению с 2011 г. сформировали растения образцов из Лейпцига № 319, 898, Осло № 219 и Таллина № 887. Полученные данные по лабораторной всхожести и энергии прорастания семян зверобоя продырявленного, формирующихся в условиях Севера, подтверждают имеющиеся в литературе сведения (Мельникова, 1969) о том, что семена данного вида способны дружно прорасти без стратификации. Установлено, что все изучаемые образцы формировали зрелые семена, но их качество зависело от метеорологических условий вегетационного сезона и происхождения образца. Начало прорастания семян зверобоя продырявленного отмечено на 5–7 день. Все жизнеспособные семена проросли за 11–16 дней. Энергия прорастания и всхожесть семян 2012 г. сбора у большей части образцов была выше, чем у семян, собранных в 2011 г. В целом, энергия прорастания и лабораторная всхожесть были высокими и составили 56–90 и 76–97 % соответственно.

Семена зверобоя пятнистого более мелкие, с массой 1000 шт. семян 0,03–0,05 г, длиной 0,61–0,77 и шириной 0,3–0,39 мм в зависимости от метеоусловий года сбора. Начало прорастания семян зверобоя пятнистого отмечено на четвертый день, что на один – три дня раньше, чем у зверобоя продырявленного. Период прорастания семян – 8–10 дней. Энергия прорастания семян образцов зверобоя пятнистого составила 26–59%, всхожесть – 55–88%.

В результате исследований установлено, что в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми растения зверобоя продырявленного и зверобоя пятнистого со второго года жизни регулярно проходят полный цикл развития

побегов от вегетации до плодоношения и образуют жизнеспособные семена с высокой лабораторной всхожестью (52–97%). В условиях культуры растения зверобоя продырявленного характеризуются более продолжительными периодами цветения (44–49 дней) и плодоношения (43–56 дней) по сравнению с растениями зверобоя пятнистого (22–25 дней и 28–35 дней, соответственно). Период от начала вегетации до формирования зрелых плодов составил у изучаемых видов 126–135 и 105–108 дней соответственно. Семена изучаемых видов очень мелкие, у *Hypericum perforatum* 0,77–1,09 мм длиной и 0,35–0,49 мм шириной. У *Hypericum maculatum* – 0,61–0,77 мм и 0,30–0,39 мм соответственно.

Литература

- Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. М.: Наука, 1973. 256 с.
- Мартыненко В. А., Груздев Б. И. Сосудистые растения Республики Коми. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2008. 136 с.
- Методика исследований при интродукции лекарственных растений / Н. И. Майсурадзе, В. П. Киселев, О. А. Черкасов, Е. Л. Нухимовский, В. Л. Тихонова, Н.В. Макарова, В. В. Угнивенко // Лекарственное растениеводство (обзорная информация ЦБНТИ Минмедпром). М., 1984. Вып. 3. 33 с.
- Мельникова Т. М. К биологии прорастания семян некоторых видов зверобоя // Бюл. Гл. ботан. сада. М., 1969. Вып. 73. С. 87–90.
- Тюрина Е. В., Шохина Н. К., Гуськова И. Н. Опыт возделывания *Hypericum perforatum* L. в Новосибирской области // Раст. ресурсы. 1983. Т. 19. Вып.4. С. 507–512.
- Худякова Л. П. Особенности цветения и семенной продуктивности зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) // Экология цветения и опыления растений: Межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 1989. С. 120–128.

БИОМОРФОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПРОЛОМНИКА НИТЕВИДНОГО

Н. П. Савиных, С. В. Шабалкина, С. А. Дьякова, М. С. Филимонова
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru, savva_09@mail.ru

Изучены особенности биоморфологии, географии, местообитаний и экологии *Androsace filiformis* Retz. для выяснения приспособленности особей этого вида к существованию в условиях переменного увлажнения. Для этого проанализирована структура особей в природе и образцов из гербарной коллекции кафедры биологии ВятГГУ.

Androsace filiformis Retz. – проломник нитевидный (семейство Первоцветные – *Primulaceae*) распространен в северном и умеренном поясах Евразии, в России – в европейской части и в Сибири, доходя до арктических районов. Широко представлен во всех областях Средней России (Губанов, 2004), в Кировской области – во всех областях, к югу реже (Тарасова, 2007). Проломник произрастает на сырых лесных дорогах и колеях, просеках, тропах, разреженных лесах, на берегах рек и озер, нарушенных полянах, лугах, окраинах полей, пойменных и сырых лугах, на песчано-галечных берегах рек, редко по насыпям железных дорог (Федоров, 1952; Определитель..., 1975; Губанов, 2004; Тарасова, 2007). *A. filiformis* определяют обычно как гигромезофит (Определитель...,

1975 и др.). Мы оценили экологические предпочтения проломника согласно шкал Д. Н. Цыганова (1983). Наши исследования показали, что он включается в состав нескольких групп (рис. 1).

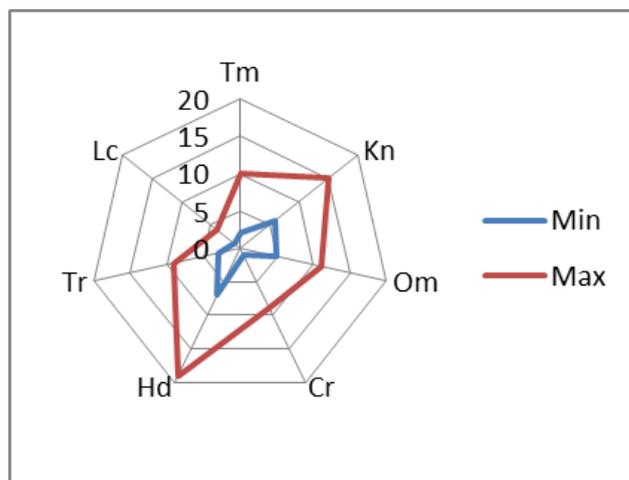


Рис. 1. Экологические предпочтения *A. filiformis* (по Д. Н. Цыганову, 1983): цифрами обозначены ступени шкал; остальные пояснения в тексте

По термоклиматической (Тм) шкале: от мезоарктической до термобореальной (субсредиземноморской); по шкале континентальности климата (Кп): от приморской до ультраконтинентальной; шкале гумидности/аридности (Ом): от мезоаридной до мезогумидной; в криоклиматической шкале (Сг): от гиперкриотермной 1-й (очень суровых зим со средней температурой самого холодного месяца меньше -32°) до гемикриотермной 1-й (мягких зим со средней температурой самого холодного месяца от 0° до -8°); по шкале влажности (Нд): от среднестепной до болотной; по солевому режиму почв (Тр): от гликосемиолиготрофной (бедных почв) до гликоэвтрофной (богатых почв); освещенности (Лс): от внелесной (световой: растение открытых мест) до разреженнолесной (растение полуоткрытых пространств/светлых лесов). Очевидно, что *A. filiformis* достаточно эврибионтный вид по большей части признаков, особенно по влажности.

A. filiformis – однолетник высотой 5–15 см. Листья в основании главного побега собраны в розетку, заканчивающуюся соцветием из мелких цветков – зонтиком. Листья срединной формации с овальной или ромбической пластинкой и выраженным черешком. У основания соцветия расположены довольно мелкие листочки (верховой формации), образующие так называемую обертку. Соцветие почти равно по длине стрелке (длинному междуузлию). Цветки белые, диаметром до 3,5 мм. Чашечка длиной 2–2,5 мм, колокольчатая, почти полукруглая, до середины разделена на треугольно-ланцетные острые зубцы. Венчик слегка выставляется из чашечки. Плоды – кожистые округлые многосеменные коробочки (рис. 2).



Рис. 2. Разнообразие строения особей *A. filiformis*

Для оценки структуры растения мы проанализировали растения, собранные в природе в одной ценопопуляции, и гербарные образцы. Для этого были использованы следующие признаки: интенсивность ветвления (по числу боковых побегов), диаметр базальной розетки, число листьев; длину оси и число цветков в соцветии главного и боковых побегов, общее число цветков. Получили следующие вариации (табл.).

Таблица

Строение особей *A. filiformis*

№	Признак	Растение										Среднее
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Диаметр розетки (в см)	7,7	5	5,3	5,5	5,5	4,8	5,7	4,2	4,7	4,5	5,3 (4,2–7,7)
2	Число листьев	39	13	13	13	17	24	2,8	19	15	6	18,7 (6–39)
3	Длина цветоноса	14,1	16,5	10,4	9,4	10	10,3	14	9,5	10,2	11,2	11,56 (10–16,5)
4	Число цветков (главное соцветие)	30	57	14	17	22	14	22	16	11	18	22,1 (11–57)
5	Число боковых побегов (паракладиев/соцветий)	11	5	4	2	4	0	1	0	0	0	2,7 (0–11)
6	Общее число цветков	184	124	37	32	37	14	23	16	11	18	49,6 (11–184)

Оказалось, что в значительной степени варьируют все маркированные признаки: диаметр розетки от 4,2 до 7,7 см; число листьев от 6 до 39; длина главного цветоноса от 9,4 до 16,5 см; число цветков в главном соцветии – от 11 до 57; длина боковых побегов от 2 до 11,9 см; число цветков на боковых побегах от 1 до 30.

Особо значимо отличаются, на наш взгляд, число листьев и цветков в соцветиях. Эти признаки свидетельствуют об активности органообразовательной деятельности апикальных меристем главного и боковых побегов по числу формируемых ею элементарных модулей (терм.: Савиных, 2006 и др.): междуузлие, узел, лист, пазушная структура (в данном случае – соцветие). Вариабельность этих признаков обеспечивает морфологическую поливариантность растения (по Л. А. Жуковой, 1995), что, как и другим однолетним растениям-гигрофитам (Савиных, 2006 и др.; Савиных, Мальцева, 2008, 2009) обеспечивает максимально высокую в конкретных условиях семенную репродукцию и ее успешность. В среднем у одного растения закладывается до 19 элементарных модулей с листьями, но пазушные соцветия закладываются лишь у трех из них. Вариация составляет от 11 до 0. Вторая группа варьирующих ЭМ представлена метамерами с цветками: от 30 до 11 (среднее значение – 22 цветка) в главном соцветии и от 30 до полного отсутствия на боковых.

Универсальный модуль представлен полурозеточным побегом с единственным элементарным модулем из длинного междуузлия, листа верховой формации и цветка. Далее в акропетальном направлении следуют элементарные модули соцветия. Поэтому универсальный модуль сложен следующими элементарными модулями: короткое междуузлие, лист срединной формации, узел, почка/ соцветие или паракладий; длинное междуузлие, лист верховой формации, цветок; короткое междуузлие, лист верховой формации, цветок.

Растение в целом может быть одноосным (без боковых побегов) и системой такого побега – системой зрелого моноподиального побега (терм.: Савиных, 1978). В основании этой системы могут быть побеги повторения – паракладии с розеточным участком в основании. Поэтому вся побеговая система, как и у других однолетников-гигрофитов, представлена синфлоресценцией (в смысле W. Troll, 1964).

Вышесказанное подтверждает тенденцию участия однолетников-монокарпиков в составе растений, существующих в условиях переменного увлажнения. В качестве ответной реакции организмов на изменения условий влажности и освещенности и адаптации к ним у этих растений варьирует число элементарных модулей вегетативных и вегетативно-генеративных на главной оси для максимально возможной площади ассимилирующей поверхности и успешности саморепликации (семенной репродукции).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

Губанов И. А. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 2. Покрытосеменные / К. В. Киселева, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М: тов-во научных изданий КМК, 2004. 231 с.

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

Определитель растений Кировской области: в 2 т. / Ф. А. Александров, Л. И. Красовский, Н. Г. Новикова, Н. Н. Розанова, А. Д. Фокин. Т. 1. Киров: Кировский гос. пед. институт им. В. И. Ленина. 1975. 67 с.

- Савиных Н. П. Побегообразование и большой жизненный цикл *Veronica officinalis* L. // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1978. Т. 83. Вып. 4. С. 123–133.
- Савиных Н. П. Род вероника: морфология и эволюция жизненных форм. Киров, 2006. 324 с.
- Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник ТГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.
- Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Побегообразование и цветорасположение у *Ranunculus sceleratus* (*Ranunculaceae*) // Ботанический журнал, 2009. Т. 94. № 5. С. 63–74.
- Тарасова Е. М. Флора Вятского края. Ч. 1. Сосудистые растения Кирова: ОАО «Кировская областная типография», 2007. 440 с.
- Федоров А. А. Сем. Первоцветные // Флора СССР. Т. 18. М.: Изд-во АН СССР, 1952. С. 217.
- Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.
- Troll W. Die Infloreszenzen. Typologie und Stellung im Aufbau des Vegetationskörpers. Jena, 1964. Bd. 1. 615 s.

ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ ЗЮЗНИКА ЕВРОПЕЙСКОГО С ПОЗИЦИЙ МОДУЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

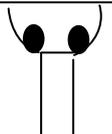
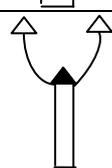
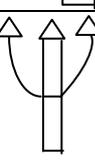
И. В. Чазова, С. В. Шабалкина
Вятский государственный гуманитарный университет,
SNEGINKA311093@yandex.ru

Зюзник европейский (*Lycopus europaeus* L.) – поликарпик; многолетнее травянистое вегетативно подвижное явнополицентрическое летне-зеленое растение, которое определяют обычно как длиннокорневищное; криптофит, геофит.

Поликарпические травянистые растения представляют собой в морфологическом отношении систему последовательно сменяющихся монокарпических побегов (Серебряков, 1952), поэтому изучение цикла их развития необходимо для определения и описания структуры особей.

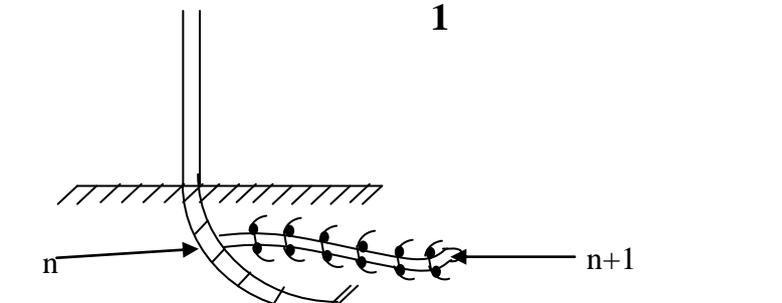
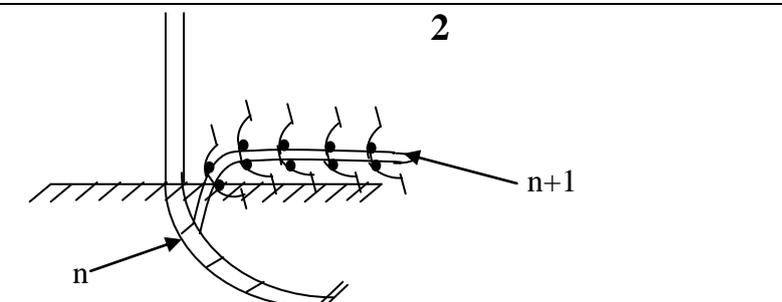
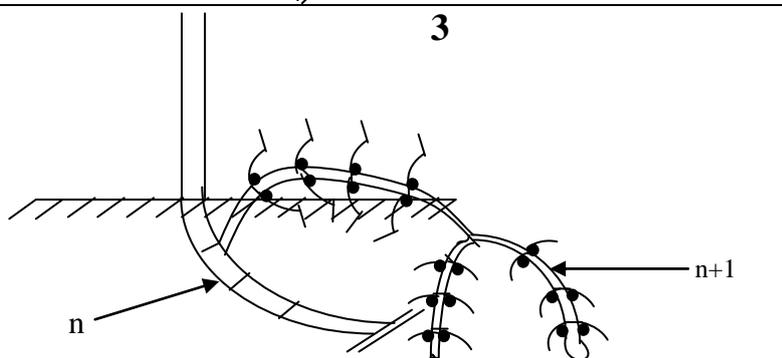
Мы оценили строение побеговых систем *L. europaeus* с позиций модульной организации (Савиных, Мальцева, 2008) и структурно-функциональной зональности монокарпических побегов (Борисова, Попова, 1990). В сложении побеговой системы особей наибольшее значение имеет почвенно-воздушный побег. Он формируется из пазушных почек подземной части исходного побега и состоит из подземной части, расположенной обычно в верхних слоях почвы и/или параллельно ее поверхности. Подземная часть почвенно-воздушного побега в зрелом генеративном онтогенетическом состоянии растения образована геофильным участком. Типичный геофильный участок (побег) и его варианты составлены элементарными метамерами, состоящими из междоузлия, узла, пазушных почек, листьев низовой формации. Закономерности в распределении метамеров с междоузлиями разной длины не обнаружено: они могут чередоваться или быть одинаковыми на большей части побега. В целом метамеры этой части с удлинёнными междоузлиями (табл. 1).

Элементарные модули геофильного участка

	<p>1. Междоузлие, узел с листьями низовой формации и пазушными почками</p>		<p>2. Междоузлие, узел с листьями срединной формации и пазушными почками</p>
	<p>3. Междоузлие, узел с двумя геофильными побегами (апикальная меристема отмирает)</p>		<p>4. Междоузлие, узел с двумя геофильными побегами (апикальная меристема продолжает нарастание)</p>

Мы рассмотрели и изучили геофильные побеги и выделили несколько их вариантов в промежуточной фазе развития монокарпического побега (табл. 2). Преобладает первый вариант побеговой системы.

Варианты подземных побегов

<p style="text-align: center;">1</p> 	<p>фрагмент геофильного участка прошлого года с подземным столоном текущего года. Столон образован метамерами из длинных междоузлий, узлов с листьями низовой формации в виде чешуй и пазушными почками</p>
<p style="text-align: center;">2</p> 	<p>фрагмент геофильного участка прошлого года с одним надземным столоном текущего года. Столон образован метамерами из длинных междоузлий, узлов с листьями срединной формации и пазушными почками</p>
<p style="text-align: center;">3</p> 	<p>фрагмент геофильного участка прошлого года с одним столоном текущего года (метамеры сложены подобно 2 варианту), который углубляется в землю, образуя два боковых побега ветвления (метамеры сложены подобно 1 варианту)</p>

<p style="text-align: center;">4</p>	<p>фрагмент геофильного участка прошлого года с подземным столоном текущего года, от которого отходят две боковые оси (строение метамеров аналогично 1 варианту)</p>
<p style="text-align: center;">5</p>	<p>фрагмент геофильного участка прошлого года и два stolона текущего года (строение метамеров аналогично 1 варианту)</p>

Надземная часть почвенно-воздушного монокарпического побега состоит из нескольких вегетативных и вегетативно-генеративного побегов. Все они нарастают вертикально вверх после выхода промежуточной почки на поверхность почвы. На основе анализа собранных материалов мы выделили несколько типов элементарных модулей в структуре этих побегов (табл. 3).

Таблица 3

Элементарные модули надземной части побегов

	<p>длинное междоузлие, узел с листьями срединной формации и пазушными почками</p>		<p>длинное междоузлие, вегетативно-генеративный побег</p>
	<p>длинное междоузлие, узел с отмершими листьями срединной формации и пазушными почками</p>		<p>длинное междоузлие, узел с листьями верховой формации и соцветиями</p>
	<p>длинное междоузлие, узел с листьями срединной формации и пазушными почками</p>		<p>длинное междоузлие, узел с листьями срединной формации и вегетативными побегами</p>
	<p>длинное междоузлие, узел с листьями срединной формации и вегетативно-генеративными побегами</p>		

Совокупность элементарных модулей образует универсальный модуль *L. europaeus*. Это монокарпический побег, однолетний в надземной части, дифференцированный в результате разного сочетания элементарных модулей на

структурно-функциональные зоны: нижнюю, среднюю торможения, возобновления, обогащения, главного соцветия. Это высокоспециализированный побег, сочетающий все жизненно важные функции целого организма.

К осени практически из всех пазушных почек подземного участка исходного побега развиваются боковые побеги, они ветвятся. В результате на основе исходного монокарпического побега формируется недолго живущая система побегов нескольких порядков ветвления – система зрелого моноподиального побега – СЗМП (терм.: Савиных, 1978), которая является основным модулем в побеговой системе *L. europaeus*, как и у *M. arvensis* (см. статью Н. П. Савиных, А. И. Мшецян, И. В. Чазовой в этом издании). В составе СЗМП множество растущих участков – вегетативных промежуточных почек на геофильных частях. Эта тенденция к формированию однолетников-поликарпиков вегетативного происхождения – одна из тех, которые обеспечивают растению при минимальных затратах высокую энергию вегетативного расселения, размножения и воспроизведения, что типично для настоящих гигро- и гидрофитов, в том числе – *L. europaeus*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

- Борисова И. В., Попова Г. А. Разнообразие функционально-зональной структуры побегов многолетних трав // Ботанический журнал, 1990. Т. 75. № 10. С. 1420–1426.
- Савиных Н. П. Побегообразование и большой жизненный цикл *Veronica officinalis* L. // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1978. Т. 83. Вып. 4. С. 123–133.
- Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник ТГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.
- Серебряков И. Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М., 1952. 390 с.

ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ БЕЛОКОПЫТНИКА ЛОЖНОГО

Н. П. Савиных, С. В. Шабалкина, М. Н. Шаклеина
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshukirov.ru, savva_09@mail.ru

Белокопытник ложный (*Petasites spurius* (Retz.) Reichenb.) – евро-западносибирский умеренный (Цвелёв, 2000), бореально-субмеридиональный (Папченков, 2001) вид подсемейства *Asteroideae* семейства *Compositae* (Тахтаджян, 1987).

В соответствии со шкалами Д. Н. Цыганова (1983), разработанными для подзоны хвойно-широколиственных лесов Европейской части бывшего СССР, *P. spurius* предпочитает субаридные условия материков, умеренные и мягкие зимы со средней температурой самого холодного месяца от 0 до –16°C, световой режим открытых и полуоткрытых влажно-лесолуговых пространств, небогатые и довольно богатые почвы. Согласно индексу толерантности, определённого по отношению к семи факторам, вид является гемистенобионтным

($I_t=0,38$). Лимитируют распространение очень сухие, сырые, бедные и засоленные почвы, низкая освещённость. *P. spurius* предпочитает влажные места с рыхлой песчаной или каменистой почвой: берега озёр, рек, ручьёв; окрестности болот и сырых оврагов (Куприянова, 1961).

Материал для исследования собирали каждые две недели в течение вегетационного сезона 2013 г. (с 1 июля по 16 ноября) в сообществах, расположенных на песчаном пляже правого берега р. Вятки в окрестностях д. Назаровы Орловского района Кировской области. Растения произрастают на небольшом склоне в 150 м от уреза воды. В природе фотографировали местообитания особей, проводили общие замеры побеговых систем. Растения выкапывали для детального изучения и описания, стараясь не повредить их, до места морфологической дезинтеграции. Часть анализировали, другую – после фиксировали в 40% спирте. В лаборатории подсчитывали число слагающих систему метамеров, отмечали размеры междоузлий, тип листа и почки или ее производных. Полученные результаты отражали в виде схем и рисунков, отдельные структуры фотографировали при помощи фотокамеры Nikon Coolpix L 22 или с бинокля Микромед МС-2-ZOOM со встроенным видеоокуляром. Всего изучено семь побеговых систем длиной от 1 до 2 м.

P. spurius – длиннокорневищный летнезеленый травянистый поликарпик, геофит. Подземные органы представлены корневищем с придаточными корнями. Длина его междоузлий изменяется от 1 до 32 см, при этом у отдельных особей наблюдается закономерность в изначальном увеличении размеров до определённого предела с последующим уменьшением по параболической кривой. Она проявляется редко: у большинства особей изменение длин междоузлия корневища не выражено.

Листорасположение очередное. В строении побеговой системы присутствуют листья срединной, низовой и верховой формаций. Листья срединной формации сизо-зелёные без прилистников, длинночерешковые, простые, опушённые. Листовая пластинка сердцевидно-треугольная с клиновидным основанием и заострёнными лопастями по бокам, заострённой верхушкой, неравновыемчато-зубчатым краем с пальчато-сетчатым жилкованием. Нижняя сторона листовой пластинки имеет обильное бело-войлочное опушение. Листья низовой формации, коричневые, сидячие, без прилистников, стеблеобъемлющие, с острой верхушкой, цельнокрайние, жилкование подобно дуговому, нежные, тонкие. Растение двудомное. Кистевидно-метельчатое или щитковидное соцветие из корзинок венчает вегетативно-генеративный побег.

Подземные участки побеговых систем двух типов: вертикальные и горизонтальные. В пазухах листьев срединной и низовой формации заложены одиночные почки. Они до 3–4 см в длину, ёмкостью 4–7 метамеров, сложены 1–3 почечными чешуями, 2–4 мясистыми листовыми зачатками и апексом. Из-за обильного опушения образуется своеобразная войлочная прокладка из спутанных волосков, участвующая дополнительно в терморегуляции. Листосложение – свёрнутое. Достаточно часто в почке закладываются также зачаточные (дочерние) почки, обеспечивающие в следующем вегетационном сезоне ветвление побеговой системы.

В почве они реализуются в ортотропные побеги. По выходе на поверхность формируется розеточный участок с листьями срединной формации, в пазухах которых могут быть заложены почки и промежуточной вегетативной почкой. Эти побеги способны развиваться по-разному в зависимости от засыпания почки песком. Если почка оказывается под слоем песка, продолжается моноподиальное развитие, но уже плагиотропного побега и вместо листьев срединной формации вновь формируются чешуевидные, междоузлия удлиняются, побег заглубляется в песок. Начинается еще одна промежуточная фаза в развитии монокарпического побега (назовем ее условно «геофильного побега II»). К осени на верхушке этого побега формируется закрытая терминальная (конечная) вегетативно-генеративная почка с почками в основании первых зачатков ее листьев. Вегетативно-генеративные почки крупнее, размером от 7 до 12 см, сложены 1–3 почечными чешуями, 3–5 мясистыми опушенными листовыми зачатками и соцветием. Опушение обильнее по сравнению с листовыми зачатками вегетативных почек, что обеспечивает дополнительную защиту репродуктивных органов.

После периода покоя рано весной (апрель–май) побег переходит в фазу бутонизации–цветения–плодоношения. Цветки трубчатые, собраны в многочисленные цилиндрические корзинки длиной 5–8 мм и шириной 7–10 мм, образующие кистевидно-метельчатые или щитковидные соцветия на верхушках цветonoсных побегов. Растение двудомное. Плоды цилиндрические семянки с хохолком.

Параллельно с цветением и плодоношением из самой верхней почки (первой под соцветием) развивается побег замещения, который без промежуточной фазы геофильного побега становится вегетативным ассимилирующим. Дальнейшая судьба этого побега определяется уровнем песка. Возможно, при засыпании образуется геофильный побег II с дальнейшим описанным ранее развитием. При постоянном уровне субстрата возможно зацветание на следующий год. После цветения все почки геофильных участков способны тронуться в рост с образованием вегетативных розеточных участков в надземной части. Видимо, этим можно объяснить быстрое развитие побеговых систем и зарастание этим растением больших территорий песчаных пляжей. На основании вышеизложенного монокарпический побег *P. spurius* полурозеточный. В развитии побеговой системы в соответствии с представлениями И. Г. Серебрякова (цит: Серебрякова и др., 2006) выделили фазы: почки, геофильного побега I, геофильного побега II, вегетативного ассимилирующего побега, бутонизации, цветения и плодоношения.

Таким образом, монокарпический побег *P. spurius* развивается в зависимости от производных его почек и уровня субстрата с разной последовательностью фаз:

1. Из почек геофильного участка I побега на подвижном субстрате: почка – ортотропный удлиненный геофильный побег I – вегетативный ассимилирующий побег – анизотропный удлиненный с горизонтальным участком геофильный побег II – анизотропный с ортотропным вегетативно-генеративным участком в азе бутонизации – цветения – плодоношения.

2. Из почек в пазухах листьев срединной формации на подвижном субстрате: почка – вегетативный ассимилирующий побег – анизотропный удлиненный с горизонтальным участком геофильный побег II – анизотропный с ортотропным вегетативно-генеративным участком в фазе бутонизации – цветения – плодоношения.

3. Из почек в пазухах листьев срединной формации на неподвижном субстрате: почка – вегетативный ассимилирующий побег – анизотропный с ортотропным вегетативно-генеративным участком в фазе бутонизации – цветения – плодоношения.

Цветет *P. spurium* нечасто. Обычны побеги с неполным циклом развития, которые обеспечивают вегетативное разрастание и размножение этого растения с образованием крупных клонов.

У монокарпического побега этого растения не выражены типичные для таких побегов трав-мезофитов структурно-функциональные зоны. Побеги возобновления способны формироваться из разных по положению на побеге почек. Структурно удлиненный геофильный участок I соответствует нижней зоне торможения, розеточный с листьями срединной формации – зоне возобновления, удлиненный геофильный участок II – средней зоне торможения, первые метамеры ортотропного розеточного вегетативно-генеративного участка – зоне обогащения. Условия переменного увлажнения и достаточная влажность под почти полным перекрытием поверхности крупными листьями позволяют расширение функций особенно зон обогащения и нижней торможения у этого растения, что без сомнения является важнейшей адаптацией к существованию в условиях подвижного субстрата и переменного увлажнения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

Куприянова Л. А. Род 1555. Белокопытник // Флора СССР. Т. XXVI. М., 1961. С. 642–645.

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

Тахтаджян А. Л. Система магнолиофитов. Л.: Наука, 1987. 439 с.

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

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Серебрякова Т. И. и др. Ботаника с основами фитоценологии: анатомия и морфология растений: учеб. для студ. вузов, обучающихся по спец. «Биология». М.: Академкнига, 2006. 543 с.

ЭКОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ПОБЕГОВЫХ СИСТЕМ ВАЛЕРИАНЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ

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

Валериана лекарственная (*Valeriana officinalis* L.) из сем. Валериановые – *Valerianaceae* (Федоров, Тахтаджян, 1981) довольно широко распространена по всей Средней России (Губанов, 2002). В центральной части Европейской России отмечен в степях Курской и Воронежской областях, но изредка (Губанов, 1955). Н. Н. Цвелёв (2000) указывает валериану лекарственную на Севере Западе России в Ленинградской, Псковской и Новгородской областях. В Кировской области она встречается часто в центрально-северном, центрально-южном, западном, юго-западном, юго-восточном и южном районах (Определитель..., 1975; Тарасова, 2007).

V. officinalis растет на пойменных лугах, по берегам рек и болот, на лесных опушках и полянах, под пологом лиственных лесов, среди кустарников в оврагах и степных колках, в луговых и разнотравных степях, даже солонцеватых, преимущественно в лесной и лесостепной зонах, в горах доходит до субальпийского пояса и растет среди скал, в высокотравье, на субальпийских лугах, среди кедровых стлаников (Муравьева, 1949), в Центральной Европейской России на вырубках и болотах (Губанов, 1955, 2002). В Кировской области произрастает на сырых местах: осоковые и торфяные болота, заболоченные луга и леса, берега ручьев, ольшаники и ивняки, лесные поляны и сырые канавы (Определитель..., 1975). Е. М. Тарасова (2007) указывает на обитание этого вида на низинных и переходных болотах, в заболоченных лугах и зарослях кустарников, опушках и вдоль дорог, насыпей железных дорог, на пустырях, а единичные экземпляры на старых газонах и в щелях бетонной облицовки зданий. Для получения лекарственного сырья валериану ввели в культуру и выращивают в специализированных хозяйствах (Губанов, 2002).

Мы оценили экологические особенности *V. officinalis* с использованием шкал Д. Н. Цыганова (1983), Л. Г. Раменского (1956), Е. Ландольдта (1977) и Г. Элленберга (1974)¹. При анализе экологических шкал Д. Н. Цыганова мы определили амплитуды экологического ареала валерианы лекарственной. При обработке данных получили характеристики экологических режимов местообитаний этого вида (рис. 1). По термоклиматической шкале (Тм) местообитания растения находится в диапазоне от 2 до 12 баллов, что соответствует 11 экологическим свитам (от мезоарктической до мезосредиземноморской).

По шкале континентальности климата (Кп) – от 3 до 13 баллов – 11 свит: от океанической до континентальной 1-ой; по омброклиматической шкале аридо/гумидности (Ом) – от 5 до 11 баллов – 5 свит: от мезоаридной 2-ой до ме-

¹ Данные получены по монографии «Экологические шкалы...», 2004.

зогумидной; по криоклиматической шкале (Cr) виду соответствует промежуток от 1 до 12 баллов: произрастает в условиях от очень суровых (средняя температура самого холодного месяца меньше -24°) до очень теплых зим, что соответствует интервалу от гиперкриотермной 2-ой до субремофильной 2-ой экологической свиты; по шкале увлажнения почв (Hd) – в диапазоне от 11–19 баллов, что соответствуют почвам сухолесолуговых, свежелесолуговых, влажно-лесолуговых, сыровато-лесолуговых, сыро-лесолуговых, мокро-лесолуговых, болотно-лесолуговых, субболотных, болотных; по шкале солевого режима почв (Tr) от 3 до 9 баллов, что соответствует 7 свитам: от гликосемиолиготрофной до гликоэвтрофной; по шкале кислотности почвы (Rc) – в интервале от 4 до 12, то есть может расти на почвах кислых и слабощелочных с интервалом pH от 5,5–6,5 до 8,0; по шкале богатства почв азотом (Nt) – в промежутке от 3 до 9 баллов: растёт на почвах от безазотных до богатых азотом. Растение встречается в диапазоне от открытых пространств до светлых лесов (1–6 баллов), что соответствует внелесной (световой), поляной (субсветовой), кустарниковой и разреженно-лесной, светлоресной и густосветлоресной экологической свите.

С позиций Е. Ландольта (1977) *V. officinalis* полутеневое растение, произрастающее на почвах от влажных до сырых, слабокислых, от среднебедных до среднебогатых минеральными веществами, богатых гумусом, а также на тонкодисперсных, глинистых и торфянистых, обычно водонепроницаемых и плохо аэрируемых; диаметр частиц менее 0,002 мм.

В соответствии с представлениями Г. Элленберга (1974) валерьяна лекарственная полусветовое растение (7), произрастающее на кислых (7) сырых (8) почвах.

По Л. Г. Раменскому (1956) валерьяна лекарственная предпочитает сухолуговые, влажнолуговые, болотно-луговые и болотные средней обеспеченности и переменного увлажнения как с бедными, небогатыми (мезотрофными), так и довольно богатыми и богатыми почвами.

С помощью индекса толерантности виды разделяются по группам: стеновалентные – индекс не превышает 0,33, гемистеновалентные – от 0,34 до 0,45, мезовалентные – от 0,46 до 0,56, гемивалентные – от 0,56 до 0,66, эвривалентные – от 0,67 и более.

С помощью данного индекса установлено, что валерьяна лекарственная является гемивалентным по отношению к двум факторам (Tm=0,65; Nt=0,64), эвривалентным по отношению к четырем факторам (Kn=0,73; Cr=0,73; Lc=0,67; Rc=0,69), гемистеновалентным по отношению к двум факторам (Tr=0,37; Hd=0,39) и мезовалентным по отношению к одному фактору (Om=0,47).

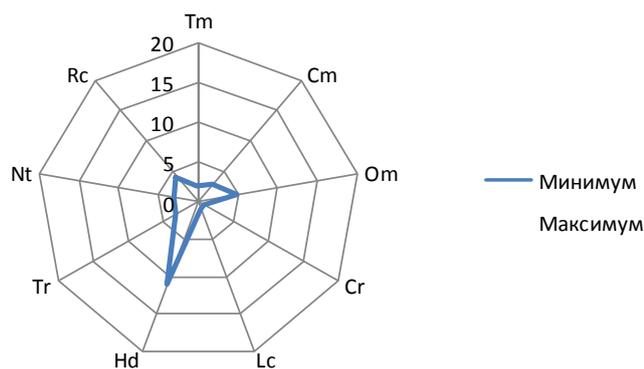


Рис. 1. Амплитуды экологического ареала валерианы лекарственной по шкалам Д. Н. Цыганова (1983): пояснения в тексте

Строение особей. *V. officinalis* – моноцентрическое многолетнее летне-зеленое травянистое растение. Структурным элементом его является монокарпический моноциклический побег. Но полный онтогенез его продолжается не менее четырех лет. В течение первого года жизни в фазе почки он существует в течение одного года. Во второй вегетационный сезон окончательно формируется почка возобновления. Она длиной от 1,7 до 0,5 см, шириной от 0,1 до 0,8 см; емкость чешуй в почке достигает 8. В сентябре все почки были вегетативными. Почки трогаются в рост к осени не только в зоне возобновления, но и нижней зоне торможения (из спящих почек). Последние более тонкие, в зоне возобновления – толще из-за медуллярного утолщения оси почки. Как и у некоторых других растений из мест с переменным увлажнением (*Filipendula ulmaria*, *Scrophularia nodosa*), это обеспечивает раннее быстрое развитие побега после периода покоя и существование на затопляемых территориях в течение менее короткого периода вегетации, особенно на пойменных лугах. После использования всех веществ оси стебля на их месте формируется полость, как и в выше расположенной части побега. Таким образом растение обеспечивается еще и газами при существовании на затопляемых участках. Листья из заложенных с осени зачатков листьев средней зоны торможения к осени отмирают. Зона обогащения часто не формируется. Венчает побег главное соцветие (рис. 2). Морфологическая поливариантность проявляется в числе элементарных модулей (терм. по: Савиных, 2008 и др.) каждой зоны, в том числе и соцветия.

Монокарпический побег *V. officinalis* образован четырьмя вариантами элементарных модулей: короткое утолщенное междоузлие, чешуевидный лист, узел, почка возобновления или спящая; длинное междоузлие, черешковый лист срединной формации, почка обогащения, сидячий лист переходного типа, длинное междоузлие, узел, паракладий или пазушное соцветие; короткое междоузлие, лист верховой формации, узел, парциальное соцветие.

Побеговые системы моноцентрического растения *V. officinalis* не бывают высоких порядков ветвления из-за ранней морфологической партикуляции во

влажных местах, поэтому по типу подземных органов эта биоморфа является кистекарневой, а основной модуль имеет вид первичного или парциального куста из симподиев-монохазиев.

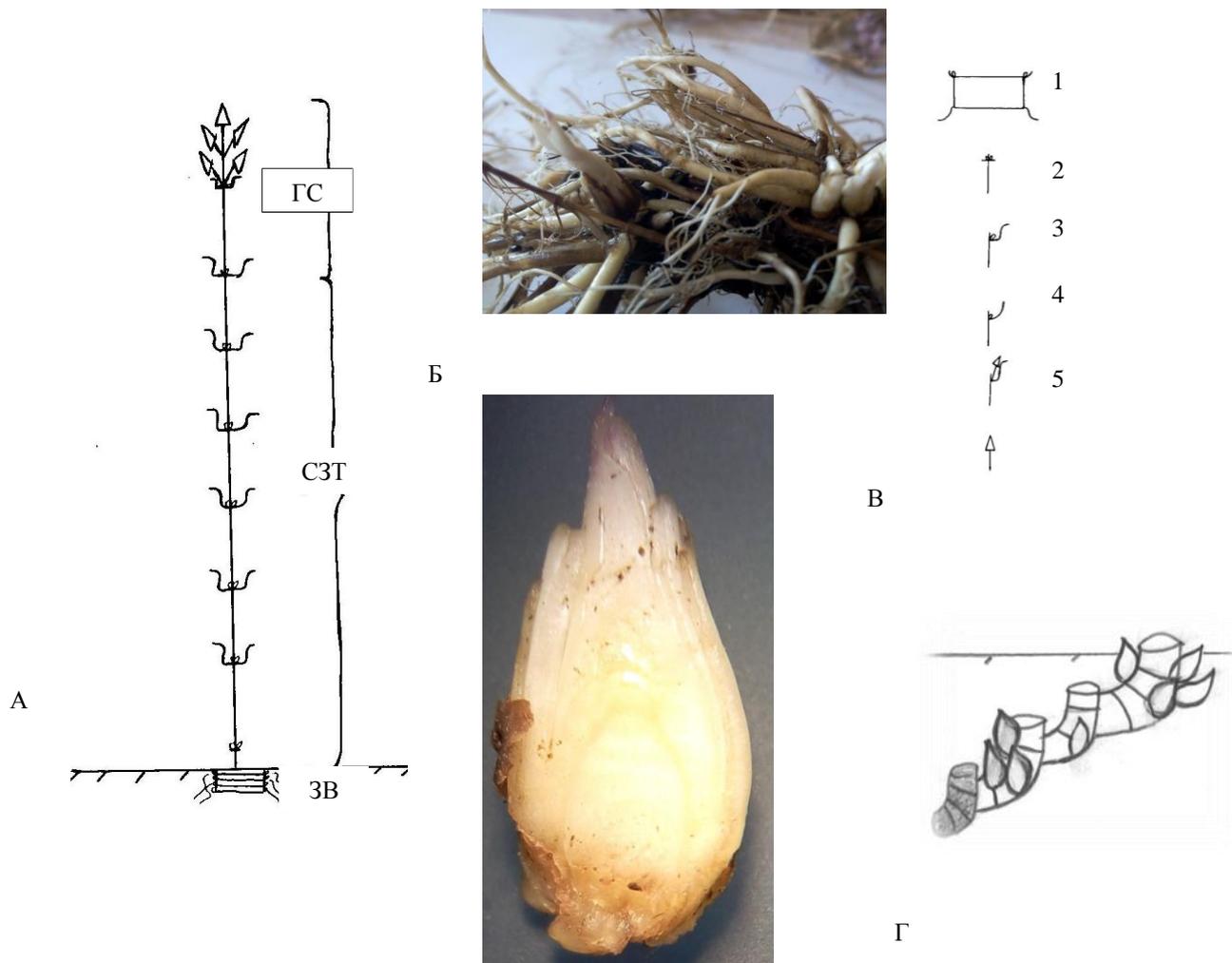


Рис. 2. Строение особей *V. officinalis*: А – монокарпический побег: зоны: ЗВ – возобновления, СЗТ – средняя торможения, ГС – главное соцветие; Б – подземные органы (сентябрь 2014 г.); В – элементарные модули; Г – основной модуль с почками возобновления и спящими.

Остальные пояснения в тексте

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

- Губанов И. А. Определитель растений центра Европейской России М.: «Август», 1955. С. 558.
- Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3-х томах. Москва: Тов-во научных изданий КМК, 2002. Т. 3. С. 580–581.
- Муравьева О. А. Род Валериана // Флора СССР. Т. 15. М.: Изд-во АН СССР, 1949.

Определитель растений Кировской области: в 2 т. / Ф. А. Александров, Л. И. Красовский, Н. Г. Новикова, Н. Н. Розанова, А. Д. Фокин. Т. 1. Киров: Кировский гос. пед. институт им. В. И. Ленина. 1975. 67 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 472 с.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник ТГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.

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

Федоров А. А., Тахтаджян А. Л. Жизнь растений в 6 томах. Т. 5. М.: Просвещение, 1981. С. 378–382.

Цвелев Н. Н. Определитель сосудистых растений Северо-Западной России. СПб.: СПХФА, 2000. 781 с.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Турмухаметова и др. Под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т., 2004. 368 с.

Ellenberg H. Zieglerwerte der Gefaspflanzen Mitteleuropas // Scripta geobotanica. Göttingen, 1974. Vol. 9. 197 p.

Landolt E. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // Veröff. Geobot. Inst. ETH. Zürich. 1977. N. 64. S. 1–208.

ЭКОЛОГИЯ И ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ МЯТЫ ПОЛЕВОЙ

Н. П. Савиных, А. И. Мшецян, И. В. Чазова
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru, savva_09@mail.ru

Мята полевая (*Mentha arvensis* L.) из сем. Яснотковые или Губоцветные – *Lamiaceae* произрастает во многих регионах Европы и Азии. В России она распространена повсеместно в европейской части и в Сибири. В Средней России встречается во всех областях, как обычное растение (Губанов, 2004). А. Г. Борисова (1954) отмечает этот вид для всех районов Европейской части; на Кавказе – в Предкавказье и Восточном Закавказье; Западная и Восточная Сибирь: по всей Сибири вплоть до Камчатки, кроме южной части Иркутской области и Забайкалья; в Средней Азии: Арало-Каспийский, Прибалхашский, Тянь-Шаньский, Памиро-Алайский, горный Туркменистан. Общее распространение: Западная Европа, Гималаи, Китай (Борисова, 1954). В Кировской области во всех районах (Определитель..., 1975).

M. arvensis приурочена к сырым и увлажненным почвам, долин, ущелий, окраин болот, водоемов, реже встречаются на суходольных лугах, иногда как сорное растение на залежах и по межам (Борисова, 1954); на полях, в тенистых лесах, у канав, по берегам водоемов (Определитель..., 1975).

Для оценки экологических параметров условий используются разработанные для разных регионов шкалы. В нашей стране часто встречаемы шкалы Д. Н. Цыганова (1983), Л. Г. Раменского (1956), Е. Ландольта (1977),

Г. Элленберга (1974)¹. В соответствии с экологическими шкалами Д. Н. Цыганова и охарактеризованы экологические предпочтения *M. arvensis* (рис. 1). По термоклиматической шкале (Тм) значения зоны толерантности местообитаний вида находятся в диапазоне от 3 до 15 баллов, что соответствует 15 экологическим свитам: от субарктической до тропической. По шкале континентальности климата (Кп) – от 3 до 13 баллов – 11 свит: от океанической континентальной. По омброклиматической шкале аридо-гумидности (Ом) – от 3 до 12 баллов – 9 свит: от аридной до эугумидной. В криоклиматической шкале (Сг) виду соответствуют все экологические свиты. По шкале увлажнения почв (Нд) значения зоны толерантности мяты полевой находятся в диапазоне от 9-19 баллов, что соответствуют почвам от влажно-степных, сублесолуговых, сухолесолуговых, свежелесолуговых, влажно-лесолуговых, сыровато-лесолуговых, сыро-лесолуговых, мокро-лесолуговых, болотно-лесолуговых, субболотных и болотных. По шкале солевого режима почв (Тр) – в промежутке от 3 до 15 баллов, что соответствует бедным (гликосемиолиготрофная экологическая свита) и довольно богатым почвам (гликосемиэвтрофная экологическая группа).

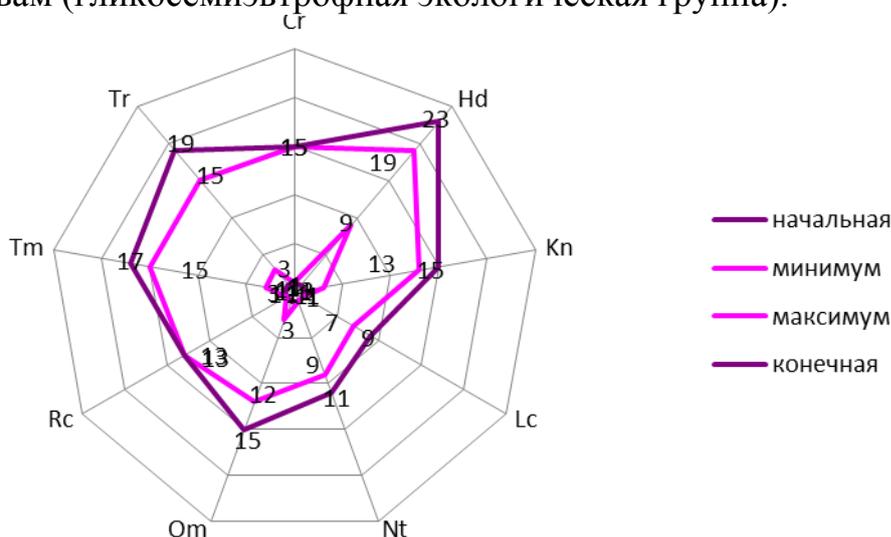


Рис. 1. Амплитуды экологического ареала мяты полевой по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

По отношению к кислотности почв (Rc) вид располагается во всех диапазонах (1–13). По богатству почв азотом (Nt) – в диапазоне от 1 до 9 баллов: растения могут произрастать на бедных азотом почвах (практически отсутствует азот) до избыточно богатых азотом почв. *M. arvensis* встречается в диапазоне освещенности (Lc) от открытых пространств до тенистых лесов (1–7 баллов), что соответствует экологическим свитам от внелесной (световой) и поляной до тенисто-лесной. Таким образом, *M. arvensis* – вид, индифферентный по основным экологическим факторам.

На основе фитоиндикационных шкал по методике Л. А. Жуковой (2004) определена экологическая валентность *M. arvensis* как отношение числа ступе-

¹ Данные по всем указанным шкалам указаны по монографии «Экологические шкалы...», 2004.

ней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в баллах. Она характеризуется высокой валентностью по 8 шкалам: термоклиматическая ($Tm=0,76$), континентальности климата ($Kn=0,73$), омброклиматическая аридности-гумидности ($Om=0,67$), криоклиматическая ($Cr=1$), освещённости-затенения ($Lc=0,78$), солевого режим почвы ($Tr=0,68$), богатства почв азотом ($Nt=0,82$), кислотности почвы ($Rc=1$). По отношению к одному фактору – увлажнение почв, вид является мезовалентным ($Hd=0,48$). Формула, характеризующая отношение к набору факторов, выглядит следующим образом: Э8М1.

Индекс толерантности вида (It), определяемый как отношение сумм экологических валентностей с суммой шкал у *M. arvensis* равен 0,77, поэтому в совокупности ко всем факторам вид оценивается как эвривалентный.

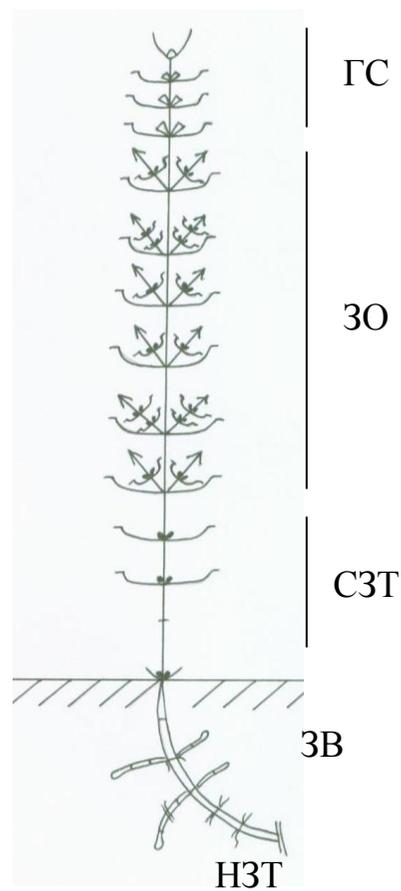
Сравнительная характеристика местообитаний и диаграммы, построенной по шкалам Д. Н. Цыганова, показывает, что амплитуда экологического пространства не выходит за пределы диапазонов экологического ареала. Поэтому *M. arvensis* широко и быстро распространяется в умеренном поясе. Однако значения шкалы увлажнения почв находятся близ минимального предела. Поэтому, в соответствии со шкалами Д. Н. Цыганова, влажность можно считать одним из лимитирующих факторов мяты полевой.

Г. Элленберг (1974) в равнинных областях Западной и Средней Европы считает *M. arvensis* полусветовым (7 баллов) и произрастающим на влажных, часто плохо аэрируемых почвах (8 баллов).

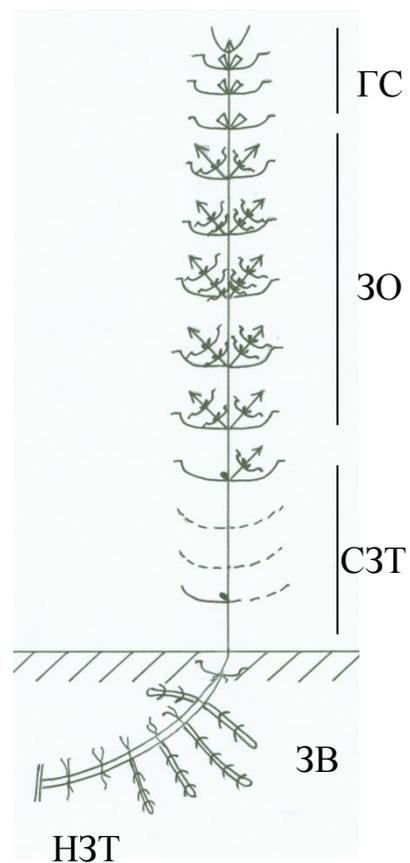
По Е. Ландольту (1977) в горных областях мята полевая – полусветовое растение (4 балла), произрастает на почвах от средней сухости до влажных (3 балла), слабокислых ($pH=4,5-7,5$), никогда на очень кислых, но иногда на нейтральных и слабощелочных почвах (3 балла), богатых гумусом, но корни растения достигают минеральной почвы (4 балла), тонкодисперсных – глинистых, торфянистых, обычно водонепроницаемых и плохо аэрируемых с диаметром частиц менее 0,002 мм (5 баллов).

Согласно представлений Л. Г. Раменского (1956), на территории бывшего СССР мята полевая встречается в лесной, лесостепной зонах. Особи произрастают на умеренно аллювиальных – избыточных ($A=6-9$), болотно-луговых, болотных по степени увлажнения ($FE=90-99$) почвах, которые по степени богатства могут быть богатыми и сильно солончаковыми ($NS=16-22$) с резким переменным увлажнением ($VF=18$). Влияние выпаса скота на произрастание растений слабое или сильное, полусбой или сбой ($PD=0-9$).

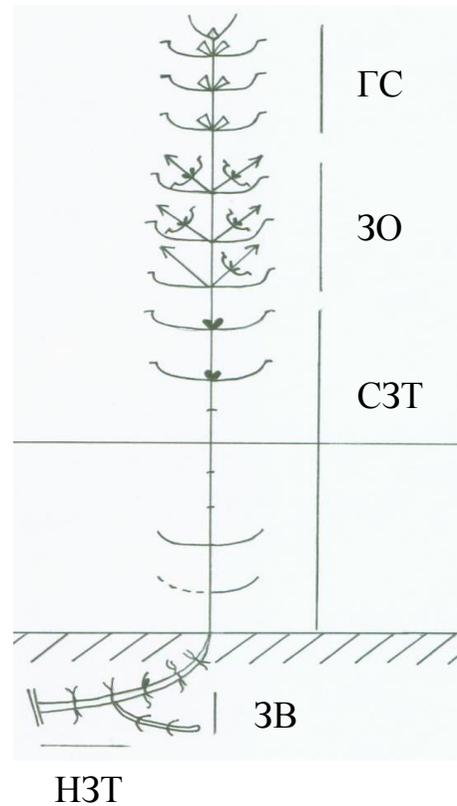
Таким образом, *M. arvensis* – эврибионт, с широкой амплитудой зоны толерантности по всем факторам среды, мезовалентность по отношению к влажности почвы компенсируется способностью существования растений в условиях резкого переменного увлажнения. Поэтому мы также рассматриваем этот вид с позиций адаптации особей к переменному увлажнению.



Наземная экибиоморфа



Прибрежная экибиоморфа



Водная экибиоморфа



Варианты универсальных модулей

Рис. 2. Экибиоморфы *Mentha arvensis* L.

Модульная организация. Мы выделили три экобиоморфы мяты полевой – водную, прибрежную и наземную (рис. 2). Структурным элементом побеговой системы *M. arvensis* является монокарпический побег со всеми типичными структурно-функциональными зонами: нижняя торможения (НЗТ), возобновления (ЗВ), средняя торможения (СЗТ), главное соцветие (ГС). В конце июня у растений, растущих в воде нет геофильных участков побегов следующего порядка, междоузлия средней зоны торможения значительно удлинены и лишены листьев (4 метамера). Это связано с выносом главного соцветия выше уровня воды для дальнейшего семенного размножения. У этой формы заметно хуже развита зона обогащения (2–3 метамера).

У растений в прибрежной зоне имеется до пяти геофильных боковых побегов в зоне возобновления, различаются формы листовой пластинки: у нижних листьев они округлые и меньшего размера; у средних и верхних – более вытянутая с заостренной верхушкой. В зоне обогащения от 3 до 5 метамеров. Как и у водной формы, у этих растений нет листьев у нижних метамеров СЗТ.

У наземных растений имеются геофильные участки побегов, у них хорошо заметны листья на нижних метамерах СЗТ (в среднем 5). В отличие от водной и прибрежной формы растения небольшие из-за меньшего размера междоузлий и числа метамеров в ЗО. Все растения имеют только зачаточные бутоны.

У всех растений не отмечено резидов прошлых лет. По-видимому, у этого растения морфологическая дезинтеграция ранняя и полная, участки прошлогодних побегов отмирают по мере развития геофильных побегов следующего порядка.

К осени практически из всех пазушных почек подземного участка исходного побега развиваются боковые побеги, они ветвятся. В результате на основе исходного монокарпического побега формируется недолго живущая система побегов нескольких порядков ветвления – система зрелого моноподиального побега – СЗМП (терм.: Савиных, 1978), которая является основным модулем в побеговой системе *M. arvensis*. В составе СЗМП множество растущих участков – вегетативных промежуточных почек на геофильных участках. Эта тенденция к формированию однолетников-поликарпиков вегетативного происхождения – одна из тех, которые обеспечивают растению при минимальных затратах высокую энергию вегетативного расселения, размножения и воспроизведения, что достаточно часто встречается у настоящих гигро- и гидрофитов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

- Борисова А. Г. Род *Mentha* // Флора СССР. Т. 21. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 596.
- Губанов И. А. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 2. Покрытосеменные / К. В. Киселёва, В. С. Новиков, В. Н. Тихомиров. М: тов-во научных изданий КМК, 2004. 231 с.
- Определитель растений Кировской области: в 2 т. / Ф. А. Александров, Л. И. Красовский, Н. Г. Новикова, Н. Н. Розанова, А. Д. Фокин. Т. 1. Киров: Кировский гос. пед. институт им. В. И. Ленина. 1975. 67 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 472 с.

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

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Турмухаметова и др. Под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т., 2004. 368 с.

Ellenberg H. Ziegerwerte der Gefaspflanzen Mitteleuropeas // Scripta geobotanica. Göttingen, 1974. Vol. 9. 197 p.

Landolt E. Okologische Zeigerwerts zur Sweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. N. 64. S. 1–208.

ЭКОЛОГИЯ И ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ ВАСИЛИСТНИКА ПРОСТОГО

Н. П. Савиных, О. М. Безмельцева, П. В. Васильевых
Вятский государственный гуманитарный университет,
botany@vshu.kirov.ru, savva_09@mail.ru

Василистник простой – *Thalictrum simplex* L. (сем. *Ranunculaceae*) – евроазиатский вид, распространенный в Средней и южной Европе, на юге Скандинавии и Финляндии, на западе Малой Азии, в Китае, Монголии (Комаров, 1937). В Кировской области встречается по всей области изредка (Определитель..., 1975).

Этот гигрофит произрастает обычно по сыроватым лугам и кустарникам, у болот, на суходольных и пойменных лугах, реже по сухим открытым местам, на опушках и в молодых березовых колках (Комаров, 1937). В сырых тенистых местах это – бледно-зеленое растение с тонкими листьями и желтоватыми цветками в соцветиях, в сухих – ярко-зеленое с красновато-зеленоватыми цветками. Успешно развивается на открытых хорошо освещенных участках и в полутени, но в целом характеризуется как светолюбивый тип (Багдасарова и др., 1993).

Для оценки экологических параметров мы использовали шкалы Д. Н. Цыганова (1983)¹, Л. Г. Раменского (1956) и Г. Элленберга (1974).

При анализе экологических шкал Д. Н. Цыганова мы определили и составили график диапазонов минимальных и максимальных значений, при которых произрастает василистник простой (рис. 1). При обработке данных получили определенные характеристики экологических режимов. По термоклиматической шкале (Тм) вид существует в диапазоне от 4 до 12 баллов, что соответствует 9 экологическим свитам (от арктобореальной до мезосредиземноморской). По шкале континентальности климата (Кп) значения василистника простого находятся в диапазоне от 3 до 15 баллов, что соответствует 11 свитам: от океанической 2-ой до ультраконтинентальной; по омброклиматической шкале аридо-гумидности (Ом) вид встречается в диапазоне от 4 до 12 баллов, что соответствует от мезоаридной 1-ой до эугумидной экологическим свитам (9); по

¹ Данные получены на основе монографии «Экологические шкалы», 2004.

криоклиматической шкале (Cr) виду соответствует промежуток от 1 до 11 баллов, т.е. он произрастает в условиях от очень суровых (средняя температура самого холодного месяца $< -32^{\circ}\text{C}$) до теплых зим, что соответствует интервалу от гиперкриотермной 1-ой до акриотермной экологической свиты; по шкале увлажнения почв (Hd) василистник простой в диапазоне от 7–17 баллов, что соответствуют среднестепной, свежестепной, влажно-степной, сублесолуговой, сухолесолуговой, свежелесолуговой, влажно-лесолуговой, сыровато-лесолуговой, сыро-лесолуговой, мокро-лесолуговой, болотно-лесолуговой почвам; по шкале солевого режима почв (Tr) вид находится в промежутке от 3 до 15 баллов, что соответствует 7 свитам: от гликосемиолиготрофная до галомезотрофная; по шкале кислотности почвы (Rc) располагается в интервале от 3 до 13, то есть может расти на сильно кислых почвах ($\text{pH}=3,5-4,5$) и щелочных почвах ($\text{pH} > 8,0$); по шкале богатства почв азотом (Nt) василистник простой находится в промежутке от 3 до 9 баллов. Данный вид может произрастать от безазотных до богатых азотом почвах; интервал экологических свит включает в себя субанитрофильную 2-ую, геминитрофильную 1-ую и 2-ую, субнитрафильную 1-ую и 2-ую и нитрафильную 1-ую и 2-ую группы; по шкале освещенности-затенения (Lc) вид может встречаться в диапазоне от открытых пространств до светлых лесов (1–5 баллов), что соответствует внелесной (световой), полянной (субсветовой), кустарниковой и разреженно-лесной, светлоресной экологической свите; по шкале переменности увлажнения (Fh) вид находится в промежутке от 5 до 8, что показывает на произрастание его в местах слабо переменного увлажнения и умеренно переменного увлажнения/сильно переменного увлажнения, и соответствует следующим экологическим свитам: гемиконтрастофильной 1-ой и 2-ой, субконтрастофильной 1-ой и 2-ой.

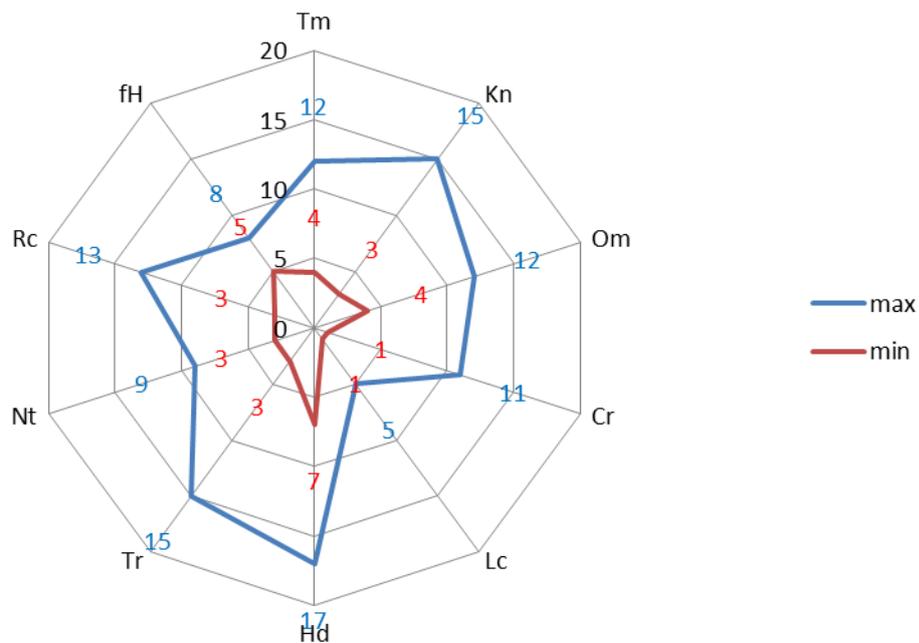


Рис. 1. Амплитуды экологического ареала василистника простого по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

По шкалам Г. Элленберга (1974) василистник простой оценивается как световое растение (8), произрастающее на хорошо увлажненных или тщательно смоченных почвах (6), являются индикаторами слабокислых и слабощелочных почв (никогда не встречаются на сильнокислых почвах), а также щелочных и богатых кальцием почв.

Согласно шкалам Л. Г. Раменского (1956) василистник простой предпочитает среднестепные, лугово-степные, сухолуговые, свежелуговые и влажно-луговые места. По критерию переменности увлажнения предпочитает сырлуговое, болотно-луговое, болотное, прибрежно-водное увлажнение: бедные, небогатые, довольно богатые, богатые, слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные почвы. Выпас не влияет на присутствие растений.

С использованием индекса толерантности (Жукова, 2004) установлено, что по Тм шкале василистник простой соответствует мезовалентной группе (индекс толерантности 0,53); по Кп – эвривалентной группе (0,87); по Ом аридность/гумидность шкале вид относится к группе гемивалентные, так как индекс толерантности равен 0,6. По Сг шкале индекс равен 0,73 это соответствует эвривалентной группе. А по Hd индекс равен 0,48, что соответствует мезовалентным группам. По Tr индекс равен 0,68, что соответствует эвривалентной группе. По Nt индекс равен 0,64, что соответствует гемивалентной группе. По Rc индекс равен 0,85 – соответствует эвривалентной группе. По Lc индекс равен 0,56 – соответствует мезовалентной группе. Общая формула экологических предпочтений василистника простого следующая: Мезовалентный ($Tm_{0,35}Hd_{0,48}Lc_{0,56}$) Эвривалентный ($Kn_{0,87}Cr_{0,73}Tr_{0,68}Rc_{0,85}$) Гемивалентный ($Om_{0,6}Nt_{0,64}$). Очевидно, что при средних требованиях по влажности василистник простой эвривалент по переменности увлажнения, что обеспечивает растению существование в условиях переменного увлажнения.

Структура особей. Василистник простой – поликарпическое многолетнее длиннокорневищное травянистое растение, криптофит, геофит. Структурным элементом его побеговой является монокарпический побег, типичный для длиннопобеговых трав сезонного климата. По строению геофильных участков они могут быть двух типов: с плагиотропными участками и анизотропными. Последние характерны для побегов в составе парциального куста, вторые – для побегов в составе симподиальных побеговых систем или при формировании новых парциальных кустов. В связи с этим у таких побегов разные по числу и длине междоузлий метамеров в нижней зоне торможения. У них нет чешуевидных листьев, есть небольшие или неразвитые почки. На дуге побега к осени развиваются геофильные побеги следующего порядка. У них по всему побегу располагаются вегетативные почки из нескольких метамеров. Они в будущем году дифференцируются на спящие и возобновления. На верхушке этого геофильного участка находятся промежуточные вегетативно-генеративные почки со сформированными отделными соцветиям. Значит в почке сформирована не только вегетативная, но и часть репродуктивной сферы. Такое часто можно наблюдать у трав мезофитов, как у некоторых вероник (Савиных, 2006) и раноцветущих растений. Весной из этих почек развивается надземный участок монокарпического побега со всеми типичными структурно-функциональными

зонами: средней торможения, обогащения, верхней торможения и главного соцветия. Как и у многих трав, первые листья надземной части желтеют и отмирают в середине вегетационного сезона. Возможно развитие верхней зоны торможения. Это (недоразвитие боковых соцветий) типично для развития растений в условиях некоторого уменьшения водоснабжения. Структура элементарных модулей (терм.: Савиных, 2006, 2009 и др.) типична для длиннопобеговых трав: междоузлие (короткое или длинное), узел, лист (низовой, срединной или верховой формаций), почка (спящая, возобновления или обогащения) в зависимости от расположения в определенной структурно-функциональной зоне (рис. 2).

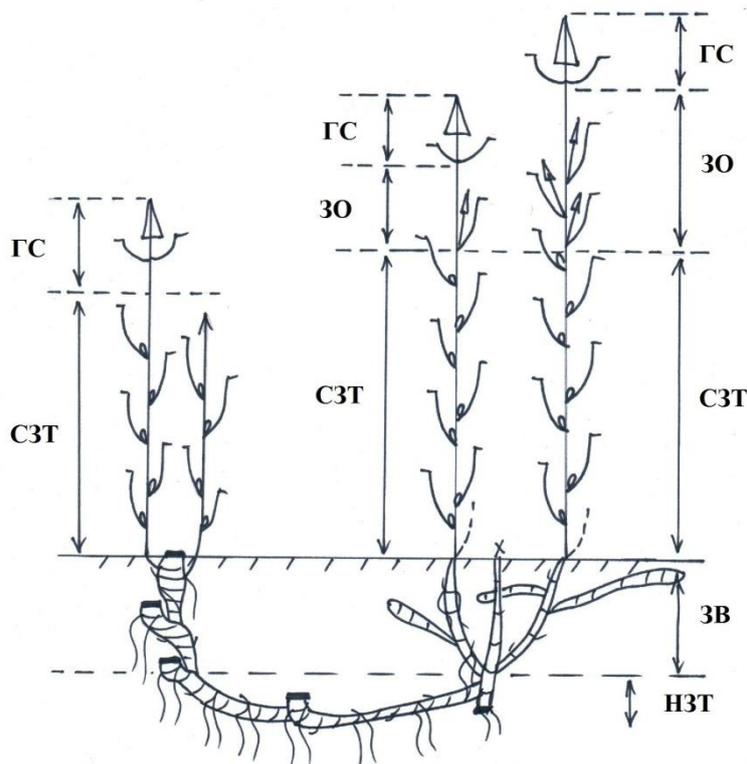


Рис. 2. Схема строения особи *Thalictrum simplex*: пояснения в тексте

Монокарпические побеги василистника образуют более сложные системы – симподии-монохазии или парциальные кусты из них, сложенных монокарпическими побегами с короткими геофильными участками. По-видимому, что существование в условиях переменного увлажнения обеспечивается устойчивостью растения к переменной увлажненности, возможно высокой степенью сформированности монокарпического побега в промежуточной почке.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

Багдасарова Т. В., Барыкина Р. П., Луферов А. Н. Василистник простой / под ред. Павлова В. Н. // Биологическая флора Московской области. Вып. 9. Ч. 1. М.: Изд-во МГУ, 1993. С. 100.

Комаров В. Л. Василистник простой // Флора СССР. Т. 7. 1937. С. 526.

Определитель растений Кировской области. 2х-томное издание. Т. 2. / И. А. Шабалина, В. П. Клирсова, Т. С. Носкова. Киров, 1975. С. 44.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 472 с.

Савиных Н. П. Род вероника: морфология и эволюция жизненных форм. Киров, 2006. 324 с.

Савиных Н. П. Биоморфология и система жизненных форм водных и прибрежно-водных растений // Труды VIII Международной конф. по морфологии растений, посвященной памяти И. Г. и Т. И. Серебряковых. М.: МПГУ, 2009. Т. 2. С. 173–182.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник ТГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений: монография / Л. А. Жукова, Ю. А. Турмухаметова и др. Под общ. ред. проф. Л. А. Жуковой; Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола, 2004. С. 368.

Ellenberg H. Zieglerwerte der Gefaspflanzen Mitteleuropas // Scripta geobotanica. Göttingen, 1974. Vol. 9. 197 p.

ЭКОЛОГИЯ И ПОБЕГООБРАЗОВАНИЕ НОРИЧНИКА ШИШКОВАТОГО

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

Изучена биоморфология, география, местообитания норичника шишковатого – *Scrophularia nodosa* L. Sp. Pl. (семейство Норичниковые – *Scrophulariaceae*) для оценки адаптаций этого растения к существованию в условиях переменного увлажнения. Для чего по литературным источникам оценена морфология, география, систематика, экология вида, на материалах собственных сборов – структура и модульная организация растения.

И. А. Губанов (2002) определяет распространение норичника шишковатого во многих районах Евразии и на северо-востоке американского континента. В России этот вид встречается в Европейской части, в Западной Сибири и на западе Восточной Сибири. В Средней России он отмечен часто во всех областях. В Кировской области встречается редко, но по всей области (Определитель..., 1975; Тарасова, 2007).

Норичник шишковатый растет в смешанных и хвойных лесах, оврагах, зарослях кустарников, по берегам рек (Губанов, 2002), на злаково-разнотравных сырых и суходольных лугах, во ржи, на заброшенных пашнях, около канав (Шишкин, 1955). В Кировской области встречается по берегам рек и ручьев, в сосновых и смешанных лесах, по влажным травянистым лесам, у дорог (Определитель..., 1975; Тарасова, 2007).

S. nodosa ядовит для крупного рогатого скота, медоносное растение (Губанов, 2002), употребляется в народной медицине: в корнях содержится алкалоид скрофулярин (Шишкин, 1955).

Для оценки экологических параметров местообитаний широко используется шкалы Д. Н. Цыганова (1983)¹, что мы и сделали (рис. 1).

По термоклиматической (Тм) шкале значения экологических потребностей *S. nodosa* находятся в диапазоне от 4 до 13 баллов, что соответствует 10 экологическим свитам (от арктобореальной до эусредиземноморской). По шкале континентальности климата (Кн) – в диапазоне от 3 до 12, что соответствует 10 экологическим свитам (от океаническая 2-й до мезоконтинентальной). По омброклиматической шкале аридности/гумидности (Om) – в диапазоне от 5 до 11, что соответствует экологическим свитам от мезоаридной 2-й до мезогумидной). В криоклиматической шкале (Cr) растению соответствует промежуток от 2 до 13, занимает место растений, способных обитать как в условиях от очень суровых (средняя температура самого холодного месяца -32°), так и в условиях очень теплых зим, что соответствует экологической свите. В соответствии с условиями в шкалы увлажнения почвы (Hd) *S. nodosa* занимает место, соответствующее среднепустынной, полупустынной, пустынной, пустынно-степной, субстепной, сухостепной, среднестепной, свежестепной, влажностепной, сублесолуговой, свежелесолуговой, влажнелесолуговой, сыровато-лесолуговой, сыролесолуговой, мокролесолуговой, болотно-лесолуговой, субболотной и болотной группам. К солевому режиму почв (Tr) растение довольно не требовательно, находится в промежутке от 9 до 19, что соответствует экологическим свитам от гликоэвтрофной до галоолиготрофной. *S. nodosa* приурочен к почвам от сильнокислых до слабощелочных включительно. Располагается в интервале от 3 до 11 (перацидофильная 1-я, мезоацидофильная 1-я, мезоацидофильная 2-я, субацидофильная 1-я, субацидофильная 2-я, нейтрофильная, субалкалофильная, 1-я субалкалофильная 2-я). По шкале азотообеспеченности почвы (Nt) значения находятся в промежутке от 5 до 11 баллов и характеризуется как вид, способный произрастать на почвах от безазотных до избыточно богатых азотом. Согласно шкале освещенности/затенения (Lc) *S. nodosa* соответствует растениям от полуоткрытых пространствах до условий особо тенистых лесов. Все это обеспечивает приуроченность норичника к таким экологическим группам, как кустарниковая и разреженнолесная, светло-лесная, густосветло-лесная, тенисто-лесная, чащобно-тенивая, ультратенивая. По шкале переменности увлажнения почв (Fh) данных нет.

Согласно шкалам Л. Г. Раменского (1956) норичник шишковатый предпочитает влажнелуговые, болотно-луговые и болотные места, почвы – от олиготрофных, мезотрофных до довольно богатых.

По шкалам Е. Ландольдта (1977) норичник относится к тенивым растениям, произрастает на почвах от средне сухих до влажных, слабокислых, иногда на очень кислых, нейтральных и слабощелочных, исключительно на богатых минеральным питанием, со средним содержанием гумуса.

S. nodosa – многолетнее травянистое растение высотой от 40 до 120 см, голое с остро четырехгранным стеблем и характерным запахом, иногда в соцветии железисто-опушенное. Корневища шишковидно-утолщенные.

¹ Данные получены по монографии «Экологические шкалы...», 2004.

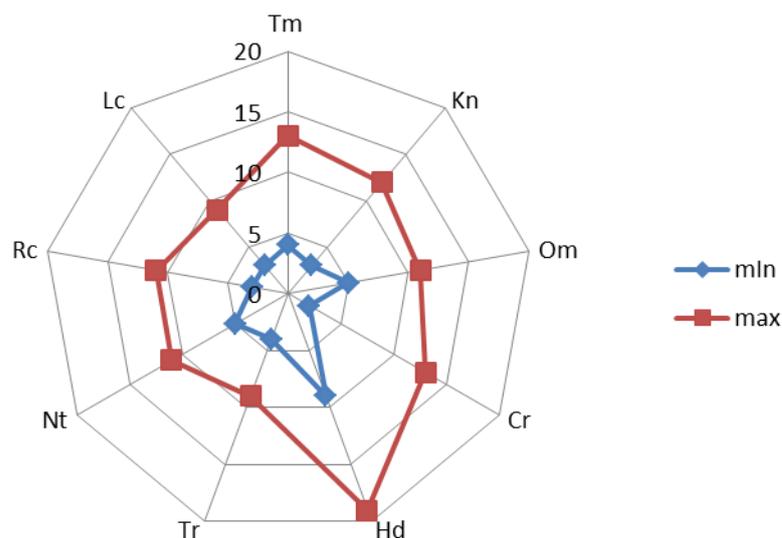


Рис. 1. Графическая модель амплитуды экологического ареала *Scrophularia nodosa* по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

Листья срединной формации яйцевидные, 5–17 см длиной и 2–8 см шириной, остроконечные, в основании двоякопильчатые, черешковые. Прицветные листья (верховой формации) ланцетные или линейно-ланцетные, 0,8–1,3 мм длиной и 0,5 мм шириной.

Цветки в сложном метельчатом соцветии на цветоножках длиной до 1 см, покрытых, как и цветоносы, бурыми, почти черными железистыми волосками. Плод – шаровидная зеленовато-буря коробочка, длиной 5–8 мм длиной и 4–6 мм шириной, заостренная. Семена эллиптические, темно-коричневые, 0,7 мм длиной и 0,4 мм шириной. Цветет с мая по сентябрь, плоды созревают в июне-октябре.

С позиции модульной организации (Савиных, 2008 и др.) побегообразование *S. nodosa* выглядит следующим образом. Структурный элемент побеговой системы – универсальный модуль (УМ) представлен монокарпическим побегом. В его строении выделяется несколько структурно-функциональных зон, образованных элементарными модулями (ЭМ) определенного строения. Геофильный участок побега образован двумя типами модулей. В основании короткое междоузлие, узел, чешуевидные листья и почки возобновления и такие же метамеры с более мелкими почками и придаточными корнями; иногда встречаются метамеры с длинными междоузлиями и отмершими листьями. Стебель этого участка значительно утолщен к концу вегетационного периода, также как оси большей части боковых почек, отчего структура геофильного побега в промежуточную фазу развития побега имеет шишковидную форму. На верхушке располагается промежуточная вегетативная почка из нескольких листовых зачатков и конуса нарастания. Такое медулярное утолщение оси геофильного побега имеется и у других растений условий переменного увлажнения: таволга вязолистная, валериана лекарственная. После периода покоя весной в фазе вегетативного ассимилирующего побега формируется средняя зона торможения. Она представлена метамерами с длинными междоузлиями, листьями срединной

формации и почками обогащения. В развивающейся в акропетальном направлении зоне обогащения располагаются такие же метамеры с длинными междоузлиями и боковыми вегетативными побегами, а далее и вегетативно-генеративными – паракладиями. Далее следует главное соцветие. В целом структура монокарпического побега норичника соответствует в надземной части монокарпическим ортотропным побегам длиннопобеговых трав. Отличительной особенностью является специфический подземный орган. Именно он и обеспечивает приспособленность этого растения к условиям переменной влажности: малая емкость почки с запасом питательных веществ, обеспечивающем быстрое развитие после отступления воды.

Совокупность УМ образуют симподий монохазий (при одном побеге замещения) или дихазий. Таких структур в составе особи может быть от трех до четырех. В ряде случаев растение имеет вид довольно компактного куста.

Данная структура является типичной для растений, произрастающих в условиях переменного увлажнения, и позволяет норичнику выдерживать высокую межвидовую конкуренцию среди растений луговых сообществ.

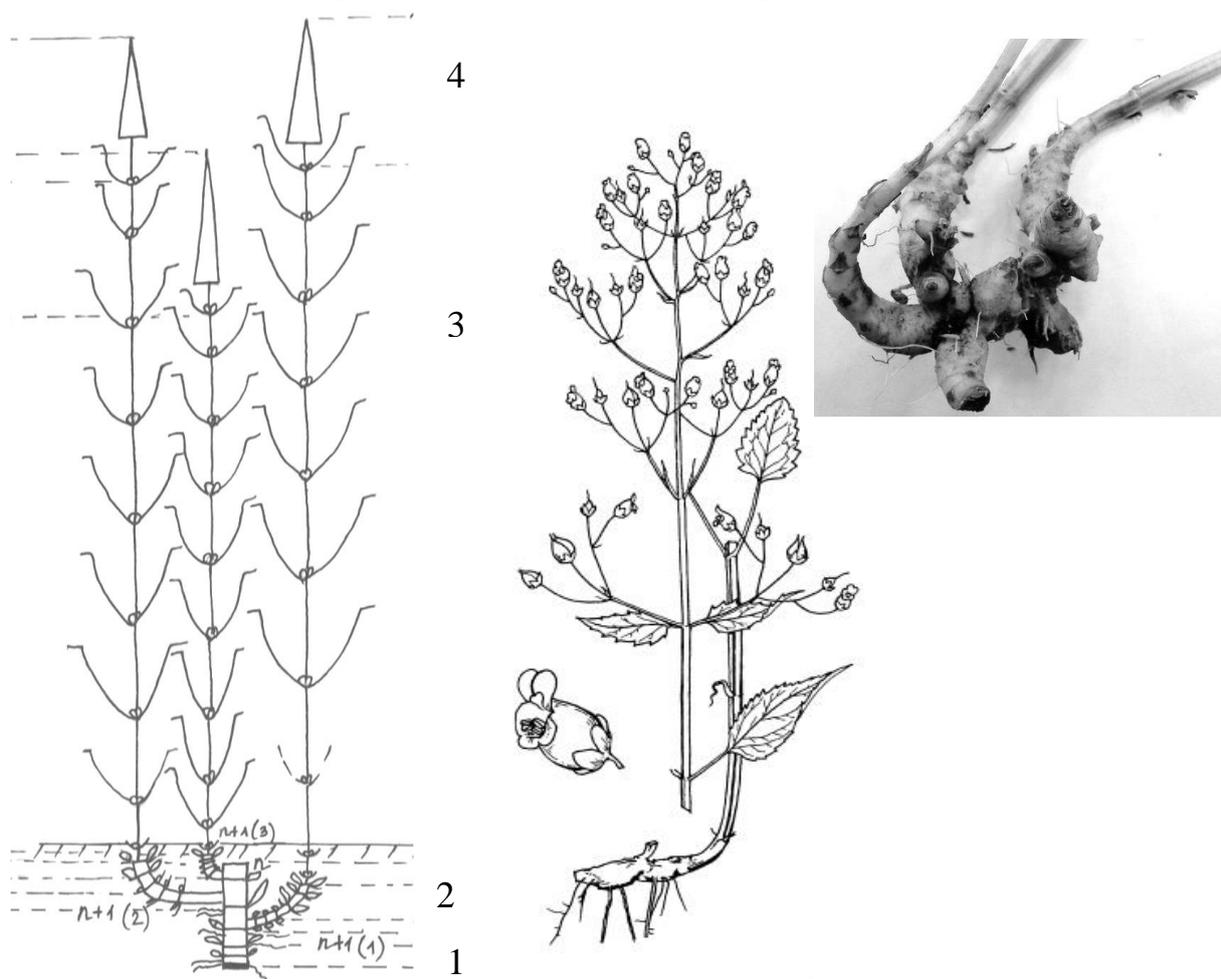


Рис. 2. Строение побеговых систем *Scrophularia nodosa*: зоны:
1 – нижняя торожения, 2 – возобновления; 3 – средняя торожения,
4 – главное соцветие

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 13-04-01057).

Литература

Губанов И. А., Киселёва К. В., Новиков В. С., Тихомиров В. Н. Иллюстрированный определитель растений Средней России. В 3-х томах. Москва: Тов-во научных изданий КМК, 2002. Т. 3. 196 с.

Определитель растений Кировской области: в 2 т. / Ф. А. Александров, Л. И. Красовский, Н. Г. Новикова, Н. Н. Розанова, А. Д. Фокин. Т. 1. Киров: Кировский гос. пед. институт им. В. И. Ленина. 1975. 67 с.

Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков О. Н., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М., 1956. 472 с.

Савиных Н. П., Мальцева Т. А. Модуль у растений как структура и категория // Вестник ТГУ. Серия «Биология и экология». Вып. 9. Тверь, 2008. С. 227–234.

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

Федоров А. А., Тахтаджян А. Л. Жизнь растений в 6 томах. Т. 5. Москва: Просвещение, 1981. С. 424.

Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 197 с.

Шишкин Б. К. Норичник узловатый // Флора СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1955. Т. 22. С. 269.

Landolt E. Okologische Zeigerwerts zur Sweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. N. 64. S. 1–208.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ СОРТОВ КРЫЖОВНИКА ОТКЛОНЕННОГО (*GROSSULARIA RECLINATA* (L.) MILL.) В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

О. К. Тимушева

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

Крыжовник – *Grossularia* Mill. относится к семейству крыжовниковых – *Grossulariaceae* DC., одна из самых распространенных ягодных культур Нечерноземной зоны России. Ягоды крыжовника отличаются высокими вкусовыми качествами, богаты сахарами, кислотами, минеральными веществами. Благодаря высокому содержанию в ягодах пектиновых веществ (0,5–0,85%), крыжовник обладает способностью связывать в человеческом организме некоторые вещества, в том числе радиоактивные – стронций, кобальт и др., которые затем удаляются из организма. Род насчитывает 52 вида (Жуковский, 1964; Сергеева, 1989). Наибольшее их количество сосредоточено в западной части Северной Америки. В Европе, Азии и Африке распространено только 7 видов. На территории России встречается три вида крыжовника: крыжовник отклоненный – *Grossularia reclinata* (L.) Mill. – в европейской части России, на Кавказе, Дальнем Востоке; крыжовник игольчатый – *G. acicularis* (Smith) Sprach – в Западной и Восточной Сибири; крыжовник буреинский, или дальневосточный – *G. burejensis* (Fr. Schmidt) Berger – на Дальнем Востоке. Культурные сорта крыжов-

ника произошли от одного европейского и пяти американских видов (Сергеева, 1989; Черепанов, 1995).

Сорта крыжовника отклоненного разнообразны по величине, форме, окраске, опушению, вкусу, аромату, химическому составу ягод. В селекцию их привлекают за крупноплодность и высокие вкусовые качества, за те признаки, которых недостает американским видам (Сергеева, 1989).

В коллекции Ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН имеется 11 сортов крыжовника отклоненного, полученных из Кирова, Кировской области, Мичуринска, Челябинска в 1996–2001 гг. Изучение биологических особенностей сортов крыжовника проводили по «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (1999). В работе приведены данные изучения за 2004–2013 гг. семи сортов крыжовника по хозяйственно ценным признакам.

Зимостойкость – наиболее важный признак, определяющий возможность возделывания крыжовника в конкретной местности. По данным литературы крыжовник довольно зимостоек, хотя в сравнении с черной смородиной более теплолюбив (Равкин, 1968; Сергеева, 1989). В условиях подзоны средней тайги все сорта характеризуются средней зимостойкостью – обмерзают побеги однолетние и иногда многолетние (0–3 балла) (табл.). Среди плодовых и ягодных культур крыжовник наряду со смородиной отличается самым ранним распусканием почек. Начало вегетации крыжовника в условиях среднетаежной подзоны приходится на 24 апреля – 13 мая. Различия в сроках распускания почек по годам в зависимости от климатических условий составляют от 2 до 19 дней. Период от начала вегетации до начала цветения у сортов крыжовника равен в среднем 21 дню и зависит от метеоусловий, предшествующих цветению: чем выше среднесуточная активная температура в этот период, тем раньше начинается цветение. Межфазный период начало вегетации – начало цветения в условиях подзоны средней тайги составляет 18–35 дней и равен в среднем 26 дням. Цветение начинается при среднесуточной температуре выше 10 °С, его продолжительность у растений различных сортов крыжовника равна в среднем 8–10, а в отдельные годы – 6–15 дням. Начало цветения сорта Темно-зеленый Мельникова наблюдается 12 мая – 6 июня, остальных сортов – 14 мая – 10 июня. Начало созревания ягод приходится на вторую – третью декаду июля. Период от цветения до созревания ягод продолжается 49–73 дня, созревание ягод длится 11–16 дней в зависимости от климатических условий года. Массовое созревание ягод отмечается в третьей декаде июля – начале второй декады августа. От начала вегетации до массового созревания ягод проходит 90–98 дней. В условиях подзоны средней тайги минимальной высотой кустов характеризуется сорт Юбиляр, максимальной – сорт Русский Зеленый (табл.).

Рост крыжовника наблюдается с начала цветения: раньше у прикорневых, позже у годовичных побегов. Почки у крыжовника в основном смешанные, генеративно-вегетативного типа. Из одной почки развивается редуцированная кисть, несущая один, два, три цветка, иногда более, и вегетативный побег. Другие почки остаются цветковыми либо ростовыми, образующими побеги или розетку листьев. Приросты, формирующиеся из вегетативных и смешанных по-

чек, обеспечивают хорошее ветвление и ежегодное плодоношение куста. Цветковые почки и генеративная часть смешанных почек формируются рано – на одно-двулетних ветвях и даже на нулевых побегах. Из этих почек развиваются затем плодовые веточки – плодушки. В связи с этим кусты начинают плодоносить на второй-третий год после посадки, а на четвертый–пятый – вступают в пору промышленного плодоношения. На ветвях разного возраста встречаются как простые плодушки с одной почкой, так и разветвленные, с одной, двумя и тремя почками. По данным К. Д. Сергеевой (1989) период плодоношения крыжовника (от завязывания до полного созревания ягод) в зависимости от сорта длится в среднем 60–75 дней. В условиях подзоны средней тайги этот период продолжается 53–60 дней, полное созревание ягод приходится на третью декаду июля – первую декаду августа. Разница в сроках полного созревания ягод ранних и средних сортов равна 9–13 дням. От начала до полного созревания ягод проходит в среднем 12 дней с варьированием по отдельным сортам от 1 до 7 дней. Различия в продолжительности созревания ягод в разные годы зависят от метеорологических условий и составляют 5–15 дней. В 2010 г. вследствие аномально высоких температур воздуха летом фиксировалась очень низкая продуктивность, за исключением сортов Темно-зеленый Мельникова и Русский Зеленый, у которых наблюдалась средняя продуктивность ягод (1,4–2 кг с куста). За период 2004–2013 гг. максимальной продуктивностью ягод и крупноплодностью выделился сорт Русский Зеленый. Минимальная продуктивность отмечена у сортов Юбиляр и Консул. У сортов Консул, Темно-зеленый Мельникова, Командор масса ягоды составила в среднем меньше 2,5 г.

Таблица

Характеристика хозяйственно ценных признаков сортов крыжовника, 2004–2013 гг.

Сорт	Зимостой- кость, балл	Высота ку- ста, см	Продуктив- ность, кг/куст	Масса одной ягоды, г
Русский Зеленый	0–3	143±3	3,1±0,5	3,79±0,2
Темно-зеленый Мельникова	0–3	133±4	2,2±0,3	2,27±0,11
Колобок	0–3	130±6	1,0±0,2	3,63±0,21
Краснославянский	1–3	131±6	1,1±0,2	2,87±0,15
Командор	1–3	133±5	1,1±0,2	2,39±0,17
Юбиляр	1–3	125±6	0,8±0,2	2,57±0,26
Консул	1–3	133±5	0,8±0,1	2,25±0,16

По срокам созревания ранним в условиях подзоны средней тайги Республики Коми является сорт Темно-зеленый Мельникова (третья декада июля), остальные сорта – средние (третья декада июля – начало второй декады августа). Только растения сорта Темно-зеленый Мельникова полностью сбрасывают листья. У остальных сортов степень листопада составляет от 40 до 80%. Окончание вегетации сорта Темно-зеленый Мельникова отмечается в третьей декаде сентября, остальных сортов – первой декаде октября.

Агротехнический уход за растениями крыжовника предусматривает проведение мероприятий, направленных на борьбу с болезнями и вредителями.

Против вредителей крыжовника ежегодно весной перед распусканием почек опрыскивали кусты раствором препарата «Искра» или «Фитоверм». Проводили оценку сортов крыжовника на устойчивость к болезням и вредителям. Степень поражения оценивалась визуально по пятибалльной шкале. В наших условиях все сорта крыжовника являются устойчивыми к мучнистой росе. Отмечалось слабое повреждение листьев крыжовника личинками крыжовникового пилильщика в 1–2 балла. В отдельные годы наблюдалось повреждение единичных ягод гусеницами крыжовниковой огневки в 1 балл (задолго до созревания ягоды краснели и засыхали). Септориоз поражает преимущественно листья, на которых появляются мелкие угловатые или округлые пятна диаметром 2–3 мм сначала коричневого, а затем белого цвета с неширокой буроватой каймой. На пятнах мелкие черные точки – пикниды гриба. Септориоз может поражать и ягоды, образуя на них мелкие пятна, на которых также появляются пикниды гриба. Отмечено поражение листьев септориозом от 1 до 3 баллов у всех сортов. У сорта Темно-зеленый Мельникова наблюдалось также поражение ягод от 2 до 3 баллов (до 30 % ягод). После сбора ягод проводили опрыскивание кустов 1 %-ой бордоской жидкостью. Радикальное мероприятие для борьбы с вредителями и болезнями – подбор наиболее устойчивых сортов, отбор здорового, незараженного посадочного материала.

Для ускорения плодоношения и повышения урожайности крыжовника в конце июля – начале августа делают летнюю прищипку прикорневых побегов и сильных приростов с целью увеличения формирования на них цветковых почек (Пупкова, 2000). На одном месте при хорошем уходе крыжовник может расти и давать урожай в течение 25–30 лет. Известны случаи, когда кусты крыжовника росли и плодоносили более 40 лет. Наибольшая продуктивность крыжовника наблюдается в течение 12–15 лет (Володина, 1986; Сергеева, 1989). Путем своевременной обрезки кустов крыжовника можно продлить жизнь растений. Ежегодно вырезают ветви старше 7–8 лет, у которых резко снижается урожайность, а также лишние, загущающие куст, подмерзшие, пораженные болезнями и вредителями. В полностью сформированном кусте крыжовника должны быть ветви от 1 до 8 лет по две – три каждого возраста.

Таким образом, установлено, что в условиях подзоны средней тайги сорта крыжовника отклоненного являются среднезимостойкими. Выделены перспективные сорта Русский Зеленый, Темно-зеленый Мельникова, адаптированные к условиям Севера, формирующие хозяйственно-значимый урожай (в среднем 2,2–3,1 кг с куста). Крупноплодными являются сорта Колобок, Русский Зеленый – 3,63; 3,79 г соответственно. Все сорта устойчивы к мучнистой росе, крыжовниковой огневке.

Литература

- Володина Е. В. Крыжовник. Л.: Агропромиздат, 1986. 62 с.
Жуковский П. М. Крыжовник // Культурные растения и их сородичи. Л., 1964. С. 550–552.
Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур // Под общ. ред. Е. Н.Седова, Т. П. Огольцовой. Орел, 1999. С. 351–373.

Пупкова Н. А. Крыжовник // Настольная книга садовода. Сост. А. А. Юшев. Серия «Учебники для вузов. Специальная литература». СПб., 2000. С. 182–210.

Равкин А. С. Особенности периода покоя у сортов смородины и крыжовника в связи с их происхождением и зимостойкостью // Физиология состояния покоя у растений. М., 1968. С. 215–224.

Сергеева К. Д. Крыжовник. М.: Агропромиздат, 1989. 208 с.

Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Русское издание. СПб., 1995. 992 с.

БИОЛОГИЯ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *THERMOPSIS ALTERNIFLORA* REGEL ET SCHMALH. В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

М. А. Джаббарова¹, О. К. Хожиматов²

¹ Ташкентский государственный аграрный университет,

² Институт генофонда растительного и животного мира АН РУз,

mamlakat75.uz@mail.ru

Thermopsis alterniflora Regel et Schmalh. – Термопсис очередноцветковый (Fabaceae Lindl.) является дикорастущим лекарственным растением, эндемичным видом горной Средней Азии. В последние годы спрос фармацевтической промышленности на сырьё этого вида растения неуклонно увеличивается, что не может вызывать опасения за сохранность вида в естественных условиях местообитания. Другими факторами влияющими на сокращение ареалов являются недостаточное количество осадков, наблюдающееся в последние годы, перевыпас сельскохозяйственных животных и вытаптывание ими растительного покрова. Учитывая вышеизложенное, нами была поставлена целью – изучение биологии прорастания семян этого вида растения для дальнейшей интродукции в специализированных хозяйствах республики.

До проведения полевых исследований, прежде всего, необходимо было изучение биологии прорастания семян *Thermopsis alterniflora* в лабораторных условиях.

T. alterniflora произрастает в нижнем и среднем поясах гор Западного Тянь-Шаня (в пределах Республики Узбекистан) на высотах от 800–3200 м над уровнем моря (Камелин, 1955).

Надземные части растения в фазе бутонизации и в начале цветения содержат максимальное количество суммы алкалоидов – 3,5%, не менее 50% из которых составляет цитизин. Из суммы алкалоидов выделены: цитизин, пахикарпин, альтерамин, термопсин, гомотермопсин, анагирин. Из флавоноидов содержатся: генистин, тералин, хризоэриол (Пакудина, 1958; Пракаш, 1966; Катгаев, 1975).

В народной и официальной медицине надземную часть *T. alterniflora* применяют в виде настоя, порошка, таблеток, сухого экстракта в качестве отхаркивающего средства. Из травы получают средство для возбуждения дыхательной деятельности, при ухудшении кровообращения у больных с инфекционными заболеваниями, при шоковых и коллаптоидных состояниях. Цитизин

выпускается в виде 0,15% раствора в ампулах под названием (Cititonum) цититон (Теслов, 1960; Курмуков и Белолипов, 2012).

Определены запасы сырья и составлены картасхемы промысловых зарослей *T. alterniflora* в узбекской части Западного Тянь-Шаня. Установлено, что биологические запасы надземной массы составляют 310,75 тонн, эксплуатационные запасы растительного сырья составляет – 62,15 тонн в воздушно-сухой массе (Хожиматов, 2009).

Материал для исследования был собран нами из естественных мест произрастания, на территории Угам-Чаткальского национального природного парка (Чаткальский и Пскемский хребты) в 2011–2012 г.

Исследования по интродукции проводились в лаборатории интродукции лекарственных растений Института генофонда растительного и животного мира АН РУз.

Опыты по проращению семян в лабораторных условиях проводились по методике М. Г. Николаевой и др., полевые опыты – согласно общепринятым методам (Доспехов, 1985).

В естественных условиях *T. alterniflora* размножается семенами и корневыми отпрысками. Вегетация начинается в середине марта и начале апреля. Из спящих почек корневищ многолетних растений, вырастают генеративные побеги. В период вегетации генеративные побеги достигают от 70 до 90 см высоты. Стебли маловетвистые, прямые, крепкие. Во второй половине апреля растения бутонизируют. Нижние цветки зацветают в конце апреля, массовое цветение наблюдается в первой половине мая. Цветки зигоморфные, крупные, обоеполые. Венчик бледно-желтого цвета. Листья сложные, очередные, тройчатые, черешковые, с ланцетовидными крупными прилистниками, равными черешками, длиной $9\pm 1,5$ см, шириной $12\pm 2,5$ см. Листочки $6,5\pm 2,4$ см длиной, $2,2\pm 0,8$ см шириной, продолговато-эллиптические, голые, снизу прижато волосистые, к верхушке заостренные, в основании клиновидные (рис. 1).

Бобы образуются в июне месяце и созревают в конце июля, созревшие бобы коричневого цвета, сплюснуто-эллипсоидной формы, с носиком, спинной перегородкой, опущены редкими лежащими волосками. Общая длина бобов $7\pm 2,6$ см, ширина $1,3\pm 0,8$ см, зрелые плоды растрескиваются по спинному шву, внутри бобов закладываются до 4-18 штук семян.

Семена широкопочковидные, гладкие, матовые, коричневые, светло-коричневые $7,3\pm 2,3$ мм длиной и $4,4\pm 1,5$ мм шириной. Вес 1000 семян $37,7\pm 0,8$ г (рис. 2, а).

У *T. alterniflora* семенная кожура жесткая, в связи с этим в условиях интродукции проращение семян затруднено. С учетом жесткости семян в лабораторных условиях нами было изучено проращение семян и развитие проростков.

В условиях лаборатории нами были изучены различные методы обработки, влияющие на проращение фертильных семян. Опыты проводили в чашках Петри при оптимальной температуре $+30$ °С, на дистиллированной воде в 3-х вариантах и в 3-х повторностях:

- 1) 100 без обработки (контроль),

2) 100 шт. семян со скарификацией,

3) 100 шт. семян подверглись обработке 50% концентрированной серной кислотой (H_2SO_4).

Семена в первом варианте, спустя 8–10 суток постепенно начали прорастать по 1–2 семени ежедневно. Количество проросших семян в течении 20 суток составило 30–33%. Остальные семена в течении месяца не проросли.

Затрудненность прорастания семян обусловлена наличием утолщенной семенной кожуры, а также наличием большого количество ингибирующих веществ. Это можно увидеть в ходе экспериментальных работ в лабораторных опытах (рис. 2, б). Во втором и третьем варианте семена начали прорастать после 4–6 суток, а массовое прорастание семян отмечено в течении 4 суток и по сравнению с контрольным вариантом составило 60–70%. Остальные семена в последующие дни также продолжали прорастать.

Прорастания семян *T. alterniflora* во всех вариантах опыта проходит по эпигеальному типу, во время роста проростков развитие органов различное.



Рис. 1. Фрагмент роста *T. alterniflora* Regel et Schmalh. в естественных условиях

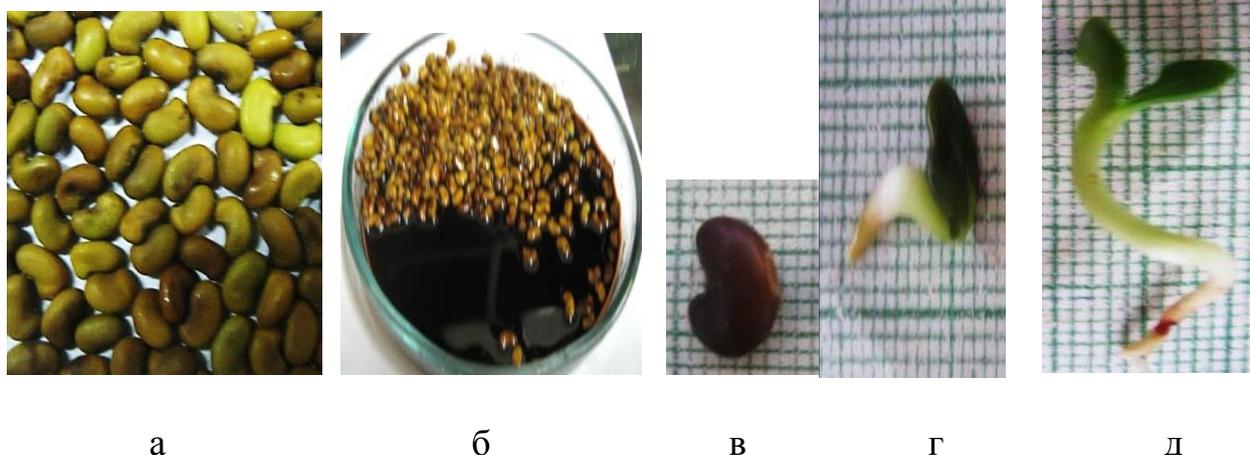


Рис. 2. Результаты опытов в лабораторных условиях; а-семена, б- обработанные семена (H_2SO_4), в-д прорастание семян и проростков

Отмечен замедленный рост семядольных листьев и корешка, а ускоренный у гипокотиля. Длина семядольных листьев через 13–15 дней достигает до $7,4 \pm 0,4$ мм длины и $4,2 \pm 0,5$ мм ширины, у гипокотиля $1,8 \pm 1,2$ см длины, у корешка $0,8 \pm 0,6$ мм длины (рис. 2, в-д).

В результате проведенных исследований выявлен дружный рост семян *T. alterniflora* в лабораторных условиях, семена которых были обработаны с 50% коцентрированной серной кислотой (H_2SO_4) и со скарификацией.

В связи с этим мы рекомендуем в дальнейших исследованиях при полевых условиях проращивание семян этого ценного лекарственного растения, проводить со скарификацией и обработкой раствором коцентрированной серной кислотой (H_2SO_4). Таким образом, полученные нами научные данные по биологии прорастания семян *T. alterniflora* дополняют имеющиеся сведения по биологии этого перспективного лекарственного растения.

Литература

- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. С. 330–336.
- Камелин Р. В. Термопсис – *Thermopsis alterniflora* Rgl. et Schmalh. Флора Узбекистана. Т. 3. Ташкент: Изд-во АН Уз ССР, 1955. С. 408–411.
- Каттаев Н. Ш., Никонов Г. К. О флавоноидах *Thermopsis alterniflora* // Химия природ. соедин. 1975. № 2. С. 140–144.
- Курмуков А. Г., Белолыпов И. В. Дикорастущие лекарственные растения Узбекистана. Ташкент, 2012. С. 59–60.
- Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука. 1985. 348 с.
- Пакудина З. П. Исследование алкалоидов *Thermopsis alterniflora*: Автореф. дисс.канд. ... хим.наук. Ташкент, Ин-т химии растит. веществ АН Уз ССР, 1958.
- Пракаш Ч. Г. Исследование алкалоидов *Thermopsis alterniflora* Rgl. et Schmalh. и *T. dolichocarpa* V. Nik.: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. Ташкент. Ин-т химии растит. веществ АН УзССР, 1966.
- Теслов С. В. Фармакогностическое изучение некоторых среднеазиатских видов рода *Thermopsis* R. Вг.: Автореф. дисс. ... канд. фарм. наук. Тарту: Тартуский ун-т, 1960.
- Хожиматов О. К. Лекарственные растения западного Тянь-Шаня (в пределах республики Узбекистан): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент: АН РУз, 2008. 41 с.

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ *PENTAPHYLLOIDES FRUTICOSA* ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

С. А. Мифтахова

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

Одним из ценных сырьевых растений, всесторонне изучаемых в настоящее время как пищевое, лекарственное и декоративное, является *Pentaphylloides fruticosa*. Однако, сведения по изучению репродуктивной биологии *P. fruticosa* на северо-востоке европейской части России немногочисленны. Данный

вид является плейстоценовым реликтом Урала, он включен в Красную книгу Республики Коми (2009), как вид с сокращающейся численностью.

Для *P. fruticosa* характерен половой полиморфизм. Установлено, что *P. fruticosa* образует цветки трех типов: мужские, женские и обоеполые. По степени половой дифференциации в естественных условиях Горного Алтая выделено три типа популяций: моноэичные (состоят из особей с обоеполыми цветками); диэичные (популяции представлены двумя половыми формами – мужскими и женскими); триэичные (популяции образованы тремя половыми формами – мужскими, женскими и обоеполыми растениями). Любая особь имеет цветки только одного полового типа (Годин, 2002). Цель работы – выявить экологические и биоморфологические особенности генеративной сферы редкого вида Республики Коми *P. fruticosa* при интродукции. В настоящее время в коллекции ботанического сада находится шесть образцов *P. fruticosa* различного географического происхождения.

Объектом исследований был выбран *P. fruticosa* местной репродукции образца привлеченного из Горно-Алтайского ботанического сада в 1999 г. При описании цветка руководствовались «Атласом по описательной морфологии высших растений. Цветок» (Федоров, Артюшенко, 1975).

Изучение структуры соцветий – одна из самых сложных областей морфологии. Отмечено, что в природных местообитаниях цветки *P. fruticosa* собраны в небольших рыхлых верхушечных кистях или щитках (Иванова, 2005), или в немногочетковом соцветиях (Комаревцева, 2005). Наблюдения за растениями *P. fruticosa* в условиях интродукции в среднетаежной подзоне Республики Коми показали, что в первый и второй годы жизни они образуют в основном единичные цветки. В последующие годы соцветия сложные в многоярусных дихазиях, очень редко – одиночные цветки. Соцветия закрытые, их главная ось заканчивается цветком; монотелические (главная и боковые оси обладают ограниченным ростом).

Растения *P. fruticosa* в природе начинают цвести с 7–12 годов жизни (Комаревцева, 2005), в условиях интродукции в Ботаническом саду Института биологии с первого – второго. Цветение *P. fruticosa* в условиях культуры в среднетаежной подзоне Республики Коми начинается с середины июня и продолжается до конца сентября – начала октября (90–100 дней). Растения средневозрастного и старовозрастного генеративных онтогенетических состояний отцветают уже к началу сентября. Цветение в пределах соцветия происходит последовательно в течение длительного периода. Перед цветением цветоножка удлиняется, и цветок всегда оказывается выше бутонов или отцветших цветков. Цветки в соцветии, находятся на разных этапах развития. Часть бутонов находящихся ближе к основанию за вегетационный сезон не успевает распуститься. Продолжительность цветения одного соцветия длительная, отдельного цветка – от одного до пяти дней.

Цветки растений *P. fruticosa* исследуемого образца, интродуцированного в ботаническом саду Института биологии, – обоеполые, в диаметре от 2,6 до 3,4 см, полные, актиноморфные, в основном пентамерные.

Все части цветка свободные. Цветки *P. fruticosa* характеризуются образованием двойной чашечки зеленого цвета. Чашечка подпестичная, не сросшаяся. Поверхность чашечки опушена. По форме внешние чашелистики продолговатолinéйные с заостренной вершиной, отдельные, длиной от 4,5 до 7,7 мм и шириной от 1 до 2,3 мм, зеленые. Число лепестков как внешнего, так и внутреннего кругов равно пяти. Внутренние лепестки по форме треугольные или ланцетовидные, желтовато-зеленые от 6,6 до 7,9 мм длины и 3,2–4,7 мм ширины. Два круга чашелистиков, лепестки и тычинки сростаются с цветоложем и образуют блюдцевидный гипантий. Чашечка подпестичная, раздельнолистная, увядает после цветения и остается при плоде. Венчик желтого цвета, раздельнолепестный, пентамерный, но иногда встречаются цветки с 6 лепестками. Лепестки гладкие, без опушения, округлые или яйцевидные длиной 8,2–13,2 мм и шириной 9,1–14,0 мм. Венчик опадает после отцветания цветка. Андроцей свободный, представлен тычинками, которых насчитывается от 22 до 33 шт. Тычинки прикреплены основанием, по положению в пространстве – прямые и отогнутые. Относительно друг друга – неравные, длиннее геницея, подпестичные. Тычинка состоит из тычиночной нити и пыльника. Тычиночная нить цилиндрическая, голая, длиной от 1,1 до 2,7 мм. Связник продолжает тычиночную нить, по форме – треугольный или яйцевидный. Пыльник состоит из двух половинок, соединенных между собой связником, который прикреплен к тычиночной нити неподвижно, прямостоячий, занимает верхушечное положение. Пыльники достигают своего максимального размера перед опылением в закрытом бутоне. Длина пыльника от 0,7 до 1,2 мм, ширина от 0,6 до 0,9 мм. Пыльники по длине не равные, короче тычиночных нитей, сердцевидной или яйцевидной формы. Открываются трещинами, когда на пыльнике образуются продольные отверстия. Место разрыва пыльника продольное. При раскрытии пыльников пыльца высевается внутрь цветка. Гинецей апокарпный, представлен 34–62 пестиками. Пестик образован одним плодолистиком и состоит из завязи, стилодия и рыльца. Завязь верхняя, одногнездная, яйцевидной формы, длиной 0,55–0,75 мм, шириной 0,4–0,5 мм, густо опушена длинными простыми волосками. Стилодий прямой или восходящий, отходит почти от основания завязи. На верхушке стилодия располагается округлое рыльце в диаметре около 0,4 мм. После отцветания стилодии увядают, но остаются на завязи.

Наряду с нормально сформированными цветками имеются и аномальные. Встречались цветки с четырьмя внешними чашелистиками, один из которых двулопастной; с пятью внешними чашелистиками, один, либо четыре из которых двулопастные; с семью внешними чашелистиками, где два из них двулопастные. Наблюдались цветки с шестью лепестками.

Для *P. fruticosa* характерен утренний максимум распускания цветков, начало распускания происходит с восходом солнца. Цветки распускаются однократно, цветут от одного до пяти дней в зависимости от метеоусловий. Согласно литературным данным *P. fruticosa* относится к энтомофилам. Одним из приспособлений к ксеногамному опылению насекомыми у *P. fruticosa* являются желтая окраска лепестков, делающая их хорошо заметными. В Горном Алтае цветки посещают 56 видов насекомых, принадлежащих к 5 отрядам – перепон-

чатокрылые (17 видов), двукрылые (28 видов), полужесткокрылые (3 вида), жесткокрылые (6 видов) и сетчатокрылые (2 вида) (Годин, 2009).

Установлено, что у растений *P. fruticosa* местной репродукции образца привезенного из Горно-Алтайского ботанического сада происходит формирование многопорядковых соцветий с высоким обилием цветков, последовательное цветение в течение длительного периода, а также образование фертильных семян и наличие самосева. В результате изучения биоморфологических особенностей цветка *P. fruticosa* выявлено, что данный образец представлен растениями с обоеполыми цветками. Определена продолжительность жизни цветка (1–5 суток) и суточный ход распускания цветков в соцветии в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми. Способность интродуцентов к размножению и самовозобновлению служит одной из характеристик успешности интродукции, а устойчивость репродуктивных органов культурных растений к неблагоприятным факторам внешней среды является одним из важнейших показателей онтогенетической адаптации. Следовательно, изучаемый образец *P. fruticosa* местной репродукции в значительной степени отвечает данному положению и является перспективным интродуцентом в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми.

Литература

Годин В. Н. Половая структура ценопопуляций *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) в естественных условиях Горного Алтая // Бот. журн., 2002. Т. 87 № 9. С. 92–99.

Годин В. Н. Половой полиморфизм как фактор адаптации *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz в Алтае-Саянской горной области: Автореф. дис. ... доктора биол. наук. Новосибирск. 2009. 31 с.

Иванова З. Я. Курильский чай. М., 2005. 64 с.

Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 791 с.

Комаревцева Е. К. Онтогенез и структура ценопопуляций *Pentaphylloides fruticosa* (Rosaceae) Горного Алтая // Растительные ресурсы, Вып. 1. Т. 41. 2005. С. 27–35.

Федоров А. А., Артющенко З. Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Цветок. Л., 1975. С. 177.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БИОДИАГНОСТИКЕ ПРИРОДНЫХ СРЕД ПО БИОХИМИЧЕСКИМ РЕАКЦИЯМ ФОТОТРОФНЫХ ОРГАНИЗМОВ

С. Ю. Огородникова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
Вятский государственный гуманитарный университет,
svetao_05@mail.ru

В последнее время особенно актуальным стал поиск и разработка новых методов биодиагностики, позволяющих в короткие сроки получить полную информацию о степени техногенного влияния на компоненты окружающей среды. В этом плане наиболее перспективным может быть использование биохимических ответных реакций растений на действие неблагоприятных факторов. Из-

вестно, что действие стресс факторов вызывает изменение биохимических процессов в растительной клетке: происходит накопление активных форм кислорода, в ответ происходит активация антиоксидантных ферментов, накопление веществ с антиоксидантными свойствами, при высокой силе стресс-фактора активируются процессы перекисного окисления липидов, что приводит к окислительной деградации пигментов, белков, нуклеиновых кислот (Лукаткин, 2002; Полесская, 2007). Все перечисленные изменения происходят в первые часы действия неблагоприятного фактора на растительный организм и могут быть использованы для ранней диагностики негативных изменений в окружающей среде.

Целью работы было изучение биохимических реакций растений на действие поллютантов для разработки на их основе методов биодиагностики качества среды.

Было изучено влияние широкого спектра поллютантов на биохимические показатели жизнедеятельности фототрофных организмов. Опыты проводили на высших растениях и цианобактериях. Биохимические показатели (активность пероксидаз, дегидрогеназ, интенсивность процессов перекисного окисления липидов, содержание пигментов, пролина) определяли общепринятыми методиками.

Активность пероксидаз. Изучено влияние кратковременного и хронического действия поллютантов на активность пероксидаз в растительных клетках.

В первые часы после кратковременного действия пиррофосфата натрия (ПФН) и метилфосфоновой кислоты (МФК) происходит значительная активация пероксидаз в корнях и листьях ячменя. В первую очередь возрастание активности пероксидаз происходит в корнях, далее в листьях ячменя, что, по-видимому, связано со способом обработки растений – погружением корней в растворы токсикантов (Свинолупова, Огородникова, 2011). Пероксидаза является ферментом, регулирующим внутриклеточное содержание перекиси водорода (Рогожин, 2004; Полесская, 2007). Возрастание активности пероксидаз свидетельствует об увеличении концентрации перекиси водорода в растительных клетках в первые часы действия стресс-фактора, далее происходит восстановления активности пероксидаз до контрольного уровня, что является следствием снижения концентрации АФК в растительных клетках.

В растениях ячменя, выращенных в условиях хронического загрязнения (ПФН, МФК, фторидом натрия (ФН)), происходит изменение активности пероксидаз, которое сохраняется на протяжении всего периода наблюдений (14 дней). Поллютанты разной химической природы вызывали возрастание активности пероксидаз в корнях растений (Свинолупова и др., 2013). В большей степени активацию пероксидаз в корнях вызывали МФК и ФН, в этих же вариантах опыта выявлено снижение активности фермента в листьях. Такие разнонаправленные изменения активности пероксидаз свидетельствуют о значительных изменениях про/антиоксидантного равновесия в растительных клетках под влиянием изученных токсикантов, и возможно, связаны с различиями механизмов защиты в клетках гетеротрофных и фототрофных тканей растений ячменя.

Активность пероксидаз в растительных клетках служит индикатором функционального состояния растений и может использоваться в биодиагностике качества окружающей среды. Однако следует учитывать, что активность пероксидаз очень динамичный показатель, который зависит от множества факторов разной природы. Поэтому для получения объективной оценки состояния среды необходимо отслеживать данный показатель в динамике.

Активность дегидрогеназ. Прорастание семян сопровождается активацией различных физиолого-биохимических процессов, которые направлены на обеспечение энергией клеток зародыша. В первые часы набухания, в клетках активируются дегидрогеназы (Верхотуров, 2008). Жизнеспособность семян оценивают по показателю активности дегидрогеназ в клетках.

ПФН и МФК в изучаемом диапазоне концентраций (0,01–0,1 моль/л) вызвали изменение активности дегидрогеназ в семенах ячменя. В присутствии ПФН разной концентрации активность дегидрогеназ в семенах при прорастании была близка к контролю. Четкой зависимости между концентрацией ПФН в растворе и жизнеспособностью семян не выявлено, что, возможно связано с низкой персистентностью ПФН. В присутствии МФК, напротив, отмечали тесную корреляцию между активностью дегидрогеназ и концентрацией токсиканта ($r=-0,93$).

Таким образом, показатель активности дегидрогеназ в семенах может быть использован при биотестировании химически загрязненных субстратов, однако следует учитывать специфику поллютантов и особенности биохимических процессов в семенах при прорастании.

Была изучена активность дегидрогеназ в клетках цианобактерий (ЦБ) при действии поллютантов. Для опытов использовали бесцветную соль тетразолия, которая, под влиянием дегидрогеназы в клетках превращается в окрашенный трифенилформаза (Домрачева и др., 2008). Изучение биохимических реакций ЦБ на действие поллютантов является частью комплексных исследований, проводимых под руководством Л. И. Домрачевой.

Определяли количественное накопление формаза в культуре ЦБ *Nostoc linckia* в присутствии солей меди и никеля. Установлено, что под влиянием тяжелых металлов (ТМ) происходило снижение содержания формаза в культуре ЦБ. Ионы меди были более токсичны для *N. linckia*, по сравнению с ионами никеля. Данные по количественному определению формаза фотометрическим методом согласуются с результатами по оценке жизнеспособности клеток, полученными тетразолюльно-топографическим методом (Огородникова и др., 2013). Выявлена тесная корреляция между результатами по оценке токсичности ТМ для ЦБ, полученными разными методами ($r=0,82$).

Следовательно, при использовании ЦБ в качестве тест-организмов для оценки степени загрязнения окружающей среды, можно использовать показатель количественного определения формаза в клетках цианобактерий.

Интенсивность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ). Изучено влияние поллютантов на интенсивность процессов ПОЛ в клетках высших растений. Опыты проводили на проростках ячменя, которые выращивали в присутствии поллютантов: ацетат свинца и нефть. Разные по строению и свой-

ствам поллютанты вызывают сходные ответные реакции в растительных клетках (Огородникова, 2009). Отмечали изменение интенсивности ПОЛ в листьях проростков. Под влиянием ацетата свинца происходило снижение активности ПОЛ в первые сутки опыта, на вторые сутки активность ПОЛ была близка к контролю. В опыте с нефтью активацию ПОЛ отмечали на вторые сутки. Снижение активности ПОЛ в начале опыта, по-видимому, происходит за счет активации антиоксидантных ферментов, в том числе и пероксидазы. Подобные эффекты мы отмечали и при действии на растения МФК (Свинолупова, Огородникова, 2011).

Таким образом, на первом этапе ответной реакции интенсивность процессов ПОЛ может снижаться, что, по-видимому связано с активацией антиоксидантной системы в клетках. В дальнейшем, в зависимости от силы действия, стресс-фактора может происходить восстановление интенсивности процессов ПОЛ до исходного уровня или возрастание данного показателя. Высокая активность процессов ПОЛ свидетельствует об окислительных повреждениях в растительных клетках и указывает на неблагоприятные изменения в среде обитания.

Изучено влияние поллютантов на интенсивность процессов ПОЛ в клетках ЦБ. Опыты проводили на альгологически чистых культурах трех видов ЦБ из коллекции фототрофных микроорганизмов Вятской ГСХА. В накопительные культуры ностоков вносили изучаемые токсиканты. Установлено, что поллютанты разной химической природы (тяжелые металлы, хлорид натрия, бензин, пестицид – трефлан) вызывали возрастание интенсивности процессов ПОЛ в клетках ЦБ. Показана зависимость между показателями: интенсивность ПОЛ и жизнеспособность клеток ЦБ (Огородникова и др., 2010).

Таким образом, в условиях химического загрязнения происходит значительная активация процессов ПОЛ в клетках ЦБ, данный показатель может быть использован для биодиагностики состояния окружающей среды.

Содержание пролина. Отмечали, что через час после инкубации растений на растворах поллютантов (ПФН, МФК, ФН) содержание пролина в тканях снижалось, в среднем на 14% по сравнению с контролем (Чиванова и др., 2013). Ранее в литературе также описаны случаи снижения накопления пролина в листьях растений на 5–10% при краткосрочном (2-х часовом) действии токсикантов (Фазлиева и др., 2012). Накопление пролина в ответ на действие стресс-факторов является довольно быстрой реакцией. Однако на первом этапе адаптационного процесса не достигается максимальная внутриклеточная концентрация пролина (Кузнецов, Шевякова, 1999).

Через сутки после инкубации на растворах токсикантов отмечали различия в ответных реакциях растений. Так, МФК вызывала снижение уровня пролина по сравнению с контролем на 13%. Инкубация растений на растворах ПФН и ФН, напротив, индуцировала накопление пролина, на 34 и 21% соответственно.

Таким образом, изменение уровня пролина в растительных тканях зависит от химической природы поллютанта и времени его воздействия. Не все токсиканты однозначно вызывают накопление пролина, некоторые могут приводить к снижению уровня аминокислоты, поэтому необходимо проведение мо-

дельных лабораторных экспериментов для уточнения специфики ответных реакций растений.

Содержание антоцианов. Антоцианы обладают разносторонним действием на физиологические процессы в растительных клетках и, как в последнее время считают, участвуют в системной приобретенной устойчивости растений к стрессовым факторам (Чупахина, 1997; Лапин и др., 2007).

Установлено, что разные по строению и свойствам поллютанты вызывают повышение уровня антоцианов в растительных тканях. В большей степени, в 2 раза, увеличивалось содержание антоцианов в листьях растений, выращенных на водной культуре в присутствии нефти, ацетат свинца вызывал достоверное (на 16%) возрастание уровня вакуолярных пигментов (Огородникова, 2009).

Хроническое действие МФК и ПФН индуцирует накопление в растительных клетках антоцианов. В опыте с загрязнением субстрата МФК отмечали возрастание концентрации антоцианов на 94% по сравнению с контролем. Выявлено существенное – в 2,5 раза возрастание уровня антоцианов в листьях растений, выращенных в условиях загрязнения ПФН (Свинолупова, Огородникова, 2012).

Повышение уровня антоцианов в клетках растений направлено на снижение уровня АФК и способствует выживанию растений в условиях химического загрязнения. Содержание вакуолярных пигментов антоцианов в растениях является индикатором физиологического статуса растений и может быть использовано в биодиагностике качества окружающей среды.

Содержание пластидных пигментов. Проведено изучение пигментного комплекса травянистых растений, произрастающих в условиях городской черты. Отбирали листья растений на 3 перекрестках города Кирова, которые отличаются разным уровнем автотранспортной нагрузки. Накопление пластидных пигментов в условиях антропогенной нагрузки зависит от вида растения. В листьях подорожника, отобранных с перекрестков города, отмечали сниженное содержание зелёных пигментов, по сравнению с растениями фонового участка, каротиноиды были более устойчивы к действию загрязнения.

Снижение накопления хлорофиллов выявлено только в листьях одуванчика, произрастающего в условиях высокой автотранспортной нагрузки. Содержание каротиноидов в листьях одуванчика, напротив, увеличивалось в ряду перекрестков от менее загруженного автотранспортом к более загруженному (Житлухина и др., 2011).

Таким образом, под влиянием высокой автотранспортной нагрузки в листьях изученных видов растений происходит снижение уровня хлорофиллов. Каротиноиды характеризуются большей стабильностью, и в зависимости от вида растений, их содержание или не изменяется или возрастает с увеличением интенсивности действия неблагоприятных факторов. Содержание пластидных пигментов может быть использовано в качестве индикатора физиологического статуса растений в биоиндикационных исследованиях.

Изучено влияние поллютантов на содержание хлорофилла а в клетках ЦБ.

В первой серии опытов изучена токсичность разных концентраций МФК ($1 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-1}$ моль/л) для биопленок ЦБ с доминированием *Nostoc commune*. Под влиянием МФК в концентрациях $1 \cdot 10^{-5}$ – $2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л уровень хлорофилла а снижался в среднем на 17% по сравнению с контролем. Действие МФК в более высоких концентрациях приводило к серьёзным нарушениям в пигментном комплексе, концентрация хлорофилла а в клетках снижалась на 30–50% по сравнению с контрольным уровнем.

Во второй серии модельных опытов изучено влияние ТМ на содержание хлорофилла а в клетках ЦБ. Ионы никеля в концентрации 20 мг/дм³ не оказывали токсического действия на ЦБ, отмечали накопление хлорофилла в клетках. Ионы меди, напротив, вызывали существенное снижение уровня хлорофилла а в клетках ЦБ. Одновременно со снижением содержания хлорофилла а в клетках ЦБ отмечали возрастание количества феофитина. Совместное присутствие ионов никеля и меди оказывало летальное действие на клетки ЦБ, отмечали разрушение хлорофилла и накопление продукта распада хлорофилла – феофитина (Горностаева и др., 2013).

Таким образом, в модельных опытах показано, что накопление хлорофилла в клетках ЦБ может быть хорошим индикатором степени токсичности тестируемых растворов.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Для разработки методов биоиндикации не следует использовать очень чувствительные биохимические показатели жизнедеятельности растений, такие как активность пероксидаз. Активность пероксидаз очень динамичный показатель, который меняется достаточно быстро в ответ на действие широкого спектра факторов, поэтому очень сложно судить о влиянии именно химического загрязнения на активность фермента.

2. Показатель активности дегидрогеназ в клетках ЦБ перспективно использовать для биотестирования химически загрязненных сред, тогда как активность дегидрогеназ в семенах не является информативным индикатором загрязнения среды, что связано с особенностями биохимических процессов в семенах при прорастании.

3. Перспективными для разработки методов биоиндикации являются биохимические показатели растений, такие как интенсивность процессов перекисного окисления липидов и содержание аминокислоты пролин. Однако, следует учитывать особенности изменения данных показателей в ответ на действие стресс-фактора в динамике. В первые часы после действия неблагоприятного фактора происходит снижение интенсивности ПОЛ и содержания пролина, в последующее время отмечается увеличение данных показателей в растительных клетках.

4. Состояние пигментного комплекса растений является хорошим индикатором физиологического статуса растений и может использоваться в биоиндикации и биотестировании качества природных сред. Химическое загрязнение среды вызывает накопление вакуолярных пигментов – антоцианов, снижение содержания хлорофиллов, каротиноиды более устойчивы к действию поллю-

тантов, однако при высокой силе стресс-фактора может происходить накопление каротиноидов, выполняющих протекторную функцию.

5. Таким образом, биохимические показатели жизнедеятельности растений могут быть использованы для разработки чувствительных экспресс-методов биоиндикации и биотестирования.

Литература

Горностаева Е. А., Фокина А. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И., Лаптев Д. С., Сланикова Е. М. Потенциал природных биоплёнок *Nostoc commune* как сорбентов тяжёлых металлов в водной среде // Вода: химия и экология, 2013. № 1. С. 93–101.

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.

Житлухина И. С., Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Изучение пигментного комплекса и содержания аскорбиновой кислоты в листьях растений, произрастающих в условиях городской среды // Экология родного края: проблемы и пути решения: Матер. Всерос. молод. науч.-практ. конф. Киров, 2011. С. 147–149.

Кузнецов В. В., Шевякова Н. И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм. Регуляция // Физиология растений, 1999. Т. 46. №. 2. С. 321–336.

Лапин А. А., Борисенков М. Ф., Карманов А. П. Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения // Химия растительного сырья. 2007. № 2. С. 79–83.

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

Огородникова С. Ю. Химическое загрязнение и окислительные процессы в растительных тканях // Аграрная Россия, 2009. Спец. выпуск. С. 95.

Огородникова С. Ю., Зыкова Ю. Н., Березин Г. И., Домрачева Л. И., Калинин А. А. Реакция различных видов цианобактерий рода *Nostoc* на действие токсикантов // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения профессора Э.А. Штиной. Киров, 2010. С. 216–221.

Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И., Горностаева Е. А., Фокина А. И. Методические подходы к количественному определению формазана в клетках цианобактерий // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Материалы XI Всерос. науч.-практ. конф.-выставки инновационных экологических проектов с междунар. участием. Киров: ООО «Лобань», 2013. С. 48–51.

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

Рогожин В. В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб.: ГИОРД, 2004. 240 с.

Свинолупова Л. С., Огородникова С. Ю. Динамика биохимических реакций растений на действие фосфорсодержащих соединений // Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий: Материалы докладов в двух частях VII Съезда Общества физиологов растений России. Ч. II. Нижний Новгород, 2011. С. 518–519.

Свинолупова Л.С., Огородникова С.Ю. Влияние пиррофосфата натрия на антиоксидантную систему защиты растений ячменя // Агрехимия, 2012. № 6. С. 84–88.

Свинолупова Л. С., Чиванова С. В., Огородникова С. Ю. Сравнительная характеристика биохимических реакций растений на загрязнение почвы фосфор- и фторсодержащими соединениями // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. Киров, 2013. С. 119–122.

Фазлиева Э. Р., Киселева И. С., Жуйкова Т. В. Антиоксидантная активность листьев *Melilotus albus* и *Trifolium medium* из техногенно нарушенных местообитаний Среднего Урала при действии меди // Физиология растений, 2012. Т. 5. № 3. С. 369-375.

Чиванова С. В., Свинолупова Л. С., Огородникова С. Ю. Влияние фосфор- и фторсодержащих соединений на накопление пролина в растительных тканях // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Матер. IV междунар. науч.-практ. конф. Владикавказ, 2013. Ч. 2. С. 34–37.

Чупахина Г. Н. Система аскорбиновой кислоты растений. Калининград: Изд-во КГУ, 1997. 120 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

А. Ю. Луговская¹, Е. П. Храмова², Л. К. Трубина¹,
О. В. Тарасов³, Е. И. Крылова³

¹ Сибирская государственная геодезическая академия, *aulyg@mail.ru*,

² Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, *khramova@ngs.ru*,

³ ФГУП «Производственное объединение Маяк»

Для оценки стрессового воздействия техногенного характера на растения применяют различные подходы, в том числе определяют количественные изменения анатомо-морфологических и физиолого-биохимических показателей. Обнаружение и оценка этих изменений в сочетании с физико-химическими методами дают достоверную картину условий места произрастания растений и отражают состояние окружающей среды.

В Уральском регионе сложилась особая радиоэкологическая ситуация. Сформированный в 1957 г. в результате аварии на ПО «Маяк» Восточно-Уральский радиационный след (ВУРС) уже более 50-ти лет является уникальным полигоном для проведения экспериментальных работ в природе. На отчужденной территории в головной части ВУРСа в 1966 г. был организован Восточно-Уральский государственный заповедник (ВУГЗ).

Для исследования биологического влияния малых доз ионизирующей радиации на растения в качестве модельного объекта выбрана *Potentilla fruticosa* L. - лапчатка кустарниковая.

Цель работы – выявление изменений морфологических параметров лапчатки кустарниковой в условиях загрязнения среды радионуклидами.

Исследования проводились на территории ВУРСа. Объектами изучения были растения *P. fruticosa*, высаженные саженцами в 2004 г. на трех участках ВУГЗа с разным уровнем загрязнения радионуклидами ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Участки выбраны с учетом падения градиента радионуклидного загрязнения. В качестве «условного» контроля выбран участок, который расположен на центральной трансекте, но за пределами восточной части заповедника на окраине н.п. Метлино (участок 4).

Участок 1 находится в головной части ВУРСа на оси следа в районе старой дороги с деревянным покрытием в 6-ти км от места аварии 1957 г. Участок 2 расположен на оси следа на южном берегу оз. Бердениш в 12 км от места ава-

рии. Участок 3 расположен в разреженном березняке к востоку от оз. Урускуль в 15 км от места аварии. Радиационная характеристика участков дана в таблице 1.

Таблица 1

Радиационная характеристика участков зоны ВУРСа

Характеристики	участок 1	участок 2	участок 3
Средняя плотность загрязнения по ^{90}Sr , МБк/м ²	133,5	17	0,07
Средняя плотность загрязнения по ^{137}Cs , кБк/м ²	8400	900	160
Мощность эквивалентной дозы на уровне почвы, мкЗв/ч	3,1±0,8	1,26±0,29	0,16
Плотность потока β-частиц на поверхности почвы, частиц/мин·см ²	2180±150	820±270	9

С каждого растения на каждом из четырех опытных участков равномерно по всей кроне отбирали по 5–10 годичных побегов в период начала вегетации, разделяли на листья и стебли и формировали среднюю пробу для последующего измерения морфометрических параметров.

Промер морфологических параметров выполнен методом компьютерного анализа изображений. Для измерения метрических параметров листа проводили съемку цифровой камерой с последующей обработкой снимков и интерпретацией результатов средствами геоинформационных технологий и электронных таблиц, используя программное обеспечение MapInfo и Microsoft Excel. Метрические признаки листовых пластинок измеряли в следующей последовательности: длина черешка листа; длина листовой пластинки; ширина листовой пластинки; ширина конечной доли; длина конечной доли.

Для оценки величины флуктуирующей асимметрии (ФА) конечной доли листовой пластинки *P. fruticosa* использовали набор из 4-х морфологических признаков, характеризующих стабильность формообразования листа в онтогенезе: 1 – ширина левой и правой половинок листа (от границы центральной жилки до края листа); 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих же жилок.

Расчет интегрального показателя флуктуирующей асимметрии (ФА) комплекса морфологических признаков листовой пластинки производили с использованием алгоритма нормированной разности (Захаров и др., 2000):

$$FA_{ij} = \frac{1}{m \cdot n} \sum_{i=1}^m \cdot \sum_{j=1}^n \frac{|L_{ij} - R_{ij}|}{(L_{ij} + R_{ij})}$$

где L_{ij} и R_{ij} – значение j -го признака у i -го листа соответственно слева и справа от плоскости симметрии. m – количество анализируемых признаков; n – объем выборки листьев. По балльной шкале для интегрального показателя величины флуктуирующей асимметрии листа яблони определяли уровень загрязнения окружающей среды (Кузнецов, Голышкин, 2008).

Анализ морфологических признаков *P. fruticosa*, выращенной в условиях разного радионуклидного загрязнения и контроля, показал, что радиационное воздействие привело к значительному уменьшению размеров листовой пластинки, прироста годичного побега и уменьшению черешка листа в длину по

сравнению с фоновыми образцами (табл. 2). Скорее всего, снижение прироста побегов у импактных растений связано с подавлением ростовых процессов и апикального доминирования у побегов, что находит подтверждение в литературных данных (Федоров и др., 1993; Мартюшов и др., 1998; Позолотина, 2003). По мере снижения радиационной нагрузки у растений с участков ВУГЗа наблюдалась тенденция к увеличению длины годичного побега и площади листовой пластины, но различия между выборками статистически не значимы, за исключением растений с участка 4.

Минимальное количество листьев на годичном побеге отмечено у растений с участка 1, но различия между исследованными признаками статистически незначимы.

Таблица 2

**Морфометрические показатели *Potentilla fruticosa*
из разных по уровню загрязнения участков ВУРСа**

Морфометрические параметры	Участки зоны ВУГЗа			Участок вне зоны ВУГЗа
	1	2	3	
площадь листа, мм ²	159,87±51	258,25±41,2	490,05±56,1	629,55±83,2
периметр листа, мм	130,28±32	220,82±37,2	430,1±43,3	357,67±32,1
длина листа, мм	16,72±3,9	27,20±2,1	36,28±2,7	40,71±5,7
ширина листа, мм	19,59±4,3	23,49±3,1	29,24±2,1	31,65±6,7
площадь конечной доли, мм ²	27,6±12,3	30,2±11,1	44,3±10,1	68,4±32,1
периметр конечной доли, мм	21,0±8,1	24,9±7,4	33,1±5,9	46,3±11
длина конечной доли, мм	10,3±2,9	9,2±3,7	13,9±2,7	19,2±9
ширина конечной доли, мм	4,6±1,1	3,7±2,1	5,1±1,8	7,1±5
длина черешка, мм	7,2±1,7	8,9±1,1	9,3±0,9	10,1±2
длина годичного побега, мм	29,9±9,7	32,1±18,3	35,6±8,7	67,1±20,1
число листьев, шт	5,6±1,2	5,7±1,6	6,3±1,3	6,2±1,4

Анализ флуктуирующей асимметрии по каждому признаку проводился путем определения дисперсии асимметрии – относительной величины различия в промерах слева и справа, отнесенного к их сумме. Такой подход позволяет выявить экологическую разнородность качества среды и определить степень отклонения от экологического оптимума в каждой конкретной точке. Как показали результаты исследования, величина флуктуирующей асимметрии конечной доли лапчатки кустарниковой в обследованных точках варьировала: 1 участок – 0,186; 2 участок – 0,167; 3 участок – 0,160 и в контроле – 0,059.

Для определения уровня загрязнения окружающей среды использована 5-балльная шкала оценки стабильности растения яблони (Кузнецов, Голышкин, 2008), согласно которой за норму принимается $FA \leq 0,100$ (1 балл), переход от нормы к загрязнению $0,099 \leq FA \leq 0,119$ (2 балла), загрязнение $0,120 \leq FA \leq 0,139$ (3 балла), сильное загрязнение $0,140 \leq FA \leq 0,159$ (4 балла), критическое загрязнение $FA \geq 0,160$ (5 баллов).

В нашем эксперименте значение FA в контроле равняется 1 баллу, а на участках ВУГЗа – 5 баллов, что соответствует критическому уровню загрязнения.

Таким образом, радиационное воздействие вызвало уменьшение поверхности листа и конечной доли, прироста годичного побега и длины черешка листа, количества листьев на побеге у *P. fruticosa*.

Литература

Захаров В. М., Чубинишвили А. Т., Дмитриев С. Г., Баранов А. С. Здоровье среды: Практика оценки. М.: Центр экологической политики России. 2000. 320 с.

Кузнецов М. Н., Голышкин Л. В. Сравнительная характеристика особенности флуктуирующей асимметрии листьев яблони в разных экологических условиях // С.-х. биология, 2008. № 3. С. 72–77.

Мартюшов В. З., Смирнов Е. Г., Тарасов О. В. и др. Накопление стронция-90 кустарниками на территории Восточно-Уральского государственного заповедника // Вопросы радиационной безопасности, 4. 1998. 42.

Позолотина В. Н. Отдаленные последствия действия радиации на растения. Екатеринбург, 2003. 244 с.

Федоров Е. А., Смирнов Е. Г., Гуро Н. В. Накопление стронция-90 кустарниковым ярусом березового леса // Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. Сб. М.: Наука, 1993. С. 68.

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО И РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТЕНИЯ *TARAXACUM OFFICINALE* ИЗ ХРОНИЧЕСКИ ОБЛУЧАЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ

Л. Н. Перминова¹, Т. А. Майстренко²

¹ Сыктывкарский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

Lidodooo@yandex.ru

Масштабное антропогенное загрязнение окружающей среды представляет опасность как для человека, так и для биоты, поэтому изучение механизмов действия поллютантов требует пристального внимания экологов. Особую актуальность в решении данной проблемы представляют оценка и прогнозирование возможных эффектов, возникающих при одновременном воздействии различных токсикантов, поскольку именно совместное присутствие факторов разной природы чаще всего можно встретить в естественных условиях. Одним из видов антропогенного воздействия на экосистемы является радиоактивное загрязнение окружающей среды. Источники такого загрязнения могут быть различны. В большинстве случаев территории, подверженные радиоактивному загрязнению, также испытывают нагрузку в виде повышенного содержания в почвах тяжелых металлов.

Цель данной работы: оценить влияние дополнительного химического и радиационного воздействия на растения из хронически облучаемых природных популяций.

Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить репродуктивные способности растений *Taraxacum officinale* из хронически облучаемых природных популяций по показателям всхожести и

выживаемости семян, а также их изменение при дополнительном химическом и радиационном воздействии;

2. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы об устойчивости ценопопуляции в данных условиях к антропогенному воздействию.

Предметом нашего исследования является выявление взаимосвязи между уровнем загрязнения среды обитания радионуклидами и тяжёлыми металлами и устойчивостью ценопопуляций травянистых растений к данным видам антропогенного воздействия. Для установления взаимосвязи необходимо понимать механизмы и закономерности формирования индуцируемых биологических эффектов в растительных системах.

Биологическое действие радиации на растения начинается на уровне молекул и клеток. Действие радиации на отдельных особей может проявляться в виде морфологических аномалий, повышенной заболеваемости, наследственных эффектов, изменении физиологических процессов (перекисные процессы, дыхание и пр.). Изменения на уровне клетки и организма способны оказывать воздействие на такие параметры популяции, как здоровье и репродуктивная способность. При воздействии тяжелых металлов на растения происходит замещение в молекулах позиций жизненно важных функциональных групп, что может сопровождаться нарушением клеточного метаболизма и физиологических процессов. Нередко у растений, произрастающих на территориях с повышенным содержанием в почвах тяжелых металлов, отмечают такие эффекты как ингибирование фотосинтеза, нарушение транспорта веществ, минерального питания, изменение водного и гормонального статусов растения и торможение роста. Наиболее устойчивым в развитии растений к действию токсикантов является период покоя семян. Это обусловлено низкой проницаемостью семенной кожуры для химических веществ и резким снижением интенсивности обмена веществ и скорости роста, то есть уменьшением вероятности возникновения нарушений при делении клеток. В тоже время ювенильная фаза онтогенеза напротив, является наиболее чувствительной.

В условиях загрязнения окружающей среды естественными или искусственными радионуклидами и тяжёлыми металлами в зависимости от типа, продолжительности и силы воздействия может снижаться качество семенного воспроизводства, так как стадии гаметогенеза, зиготы, первых этапов прорастания семян очень чувствительны к токсическим воздействиям. Это приводит впоследствии к снижению продуктивности фитоценоза и упрощению его видовой и трофической структуры.

Одной из первоочередных задач исследования было определение энергии прорастания, всхожести и выживаемости семян, собранных с растений из природных популяций с антропогенно загрязнённых территорий.

Для характеристики радиационной обстановки и уровня химического загрязнения на участках сбора семян измеряли γ -фон, а также содержание радионуклидов и тяжёлых металлов в поверхностном слое почвы. Максимальные уровни γ -фона на исследуемых участках 2 и 3 превышают фоновые значения в 10 и 100 раз соответственно.

Среди всего разнообразия растительных тест-систем наиболее удобными являются виды дикорастущей флоры. В качестве объектов исследования были использованы созревшие семена растений *Taraxacum officinale*, собранные в конце вегетационного периода 2013 г. в окрестностях п. Водный Республики Коми, на территории с повышенным содержанием в почве радионуклидов и тяжёлых металлов. Данные популяции травянистых растений испытывали хроническое сочетанное действие ионизирующего излучения и тяжелых металлов.

В качестве фактора дополнительного радиационного воздействия мы использовали острое γ -облучение от источника ^{137}Cs (мощностью 1,3 Гр/мин), а в качестве дополнительной химической нагрузки – действие растворов нитрата Рв. Свинец – типичный фитотоксикант, все его соединения очень ядовиты. Он влияет на синтез белка, энергетический баланс клетки, подавляет процессы фотосинтеза, препятствует поступлению некоторых микроэлементов в организм и снижает урожайность растений.

Перед посевом семена были перебраны, выбраны неповрежденные, внешне здоровые. Подготовленные семена были рассортированы на три группы. Первая группа семян являлась контрольной, на нее не было оказано никаких дополнительных воздействий. На вторую группу семян было оказано дополнительное химическое воздействие. Проращивание семян проводили в растворах нитрата свинца, с концентрациями 3 и 30 мкмоль/л. На третью группу семян было оказано дополнительное радиационное воздействие в двух дозах 100 и 200 Гр. Семена проращивали в дистиллированной воде на фильтровальной бумаге в чашках Петри по 50 штук.

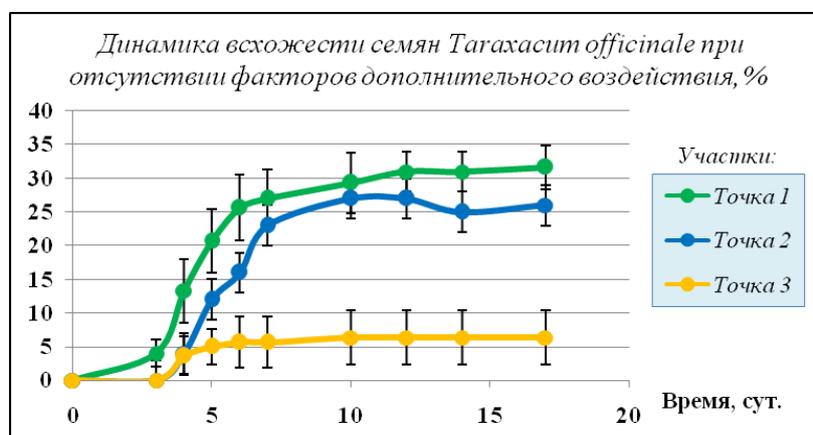


Рис. 1. Динамика всхожести семян *Taraxacum officinale*

Степень влияния факторов на растения оценивали по репродуктивным показателям особей, а именно: определяли энергию прорастания семян, всхожесть и выживаемость проростков. Данные заносили в таблицу для дальнейшей статистической обработки. Определение всхожести семян для каждой точки с конкретным дополнительным воздействием проводили в трехкратной повторности. После чего методом первичной статистической обработки данных с использованием программного приложения Microsoft Office – Excel 2007 рассчитывали среднее значение и ошибку среднего для показателя всхожести семян, а также на основе критерия Стьюдента при уровне значимости 0,05 проверяли

статистическую гипотезу о различии средних значений контрольных и экспериментальных выборок данных.

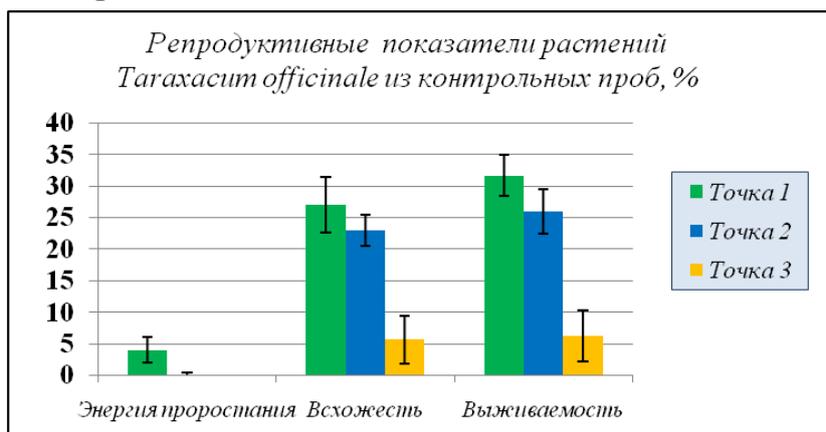


Рис. 2. Репродуктивные показатели растений *Taraxacum officinale* из контрольных популяций

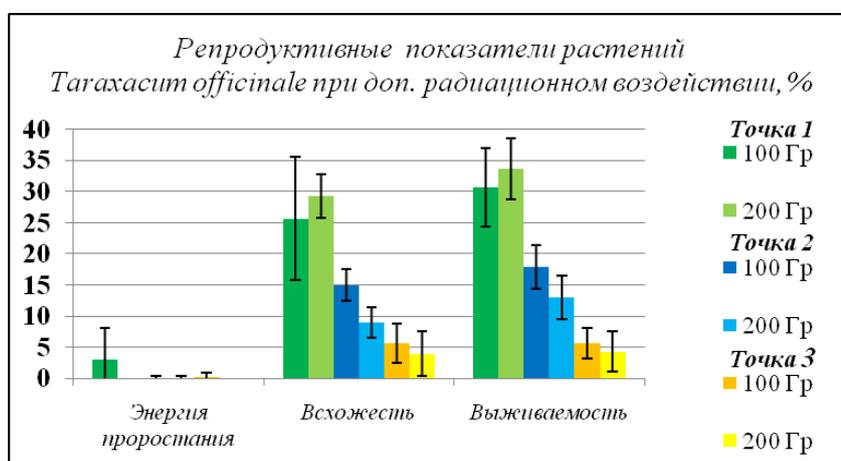


Рис. 3. Репродуктивные показатели растений *Taraxacum officinale* при дополнительном радиационном воздействии

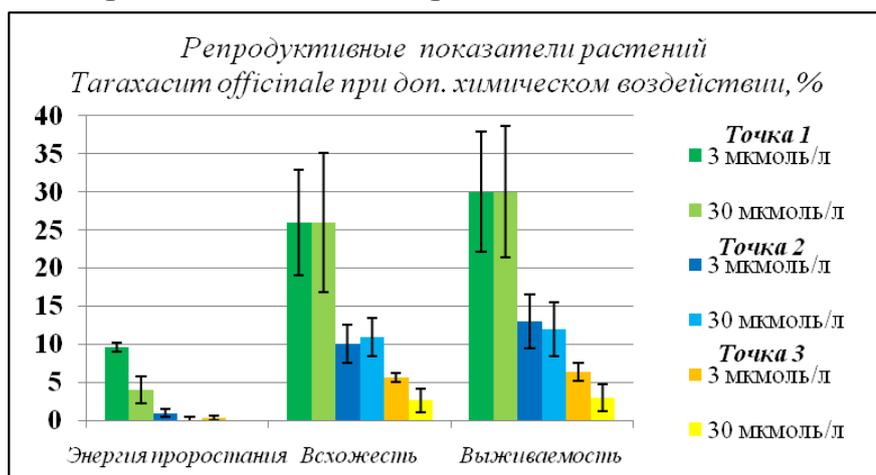


Рис. 4. Репродуктивные показатели растений *Taraxacum officinale* при дополнительном химическом воздействии

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Энергия прорастания семян, всхожесть и выживаемость проростков *Taraxacum officinale* уменьшаются при возрастании уровня радиоактивного и химического загрязнения почвы.

2. Дополнительное радиационное и химическое воздействие на семена растений с участка 2 со средним уровнем антропогенного загрязнения привело к достоверному ($p < 0,05$) снижению значений показателей всхожести и выживаемости во всех вариантах эксперимента.

3. Скорость прорастания семян *Taraxacum officinale* с загрязненных радионуклидами и тяжелыми металлами участков 2 и 3 ниже, чем семян растений с контрольного участка 1.

4. Повышение энергии прорастания семян с контрольного участка 1 при небольшой дополнительной химической нагрузке оказалось достоверными (при $p < 0,05$). Полагаем, что это может быть обусловлено активизацией защитных систем растений.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ НА ТЕРАТОМОРФНОСТЬ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Е. С. Макаренко¹, А. А. Удалова^{1,2}

¹ ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии,

² Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ,
oudalova@mail.ru, makarenko_ek_obninsk@mail.ru

Среди древесных растений хвойные породы наиболее чувствительны к действию ионизирующего излучения и, как следствие, удобны для оценки состояния природных популяций, находящихся в условиях хронического радиационного воздействия. Одним из методов является изучение мужской генеративной сферы растений по морфологическим особенностям пыльцы.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния радиационного воздействия в малых дозах на частоту возникновения тератоморфной пыльцы сосны обыкновенной. Экспериментальные участки расположены приблизительно на 200 км северо-восточнее Чернобыльской АЭС. Сбор образцов проводился в четырех импактных популяциях в Новозыбковском, Клинцовском, Красногорском районах и двух референтных популяциях К и К1 в Выгоничском и Стародубском районах Брянской области. Основным дозообразующим радионуклидом на изучаемых территориях является ¹³⁷Cs; в 2008 году его удельная активность в почве, усредненная по слою почвы 0–15 см, составляла от 2,4 до 56,3 кБк/кг, что превышало контрольный уровень в 47–1081 раз. Удельная активность ⁹⁰Sr в шишках достигала 83 Бк/кг. Годовые дозы облучения генеративных органов составляли 0,14–129,9 мГр (Удалова, 2011). Согласно проведенным в 2013–2014 гг. измерениям, средняя мощность экспозиционной дозы

на радиоактивно загрязненных участках меняется в пределах 40–170 мкР/ч, на референтных участках 9–10 мкР/ч. Все пробные площадки имеют гомогенный древостой, однородные почвенно-климатические условия, содержание тяжелых металлов не превышает предельно допустимые концентрации (Гераськин, 2008).

Пыльцу сосны собирали в середине мая 2013–2014 гг. с 15–16 деревьев по 30 стробилов с дерева, хранили в эксикаторах с CaCl_2 в холодильнике. Исследование проводилось на микроскопе SK-14 при увеличении в 120 раз. Просматривалось по 250 пыльцевых зёрен (ПЗ) на препарат в 3-х кратной повторности для каждого дерева, суммарное количество проанализированных пыльцевых зёрен на участке 11250 штук.

Статистическую обработку экспериментального материала проводили с помощью пакета прикладных компьютерных программ «Microsoft Office Excel 2003». Данные были проверены на наличие выбросов, которые были исключены из дальнейшего рассмотрения. Для определения значимости различий между средними значениями использовали *t*-критерий Стьюдента. В таблицах и на рисунках представлены средние значения и стандартные ошибки среднего.

В норме пыльцевое зерно сосны обыкновенной имеет тело и 2 воздушных мешка (ВМ), образующихся в результате расхождения слоёв экзины, пространство между которыми у сформированного зерна заполнено воздухом. Мешки симметрично расположены и одинаковы по размеру. При изучении аномалий развития пыльцы сосны обыкновенной были выявлены следующие тератоморфные формы: ПЗ линзовидной формы, деградирующая пыльца, ПЗ с сильно редуцированными ВМ, ПЗ с редуцированным телом, пыльца с утончённой экзиной, ПЗ с тремя, четырьмя или одним ВМ. Частоты встречаемости тератоморфной пыльцы в двух референтных популяциях составляют от $3,2 \pm 0,3\%$ до $9,1 \pm 0,7\%$, что соответствует уровню естественного полиморфизма у сосны обыкновенной (3–7%) (Дзюба, 2005). Уровни аномалий одного года в референтных популяциях К и К1 различаются между собой незначимо. На радиоактивно загрязнённых участках частота аномальных пыльцевых зёрен меняется в 2013 г. в пределах от $8,0 \pm 0,6\%$ до $19,8 \pm 2,0\%$, а в 2014 г. от $4,6 \pm 0,4\%$ до $11,2 \pm 2,4\%$. На рис. представлена частота встречаемости всех тератоморфных форм пыльцевых зёрен на референтных и импактных участках в 2013 и 2014 гг. в зависимости от расчетных значений годовой дозы, поглощенной генеративными органами сосны обыкновенной.

Корреляционный анализ показал отсутствие зависимости частоты тератоморфной пыльцы от годовой дозы в 2013 г. ($r=0,21$ $p>0,05$), но значимую корреляцию в 2014 г. ($r=0,90$ $p<0,05$). Зависимости уровня полиморфизма пыльцевых зёрен от мощности экспозиционной дозы, содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в шишках не выявлено. Обнаружена значимая корреляция в 2014 г. с содержанием ^{137}Cs в слое почвы 0–5 см ($r=0,87$, $p<0,05$) и 5–10 см ($r=0,84$, $p<0,05$).

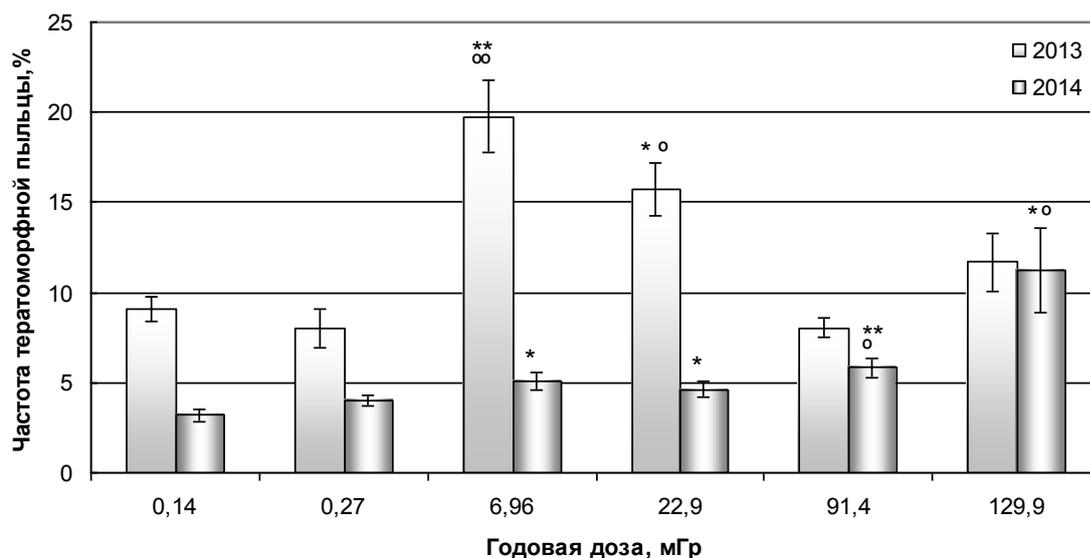


Рис. Частота встречаемости тератоморфных пыльцевых зёрен (%) в зависимости от годовой дозы * и ** – значимые отличия от контроля К, $p < 0,05$ и $p < 0,01$; ° и °° – значимые отличия от контроля К1, $p < 0,05$ и $p < 0,01$, соответственно

Известно, что качество пыльцы сильно меняется в зависимости от многих факторов: погодных условий, состояния и генотипических особенностей дерева (Минина, 1983; Романовской, 1997), а также от сроков сбора пыльцы (Третьякова, 1987). В нашем исследовании пыльцы в 2013 г., наиболее вероятно, вышеперечисленные факторы оказали большее влияние, чем радиационное воздействие. Результаты работы в 2014 г. по оценке состояния пыльцы сосны в условиях хронического радиационного воздействия находятся в соответствии с ранее полученными данными о значимом росте цитогенетических нарушений и генетической изменчивости в изученных популяциях сосны обыкновенной с увеличением дозовой нагрузки (Geras'kin, 2011). Необходимы дополнительные исследования для выявления тератогенеза при различных метеорологических условиях при данном уровне радиационного воздействия.

Литература

Гераськин С. А., Дикарева Н. С., Удалова А. А. и др. Цитогенетические эффекты в популяциях сосны обыкновенной из районов Брянской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная биология. Радиэкология. 2008. Т. 48. № 5. С. 584–595.

Дзюба О. Ф., Куликова Н. К., Токарев П. И. О естественном полиморфизме пыльцы *Pinus silvestris* L. в связи с некоторыми проблемами палеопалинологии // Палинология: теория и практика: Материалы XI Всерос. палинол. конф. М., 2005. С. 65–68.

Минина Е. Г. Геотропизм и пол у хвойных. Новосибирск: Наука, 1983. 197 с.

Романовский М. Г. Формирование урожая семян сосны в норме и при мутагенном загрязнении. М.: Наука, 1997. 112 с.

Третьякова И. Н. О способности пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) прорасти до пыления // Изв. СО АН СССР. Сер. Биол. 1987. Вып. 2. № 14. С. 11–17.

Удалова А. А. Биологический контроль радиационно-химического воздействия на окружающую среду и экологическое нормирование ионизирующих излучений: дис... док. биол. наук. Обнинск, 2011. 434 с.

Geras'kin, S. A., N. S. et al. Cytogenetic damage and reproductive effects in Scots pine populations affected by the Chernobyl accident / Oudalova A.A., Dikareva Ecotoxicology. 2011. V. 20. P. 1195–1208

ВЛИЯНИЕ КАТИОННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗНУЮ И АСКОРБАТОКСИДАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ В ТКАНЯХ ВОДНОГО ПОГРУЖЁННОГО РАСТЕНИЯ *CERATOPHYLLUM DEMERSUM*

С. А. Розина

Самарский государственный университет,
rozina.sa@inbox.ru

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко применяются в промышленности и содержатся во многих средства бытовой химии, их производство ежегодно увеличивается. Почти все ПАВ, используемые в промышленности и домашнем хозяйстве, имеют положительную адсорбцию на частичках земли, песка, глины, при нормальных условиях они могут десорбировать ионы тяжелых металлов, удерживаемые этими частичками.

Большинство ПАВ обладают чрезвычайно широким диапазоном отрицательного влияния как на организм человека и водные экосистемы, так и на качество вод (Воробьёв, 2007). Плёнка ПАВ на поверхности водоёма препятствует проникновению кислорода, создавая условия гипоксии, кроме того, ПАВ могут растворять мембраны клеток.

Целью данной работы стало сравнительное изучение полифенолоксидазной (ПФО) и аскорбинатоксидазной (АО) активности водного погруженного растения *Ceratophyllum demersum* при воздействии катионного ПАВ (в составе ополаскивателя для белья «Дося», 1% водный раствор), с последующей реабилитацией.

Объектом исследования был выбран пресноводный макрофит роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.), принадлежащий к семейству роголистниковых (*Ceratophyllaceae*), порядку роголистникоцветных (*Ceratophyllales*), подклассу магнолиид (*Magnoliidae*), классу двудольных (*Dicotyledones*).

Эксперимент проводился в лабораторных условиях при одинаковой интенсивности и регулярности светового потока, а также при постоянной температуре (20 °С). Для этого в опыте была использована комбинация люминесцентных ламп и установлен постоянный период освещения, равный 18 ч.

В ходе эксперимента растения были разделены на 2 группы, различающиеся средой выращивания. Контрольная группа растений находилась в среде отфильтрованной водопроводной воды, опытная инкубировалась в присутствии 1% катионного ПАВ. Непосредственно перед началом исследований фрагменты

растений длиной до 50 мм, считая от точки роста, помещали в стеклянные емкости объемом 1 дм³.

Продолжительность воздействия выбранного нами поллютанта составила 3 суток. По истечении указанного периода экспозиции часть растений из каждой группы отбирали на исследования, а часть переносили в чистую отфильтрованную воду для реабилитации (длительностью 5 суток). После реабилитации также проводили измерения биохимических показателей.

Методы исследования. Активность аскорбинатоксидазы определяли по методу, предложенному Д. К. Асамовым, С. Т. Рахимовой, основанному на свойстве аскорбиновой кислоты поглощать свет с максимумом при длине волны 265 нм. Об активности фермента судили по уменьшению величины оптической плотности, учитывая, что степень окисления аскорбиновой кислоты пропорциональна количеству фермента (Ермаков и др., 1987). Активность полифенолоксидазы определяли спектрофотометрическим методом, который основан на измерении оптической плотности продуктов реакции, образовавшихся при окислении пирокатехина за определённый промежуток времени (Ермаков и др., 1972). Статистическую обработку данных (среднее значение, стандартное отклонение) проводили с использованием стандартных статистических методов (достоверности Стьюдента).

Исследования по влиянию катионного ПАВ на растения *C. demersum* показали достоверно значимые отличия в уровне биохимических показателей между опытными и контрольными вариантами. После трёх суток инкубации в присутствии поллютанта были заметны внешние изменения: опытные растения опустились на дно сосуда под тяжестью «хлопьев», образованных катионным ПАВ на поверхности листьев и стебля; организм водного растения распался на фрагменты (участки стебля с несколькими листьями и листья отдельно) (рис. 1). Следует отметить, что признаков хлороза не было обнаружено.

На рисунке 1 представлена динамика ПФО активности в течение эксперимента. На третьи сутки инкубации тканей *C. demersum* с поллютантом ПФО активность повысилась в 3,2 раза, на пятые сутки реабилитации ферментативная активность понизилась в 2,1 раза по сравнению с контролем.

Высокие значения ПФО активности, относительно контроля, на третьи сутки инкубации тканей *C. demersum* в присутствии поллютанта, по-видимому, соответствовали активному кеточному дыханию. Катионные ПАВ образовывали хлопьевидные наросты на частях растения, тем самым ограничив поступление кислорода в клетку. Вероятно, повышение функции ПФО являлось ответом на создавшиеся условия гипоксии.

После пяти дней реабилитации ПФО активность значительно снизилась, по сравнению с контрольными значениями, что свидетельствовало о необратимости стрессовых последствий.

Аскорбатоксидазная активность тканей *C. demersum* после трёх дней инкубации превысила контрольные значения в 2,9 раза, а на пятые сутки реабилитации понизилась и практически достигла уровня данного показателя в контрольной группе (рис. 2). Действие катионного ПАВ привело к разрушению мембран клеток и дезинтеграции растений. Аскорбатоксидаза представляет

собой мембраносвязанный белок, дезактивирующий свободные радикалы и, особенно, синглетный кислород, потому вероятной причиной повышения её активности было высвобождение из мембран после их разрушения и активная работа по устранению свободных радикалов.

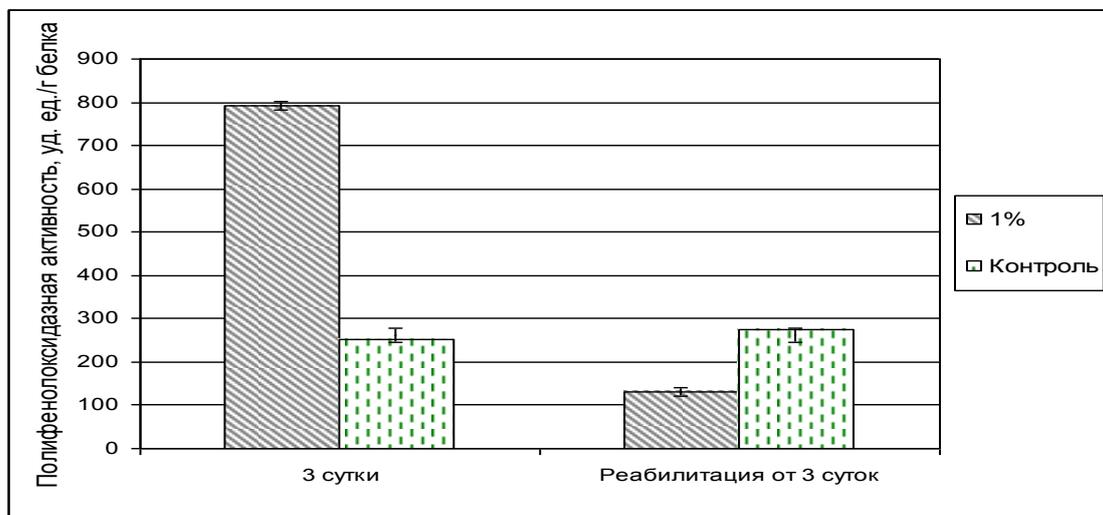


Рис. 1. Влияние катионных ПАВ на полифенолоксидазную активность тканей *C. demersum*

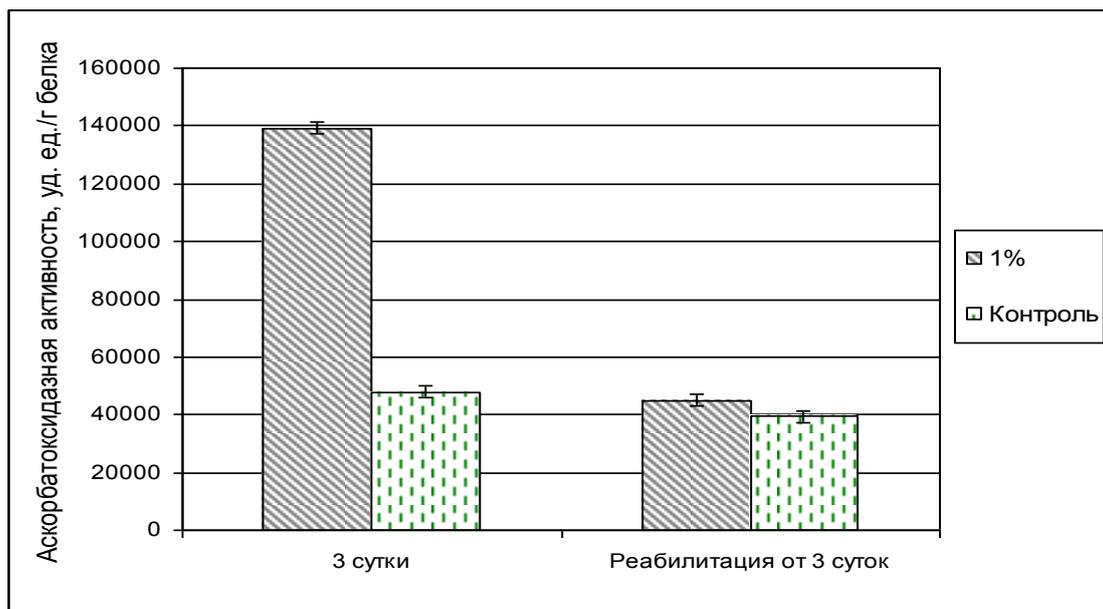


Рис. 2. Влияние катионных ПАВ на аскорбатоксидазную активность тканей *C. demersum*

Проведенные нами исследования показали однонаправленный характер влияния катионных ПАВ на выбранные биохимические показатели растений *C. demersum*. После трёх суток инкубации АО и ПФО активность повысилась в несколько раз, помогая организму растения противостоять стрессу, вызванному поллютантом. Однако изменения, вызванные катионными ПАВ, были необратимыми (дезинтеграция растения на части), потому реабилитация не произошла.

Литература

Воробьёв С. И. Неионогенные поверхностно-активные вещества: физико-химические и биологические свойства. М.: ИПЦ МИТХТ, 2007. 55 с.

Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И., Ярош Н. П., Луковникова Г. А. Методы биохимического исследования растений. Л.: Изд-во Колос, 1972. С. 49–50.

Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П., Перуанский Ю. В., Луковникова Г. А., Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. С. 44–45.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ВОДНЫХ РАСТЕНИЯХ

И. А. Макарова

*Самарский государственный университет,
murzina300888@mail.ru*

В последние годы значительно расширился ассортимент химического состава поверхностно-активных веществ (ПАВ) наряду с увеличением масштабов их производства и объемов использования. ПАВ применяют в различных отраслях промышленности, сельского хозяйства и со сточными водами сбрасывают в окружающую среду (Остроумов, 2000). Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) обладают целым рядом специфических свойств, к числу которых относятся способность к образованию высокократной пены, эмульгированию, усилению явлений смачивания, а также резкому понижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз (Вастернак, Остроумов, 1990). Благодаря этому указанные соединения находят широкое применение в быту и в самых различных сферах народного хозяйства. При гигиенической характеристике СПАВ, номенклатура которых насчитывает сотни наименований, прежде всего, обращает на себя внимание их устойчивость к биохимическим процессам и способность свободно проходить сквозь слои почв (Карибаев, 1980). При этом они могут быть как бы кондукторами (проводниками) для многих токсических веществ. В результате, как сами пенообразователи, так и сопутствующие им вещества в состоянии проникать в глубокие водоносные горизонты, со всеми вытекающими последствиями для почв и водоёмов. Это и обусловило возникновение нового антропогенного фактора формирования продуктивности водных систем. Всё вышесказанное делает весьма актуальной проблему изучения токсикологического влияния СПАВ на гидробионты, в частности, на водную флору (Абрамзон и др., 1979).

Мы провели исследование влияния СПАВ на некоторые биометрические показатели водных растений и их фотосинтетическую способность.

Имеющиеся в литературе данные носят разрозненный характер и представлены в научной литературе в ограниченном количестве. Наша работа проводилась на примере широко используемого в быту стирального порошка «Миф». Данные по влиянию этого СПАВ на такие показатели растений как

длина, масса, содержание каротиноидов, хлорофиллов а, б подтвердили зависимость фотосинтезирующих способностей растений от концентрации и состава поверхностно-активных веществ.

Мы проводили исследование влияния ПАВ на хлорофилл на примере элодеи канадской (*Elodea canadensis*) и гидриллы мутовчатой *Hydrilla verticillata* (Besser) Dandy.

Эксперимент проводился в зимний период 2014 г. Побеги элодеи и гидриллы были разделены на 10 черешков длиной, соответственно – 3 см и 4 см каждый. Растения всех опытных групп выращивались в отстоянной воде с добавлением СПАВ. Все отростки растений были помещены в одинаковые условия освещения и температурного режима. Стебли были разделены по группам: по 5 штук в каждой и помещены в растворы СПАВ. Уровень растворов в емкостях оставался постоянным (1 см³). Начиная с 5 дня эксперимента (через 5 суток), мы проводили анализ фотосинтетических пигментов и снимали некоторые биометрические характеристики: измеряли массу растений и их длину. Продолжительность эксперимента составила 20 дней. Концентрации ПАВ (порошок «Миф») были следующими: 1-ая опытная группа выращивалась при концентрации СПАВ, равного 0,2%, 2-ая – 0,02%, 3-я – 0,002%. Контрольные группы растений выращивались в воде, не содержащей СПАВ.

Количественное определение пигментов основано на определении оптической плотности пигментов на длинах волн, являющихся максимумами их поглощения (по методу Л. П. Брагинского) (Полевой, 1989).

СПАВ даже в небольших концентрациях (0,002%) оказывали достоверно негативное влияние на длину и массу растений. Растения в группах, содержащих СПАВ истощались, значительно уменьшилась масса растений, к концу эксперимента уменьшились в длину за счет загнивания концов побегов.

Изучение массы растений гидриллы мутовчатой показало, что характер динамики массы растений иной, нежели в случае эксперимента с элодеей. На наш взгляд, особенностью этой части эксперимента является то, что растения третьей группы гидриллы в конце эксперимента даже обогнали контрольные растения по своей массе примерно на 20%. Такое явление можно объяснить фактом некоторой стимуляции роста растений гидриллы под действием слабых растворов СПАВ.

Негативное влияние СПАВ оказал на содержание таких фотосинтетических пигментов, как хлорофилл а и б. В группах растений с максимальной концентрацией СПАВ (0,2%) содержание хлорофилла а сократилось с 0,36 до 0,06 мг/мм ткани у элодеи и с 0,23 до 0,01 мг/мм ткани у гидриллы мутовчатой. Содержание хлорофилла б изменилось с 0,38 до 0,05 мг/мм ткани у элодеи и с 0,12 до 0,3 мг/мм ткани у гидриллы мутовчатой (при концентрации СПАВ 0,2%). В контрольных группах содержание хлорофилла а и б за время эксперимента возросло.

Влияние данного СПАВ на каротиноиды в зависимости от его концентрации либо замедляет увеличение их содержания, либо способствует уменьшению их количества. В контрольной группе в течение эксперимента содержание каротиноидов возросло с 0,58 до 0,87 у элодеи и с 0,18 до 0,93 у гидриллы. В

группах растений с максимальной концентрацией СПАВ (0,2%), количество каротиноидов сократилось в половину.

Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших исследованиях, связанных с изучением соотношения степени зависимости влияния ПАВ на фотосинтезирующие способности гидробионтов.

Таким образом, мы можем предположить, что не только самый «рядовой» стиральный порошок «Миф» оказывает столь негативное влияние на рост и развитие водных растений, но и всевозможные другие средства; для стиральных машин, посудомоечных машин, мойки посуды, чистки стекол и пр.

Все эти соединения, попадая в водоемы, пагубно влияют на различные водные растения, возможно, обладают способностью к аккумуляции в них. Если учесть, что растительоядные рыбы, являясь консументами первого порядка, активно поглощают водные растения, также способны служить депо СПАВ. Если проследить пищевую цепь далее: консументы первого порядка – консументы второго порядка – консументы третьего порядка – человек, то становится не только ясно, что многочисленные растения и животные страдают и накапливают СПАВ, но и страшно, поскольку эти поверхностно-активные вещества, химически весьма активные, могут попасть в организм человека, нарушить его метаболизм, вызвать заболевания и т.д.

Литература

- Абрамзон А. А., Богачев В. В., Гоевой Г. М. и др. Поверхностно-активные вещества: Справочник. Л.: Химия, 1979. С. 14.
- Вастернак К., Остроумов С. А. Воздействие загрязнения водной среды СМС Био-С на эвглену // Гидробиол. Журн., 1990. Т. 26. № 6. С. 78–79.
- Карибаев К. К. Поверхностно-активные вещества в производстве вяжущих материалов, 1980.
- Остроумов С. А. Биологические эффекты поверхностно-активных веществ в связи с антропогенными воздействиями на биосферу. М.: МАКС Пресс, 2000. 166 с.
- Полевой В. В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 1989. С. 75–78.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ПРЕСНОВОДНОМ МЕРОМИКТИЧЕСКОМ ОЗЕРЕ

С. А. Забелина, Е. И. Компанцева, А. В. Чупаков, А. А. Ершова
Институт экологических проблем Севера УрО РАН,
svetabelina@gmail.com

Меромиктические водоемы предоставляют уникальную возможность для изучения экологии микробных сообществ. Особый интерес вызывает исследование особенностей распределения микроорганизмов в зоне резких градиентов физико-химических параметров в хемоклине, обуславливающих развитие разнообразных взаимосвязанных и взаимозависимых микробных сообществ. Данная работа является первым этапом изучения фототрофных сообществ хемоклина пресноводного меромиктического озера Светлое, расположенного в 65 километрах на северо-востоке от г. Архангельска ($S = 0,132 \text{ км}^2$, $H_{\text{max}} \approx 39 \text{ м}$). Хе-

моклин расположен на глубине 22–24 м. Оз. Светлое относится к железо-марганцевому типу меромиктических водоемов (Чупаков и др., 2013). Озеро имеет высокую прозрачность (≈ 12 м), фотический слой распространен по всей глубине озера, что благоприятно для развития различных групп фототрофных бактерий.

Несмотря на значительное количество исследований фототрофных сообществ меромиктических озер, меромиктические водоемы железо-марганцевого типа являются мало изученными объектами. Известны лишь единичные публикации, посвященные исследованиям фототрофных бактерий в меромиктическом водоеме железо-марганцевого типа Матано (Crowe et al., 2008), оз. Кузнечиха (Горбунов, 2011). Однако большинство исследований фототрофных сообществ в озерах были проведены только для периодов открытой воды, поэтому исследование сезонной динамики распределения фотосинтетических пигментов представляет несомненный интерес.

Целью нашего исследования было изучение сезонной динамики вертикального распределения фотосинтетических пигментов и структурных характеристик фототрофных сообществ зоны хемоклина меромиктического оз. Светлое.

Полевые работы проводились в июле, октябре 2011 г., в январе, марте 2012 г. Пробы воды отбирались горизонтальным батометром Aquatic Research на глубине расположения хемоклина с интервалом в 1 м. Измерение концентрации растворенного в воде кислорода и температуры осуществляли при помощи зонда-оксиметра WTW Oxi 330i. Для определения концентраций пигментов, 100–200 мл озерной воды фильтровали через мембранные фильтры ($d_{\text{пор}}=0,22$ мкм). Содержание пигментов определяли после экстракции 90% ацетоном. Спектры поглощения экстрактов снимались на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 (Япония) в диапазоне 330–1100 нм. Количественное содержание пигментов определяли по формулам, приведенным в (Chlorophylls..., 2006). Микроскопирование проводилось на световом микроскопе с системой фазового контраста (Olympus BX-41, Япония) и люминесцентном микроскопе (AxioImager, Zeiss, Германия).

В течение периодов исследований изменения температуры водной толщи установлены только до 23 м, ниже вода имеет постоянную температуру $3,6^{\circ}\text{C}$. Наличие анаэробной зоны от 20–21 м до дна является постоянным трендом (Чупаков и др., 2013). Удельная электропроводность миксолимниона составляет 150–250 мкСм/см, монимолимниона – 340–380 мкСм/см, с резким увеличением на глубинах от 21 до 25 м. Гидролого-гидрохимическая характеристика оз. Светлое проведена в работах (Кокрятская и др., 2011; Чупаков и др., 2011).

На спектрах поглощения экстрактов фотосинтетических пигментов (рис. 1) наблюдаются характерные пики значений оптической плотности: 430 и 480 нм (суммарное поглощение фотосинтетических пигментов и каротиноидов, соответственно); 664 и 770 нм (хлорофилл *a* и бактериохлорофилл *a*, соответственно); широкий пик поглощения с максимумом при длине волны 970 нм соответствует поглощению ОН групп воды.

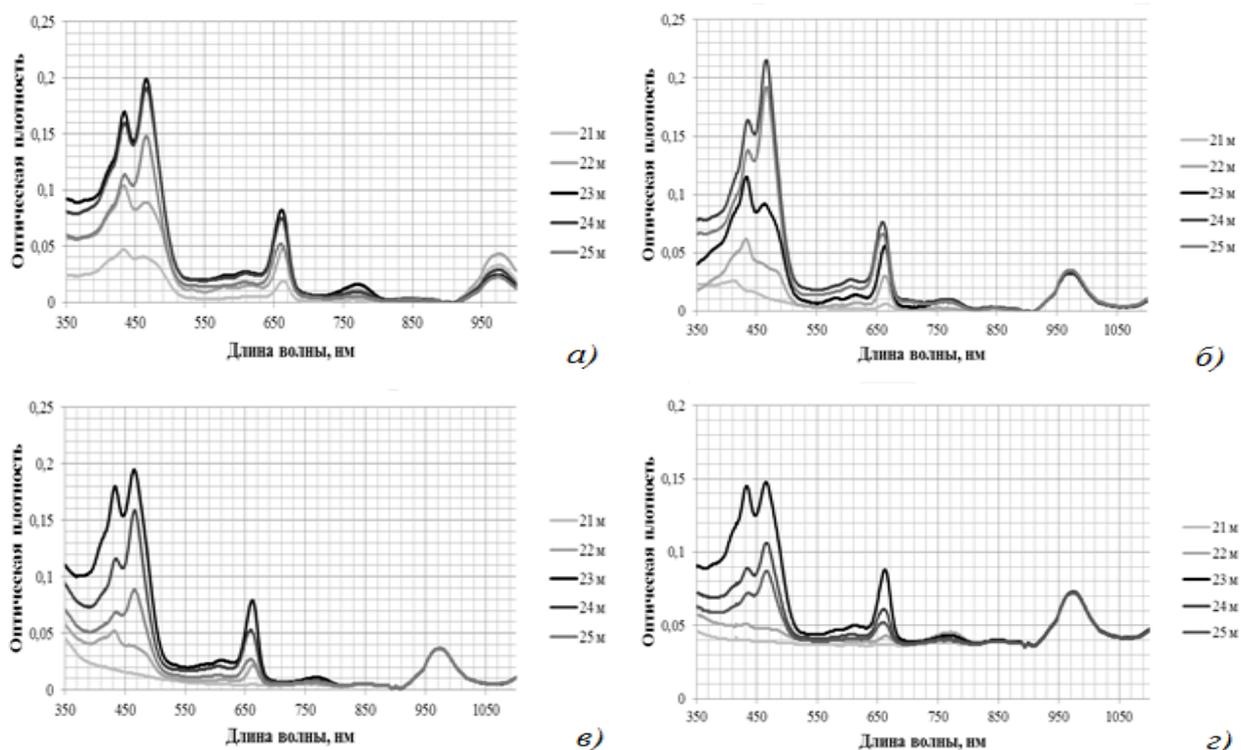


Рис. 1. Спектры поглощения ацетоновых экстрактов фотосинтетических пигментов: а) июль 2011 г.; б) октябрь 2011 г.; в) январь 2012 г.; март 2012 г.

В вертикальном распределении концентраций фотосинтетических пигментов в зоне хемоклина (21-25 м) отмечались максимумы преимущественно на 23 м (рис. 2), где зафиксировано также наибольшее содержание сероводорода в пробах воды (Кокрятская и др., 2011). Наибольшая концентрация хлорофилла *a* (Хл *a*) наблюдалась в зимний период – в январе (57,82 мкг/л) и марте (45,61 мкг/л) 2012 г. Содержание Бхл *a* было на несколько порядков меньше, чем содержание Хл *a*, что свидетельствует о преобладании в хемоклине озера цианобактерий. Наибольшие концентрации бактериохлорофилла *a* (Бхл *a*) наблюдались также на 23 м, за исключением марта 2012 г, когда концентрационный максимум (7,38 мкг/л) сместился на 22 м.

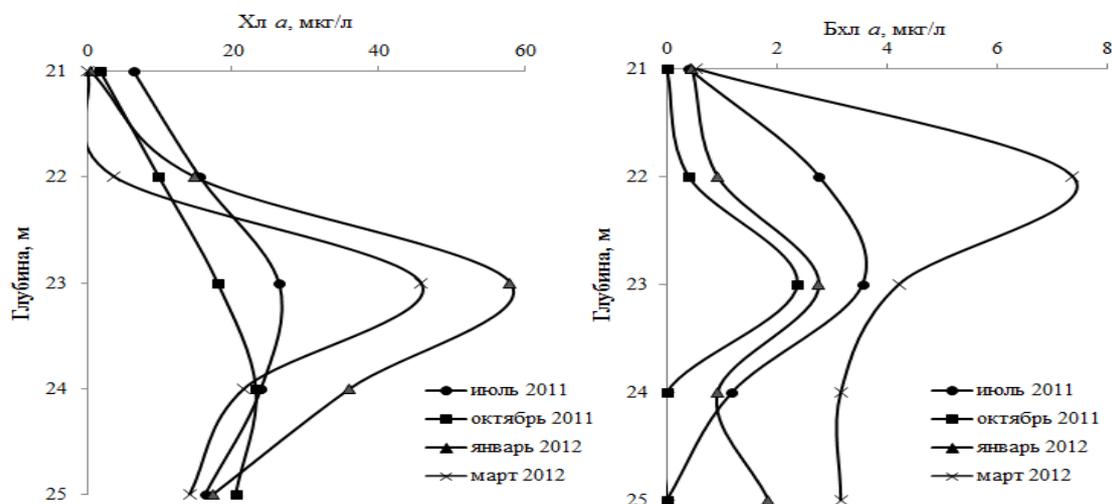


Рис. 2. Вертикальное распределение фотосинтетических пигментов в зоне хемоклина меромиктического озера Светлое

Содержание Бхл *a* в марте было в 2–3 раза выше, чем в летний и осенний периоды. Бхл *a* в марте 2012 г. обнаруживался до глубины 25 м в концентрации 3,16 мкг/л, что составляло близкую величину к максимуму концентрации Бхл *a* в летний период (3,56 мкг/л).

Результаты микроскопирования показали доминирование цианобактерий рода *Synechococcus*. Это мелкие кокки диаметром 1 мкм, флуоресцирующие в оранжевом диапазоне при освещении зеленым светом, основным пигментом фотосинтеза которых является Хл *a*. Аноксигенные фототрофные бактерии представлены пурпурными серобактериями рода *Lamprocystis*. В небольшом количестве обнаружены также несерные пурпурные бактерии родов *Rhodopseudomonas* и *Blastochloris*. Развитие цианобактерий рода *Synechococcus* в зоне хемоклина характерно для меромиктических озер (Craig, 1987). Глубоководные максимумы развития цианобактерий в анаэробной зоне были также обнаружены в малых стратифицированных озерах (Camacho, 2006; Краснова и др., 2011), в меромиктическом бассейне оз. Кичиер (Горбунов, Уманская, 2011). *Synechococcus*, как и другие прокариоты, очень пластичны, и в озерах могут приспосабливаться к различным условиям окружающей среды и уровню освещенности, изменяя пигментный состав (Hauschild et al., 1991). Для цианобактерий, кроме Хл *a*, характерно наличие в клетках пигментов группы фикобилипротеины. Данные пигменты выполняют антенную функцию, они улавливают коротковолновое излучение на больших глубинах с высокой эффективностью (более 90%) передают энергию на Хл *a*. Оптимальный рост *Synechococcus* наблюдается при низкой освещенности (Campbell et al., 1998), при которой происходит накопление фикоэритрина в клетках. Учитывая значительно более высокую численность цианобактерий по сравнению с пурпурными бактериями, вероятно, именно высоким содержанием фикоэритрина в клетках цианобактерий *Synechococcus* можно объяснить слабо розовую окраску воды в зоне хемоклина оз. Светлое.

Авторы благодарны Шестакову А. Л. за определение содержания пигментов.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 14-05-31533_мол_а, проекта Молодые ученые УрО РАН 14-5-НП-115.

Литература

Горбунов М. Ю., Тарасова Н. Г., Уманская М. В. Фототрофный планктон меромиктического карстового озера Кузнечиха (республика Марий Эл, Россия) с аномально высоким содержанием гидрокарбоната железа в воде // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Тез. докладов IV Межд. науч. конф. 12–17 сентября 2011 г., Минск-Нарочь, 2011. С. 56

Горбунов М. Ю., Уманская М. В. Планктонные микробные сообщества меромиктического и голомиктического бассейнов озера Кичиер // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Тез. докладов IV Межд. науч. конф. 12-17 сентября 2011г., Минск-Нарочь, 2011. С.57.

Кокрятская Н. М., Забелина С. А., Титова К. В., Чупаков А. В., Воронцова О. Н., Филина К. В. Биогеохимические исследования системы стратифицированных озер реки Светлая (водосборный бассейн Белого моря) // Геология морей и океанов: Матер. XIX межд. науч. конф. (школы) по морской геологии. М., 2011.

Краснова Е. С., Уманская М. В., Горбунов М. Ю. Фототрофные бактерии в стратифицируемых малых озерах среднего течения реки ИК // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. 2011. № 25. С. 528–534.

Чупаков А. В., Покровский О. С., Широкова Л. С., Воробьева Т. Я., Забелина С. А., Кокрятская Н. М., Морева О. Ю., Ершова А. А., Шорина Н. В., Климов С. И. Гидрохимические особенности пресноводного меромиктического озера Светлое (Архангельская область) // Вестник Северного (Арктического) федерального университета, 2013. № 1. С. 20–31.

Camacho A. On the occurrence and ecological features of deep chlorophyll maxima (DCM) in Spanish stratified lakes // *Limnetica*, 2006. V. 25. № 1–2. P. 453–478.

Craig S. R. The distribution and contribution of picoplankton to deep photosynthetic layers in some meromictic lakes // *Acta Acad. Aboensis*. 1987. V. 47. P. 55–81.

Chlorophylls and bacteriochlorophylls / Eds. Bernhard Grimm, Robert J. Porra, Wolfhart Rüdiger, Hugo Scheer. V. 25. Dordrecht: Springer, 2006. P. 97.

Crowe S. A., Jones C. A., Katsev S., Magen C. O'Neill AH, Sturm A, Canfield DE, Haffner GD, Mucci A, Sundby B, Fowler DA Photoferrotrophs thrive in an Archean Ocean analogue. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2008. 105: 15938–15943.

Hauschild, C. A., McMurter H. J. G & Pick F. R. Effect of spectral quality on growth and pigmentation of picocyanobacteria. *J. Phycol.*, 1991. 27: 698-702.

ЭФФЕКТЫ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ И МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС ЯЧМЕНЯ

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

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
undina2-10@yandex.ru*

Пигментный комплекс является хорошим индикатором функционального статуса растений. Известно, что действие загрязняющих веществ различной природы (органические и минеральные соединения) вызывает ингибирование процессов биосинтеза пигментов, приводит к повреждению хлоропластов, инициирует процессы гидролитического распада пигментов и окислительной деструкции молекул пигментов (Гетко, 1989). Органические поллютанты (метанол, динил, ксилол), присутствующие в атмосфере в качестве примесей, оказывают влияние на формирование фотосинтетического аппарата листа, обнаруживаемое как по суммарному накоплению зеленых и желтых пигментов, так и по их соотношению. Прямой контакт растения с оксидами азота и серы можно определить по пожелтению и побурению листьев и хвои. Причиной изменения окраски является превращение хлорофиллов а и б в феофитины и разрушение каротиноидов (Фелленберг, 1997). При хроническом воздействии поллютантов происходит образование хлорозов, появляется бронзовая окраска листьев, отмечается преждевременное старение листьев (Меннинг, Федер, 1985). Под влиянием химического загрязнения может происходить возрастание уровня каротиноидов, так в условиях городской среды растения содержат большее количество каротиноидов (Половникова, Воскресенская, 2008).

Известно, что фосфорорганический ксенобиотик метилфосфоновая кислота (МФК), при действии на надземную часть растений, вызывает снижение содержания в листьях растений хлорофиллов, изменение соотношения хлорофиллы/каротиноиды (Огородникова и др., 2004). Показано, что МФК ингибирует фермент биосинтеза хлорофилла – хлорофиллазу (Плотникова, Максимовских, 2012).

Цианобактерии – морфологически разнообразная группа граммотрицательных эукариотов, которые представляют большой интерес из-за разнообразных физиологических возможностей (Домрачева, 2005). В сельском хозяйстве используются препараты на основе цианобактерий (ЦБ), как ростстимулирующее и протекторное средство, а некоторые их виды способны оптимизировать существование растений (Панкратова и др., 2004). *N. commune* – многовидовые структурированные сообщества с большой плотностью клеток организмов различных систематических уровней, одни из самых активных колонизаторов пространства (Домрачева и др., 2007). Выявлена высокая устойчивость *N. commune* к поллютантам: нефти, тяжелым металлам (Киреева и др., 2003). В опытах на водной культуре было установлено, что обработка семян ячменя ЦБ *N. commune* благоприятно влияет на биохимические и физиологические показатели растений в условиях загрязнения МФК (Коваль, Огородникова, 2014).

Целью работы было оценить действие биопленок *Nostoc commune* на содержание пластидных пигментов в растениях ячменя, которые выращивали в присутствии МФК на песчаной культуре.

Объектами исследования были растения ячменя сорта «Новичок», которые проращивали на дистиллированной воде в течение 2 суток в присутствии ЦБ и без них. Пророщенные семена пересаживали в контейнеры с песком, увлажненным до 60% от полной влагоёмкости растворами МФК (0,01 и 0,05 моль/л), контроль – питательный раствор Кнопа. В дальнейшем увлажнение субстрата поддерживалось добавлением питательного раствора Кнопа. В фазу 2-х листьев оценивали состояние пигментного комплекса растений.

Содержание хлорофиллов а, б и каротиноидов определяли спектрофотометрически в ацетоновой вытяжке при длинах волн 662,644 нм (хлорофиллы) и 440,5 нм (каротиноиды) на аппарате Specol-1300 (Германия) в 3-кратной повторности (Шлык, 1971).

Отмечали изменения в пигментном комплексе ячменя под влиянием МФК и ЦБ. Цианобактериальная обработка семян индуцировала накопление пластидных пигментов в листьях ячменя. В листьях растениях, выращенных в присутствии ЦБ уровень хлорофиллов (а+б) был выше в 1,4 раза, по сравнению с контролем (табл.). В равной степени происходило накопление хлорофиллов а и б, соотношение хлорофиллов а/б было близко к контролю. Отмечали накопление желтых пигментов в листьях ячменя, которые предварительно были обработаны ЦБ. Известно, что каротиноиды выполняют протекторную функцию в фотосинтетическом аппарате растений (Полесская, 2007). Возможно, накопление каротиноидов в листьях связано с индукцией их синтеза в присутствии ЦБ и направлено на повышение устойчивости растений.

В варианте с загрязнением субстрата МФК (0,01 моль/л) также отмечали накопление хлорофиллов. В растениях ячменя, выращенных в присутствии МФК (0,01 моль/л), изменялось соотношение хлорофиллов. Отмечали сниженные значения отношения хлорофиллов а/б, что свидетельствует о большем содержании хлорофилла б в пигментном комплексе листьев ячменя, по сравнению с хлорофиллом а. МФК (0,01 моль/л) индуцировала накопление каротиноидов в листьях, но в меньшей степени, чем зеленых пигментов, отношение хлорофиллы/каротиноиды было выше, чем в контроле и составило 6,29.

Повышение содержания пластидных пигментов в листьях ячменя при действии низких концентраций МФК ($5 \cdot 10^{-4}$ моль/л) отмечали ранее в опытах на водной культуре (Коваль, Огородникова, 2014). В опыте с внесением МФК в песок, возрастание накопления пигментов в листьях, по-видимому, связано с тем, что МФК в небольшой концентрации (0,01 моль/л) при внесении в субстрат сорбируется на поверхности частиц песка, становится менее доступной для растений и не оказывает фитотоксического действия.

В варианте с предварительной обработкой семян ЦБ и действием низкой концентрации МФК (0,01 моль/л) уровень пластидных пигментов в листьях ячменя был ниже, чем в опыте с действием МФК (0,01 моль/л). Содержание хлорофиллов в листьях было выше, чем в контроле на 14%. Отношение хлорофиллов а/б в данном варианте опыта было ниже, по сравнению с контролем, что свидетельствует о большем содержании хлорофилла б в пигментном комплексе, по сравнению с хлорофиллом а. ЦБ обработка и выращивание растений на субстрате, загрязненном МФК (0,01 моль/л) не оказывала влияние на накопление каротиноидов.

МФК в большей концентрации (0,05 моль/л), напротив, вызывала снижение накопления пигментов в листьях ячменя, причем сходные эффекты установлены в опытах, как с предварительной обработкой семян ЦБ, так и без обработки ЦБ.

Таблица

Влияние метилфосфоновой кислоты и *N. commune* на пигментный комплекс ячменя

Вариант	Содержание пигментов, мг/г сух. массы				Отношение	
	а	б	а+б	Каротиноиды	а+б/ каротиноиды	а/б
Контроль	2,85±0,17	1,25±0,04	4,10	0,77±0,07	5,35	2,28
Контроль + ЦБ	4,11±0,12*	1,77±0,03*	5,89	1,16±0,10*	5,06	2,32
МФК (0,01 М)	4,10±0,05*	1,93±0,03*	6,04	0,96±0,08*	6,29	2,12
МФК (0,01 М) + ЦБ	3,17±0,22	1,50±0,14*	4,68	0,82±0,06	5,71	2,11
МФК (0,05 М)	1,71±0,16*	0,85±0,10*	2,56	0,47±0,01*	5,47	2,01
МФК (0,05 М) + ЦБ	1,66±0,31*	0,73±0,15*	2,39	0,46±0,04*	5,18	2,27

* – различия достоверны при $p \leq 0,05$; М – моль/л.

В варианте с действием МФК (0,05 моль/л) содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях было ниже по сравнению с контролем в среднем на

40%, причем одинаково снижалось накопление зеленых и желтых пигментов. В опыте с обработкой семян ЦБ и действием 0,05 моль/л МФК содержание пластидных пигментов было достоверно ниже по сравнению с контролем. Предварительная обработка семян ЦБ не снижала фитотоксического действия МФК (0,05 моль/л).

Установлено, что обработка семян ЦБ *N. commune* при проращивании стимулирует накопление пластидных пигментов. Загрязнение песчаного субстрата МФК (0,01 моль/л) не оказывает негативного действия на жизнедеятельность растений, происходит накопление содержания пластидных пигментов в листьях опытных растений. Внесение в субстрат МФК (0,05 моль/л) приводило к значительному снижению уровня зеленых и желтых пигментов. В опытах на песчаной культуре ЦБ обработка семян не снимала токсического действия МФК высокой концентрации (0,05 моль/л) на пигментный комплекс ячменя.

Литература

Гетко Н. В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата. Минск: Наука и техника, 1989. 205 с.

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

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Пегушина О. А., Фокина А. И. Биопленки *Nostoc commune* – особая микробная сфера // Теоретическая и прикладная экология, 2007. № 1. С. 15–20.

Киреева Н. А., Кузяхметов Г. Г., Мифтахова А. М., Водопьянов В. В. Фитотоксичность антропогенно загрязнённых почв. Уфа: Гилем, 2003. 266 с.

Коваль Е. В., Огородникова С. Ю. Влияние биопленок *Nostoc commune* на жизнедеятельность растений в условиях загрязнения метилфосфоновой кислотой // Биотехнология – от науки к практике: Матер. Всерос. конф. Уфа, 2014. С. 137–141.

Меннинг У., Федер У. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 175 с.

Огородникова С. Ю., Головки Т. К., Ашихмина Т. Я. Реакции растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновою кислоту. Сыктывкар: 2004. 24 с.

Панкратова Е. М., Зяблых Р. Ю., Калинин А. А., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Конструирование микробных культур на основе синезеленой водоросли *Nostoc paludosum* Kütz // Альгология. 2004. Т. 14. № 4. С. 445–458.

Плотникова О. М., Максимовских С. Ю. Влияние метилфосфоновой кислоты на содержание пигментов и активность хлорофиллазы в листьях кукурузы // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ООО «Лобань», 2012. С. 192–194.

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

Половникова М. Г., Воскресенская О. Л. Активность компонентов антиоксидантной защиты и полифенолоксидазы у газонных растений в онтогенезе в условиях городской среды // Физиология растений, 2008. Т. 55. С. 777–785.

Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. М.: Мир, 1997. 232 с.

Шлык А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зелёных листьев // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154–171.

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОВСА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ АГРОТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Е. С. Кутузова¹, Г. А. Баталова^{1,2}

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² НИИСХ Северо-Востока,

g.batalova@mail.ru

Овес является одной из ведущих зерновых культур в мировом земледелии. Россия занимает первое место по производству овса. Овес – распространенная зернокармливая культура, используемая для производства продуктов детского, диетического и функционального питания. Однако большая часть зерна потребляется в животноводстве. Зерно овса служит энергетически ценным кормом при выращивании и откорме животных и птицы, зеленую массу используют на корм, получения сена, силоса, травяной муки (Баталова, 2013).

Одним из путей повышения продуктивности растений овса является усиление их фотосинтетической деятельности за счет увеличения размеров листовой пластинки. Для улучшения деятельности фотосинтетического аппарата растений рекомендуется использовать биологические препараты. Применение данных препаратов для обработки семян способствует повышению продуктивности растений без негативного влияния на них и окружающую среду.

Материал и методы. Исследования проведены в 2014 г. Объект исследований – пленчатый сорта Сапсан селекции НИИСХ Северо-Востока. Исследования проводили с использованием двух фоновых вариантов: 1 – без обработки гербицидом, 2 – с обработкой гербицидом Балерина. Для обработки посевов использовали регуляторы роста – Эмистим (0,01 г/л продуктов метаболизма симбионтного гриба *Acremonium lichenicola*) – 1 мл/га, ЭкоФус – 1 мл/га, 2 мл/га, 3 мл/га, препарат для сравнения Альбит – 40 мл/га. Контроль – без обработки.

ЭкоФус – органо-минеральное жидкое удобрение на основе бурых морских водорослей (*Fucus vesiculosus*), в состав которого также входят макро- и микроэлементы (г/л): азот – 18, фосфор (P₂O₅) – 10, калий – 20, Fe – 1,8, Mg – 1,2, Mn – 1,2, Cu – 0,3, B – 0,4, Zn – 0,3, Ca – 0,25, Mo – 0,2, Co – 0,1. pH 6,8–7,6. Микроэлементы содержатся в форме хелатов и легко доступны для растений. Альбит – биофунгицид, комплексный регулятор роста и развития растений, антистрессант. Эмистим – природный продукт метаболизма гриба *Acremonium lichenicola*, регулятор роста. Наблюдения, оценки и учеты произведены в соответствии с методикой (1985). Площадь листьев вычисляли как площадь прямоугольника, умножая ее величину на поправочный коэффициент 0,76 (Зеленский, Наумова, 1984). Содержание пигментов определяли с использованием спектрофотометра UV mini 1240 (Japan). Обработка данных с использованием программы «Agros 2.07» и пакета прикладных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждения. Наибольшая высота растений на двух фонах наблюдали при применении препарата Эмистим 1 мл/га в фазу кущения (76,4 см) и в фазу выметывания (77,2 см), при показателе контроля в фазу ку-

щения 66,7 см, а в фазу выметывания – 68,8 см. Максимальная урожайность была получена также в вариантах использования регулятора роста Эмистим. В фоновом варианте без гербицида она составила 645 г/кв. м., в фоне с гербицидом 672 г/кв. м, что выше урожайности контролей на 15 и 25 %. Это указывает на проявление анитистессовых свойств биорегулятором Эмистим, по отношению к химическому гербициду Балерина. Выход зерна из общего урожая (солома + зерно) при обработке Эмистимом 1 мл/га также был выше наряду с другими показателями элементов структуры продуктивности.

Содержание хлорофилла в фотосинтезирующих органах растений является из косвенных индексов, определяющих интенсивность фотосинтеза и общую биологическую продуктивность растений. Содержание хлорофилла в листьях и размер листовой поверхности, КА общей, так и флагового листа по наблюдениям может служить индикатором антропогенной нагрузки в агроценозах овса пленчатого. В условиях стресса, определяемого использованием химического средства борьбы с сорными растениями в фитоценоз овса, наблюдали депрессию данных показателей как в фазу кушения (через 5 дней после обработки делянок), так и в фазу выметывания (через 30 дней).

Таблица 1

**Состояние фотосинтетического аппарата овса сорта Сапсан
в фазу кушения**

Вариант	Площадь листьев, см ²		Содержание Cl, %		Cl в ССК, %
	Флагового листа	Общая	Chl a	Chl b	
фон – без гербицида					
1. Контроль	1,85	13,18	4,35	0,99	40,67
2. Экофус 1л/га	1,75	16,12	5,42	2,62	71,24
3. Экофус 2л/га	1,92	21,36	6,13	2,13	20,05
4. Экофус 3л/га	2,21	15,86	5,51	2,91	62,76
5. Эмистим 1мл/га	2,0	22,89	7,88	4,07	73,04
6. Альбит	2,11	18,06	5,49	2,64	72,94
фон – с гербицидом					
7. Контроль	1,53	14,97	4,83	2,12	66,27
8. Экофус 1л/га	0,69	19,8	6,5	5,65	71,93
9. Экофус 2л/га	7,76	19,89	4,11	1,11	44,26
10. Экофус 3л/га	1,27	14,64	1,03	1,34	54,62
11. Эмистим 1мл/га	1,24	15,87	9,41	4,95	75,77
12. Альбит	1,83	24,41	5,28	2,46	67,7

Наиболее эффективным техногенным элементом в исследованиях был биологический регулятор роста Эмистим. Высокое содержание *Chl a* и *Chl b* отмечено при использовании препарата Эмистим для обработки посевов в фазу кушения. Процентное содержание хлорофилла в светособирающемся комплексе (ССК) в фазах кушение и выметывание также было выше при обработке посевов препаратом Эмистим. Это, как отмечено ранее, положительно отразилось на формировании зерновой и кормовой продуктивности пленчатого овса сорта Сапсан.

**Состояние фотосинтетического аппарата овса сорта Сапсан
в фазу выметывания**

Вариант	Площадь листьев, см ²		Содержание Сl, %		Сl в ССК, %
	Флагового листа	Общая	Chl a	Chl b	
фон – без гербицида					
1. Контроль	4,19	24,8	11,94	6,79	79,74
2. Экофус 1л/га	5,1	27,12	11,01	6,3	80,31
3. Экофус 2л/га	3,41	18,57	13,73	5,52	36,08
4. Экофус 3л/га	4,43	24,28	11,29	6,41	79,66
5. Эмистим 1мл/га	4,29	26,82	12,75	7,11	78,82
6. Альбит	6,49	10,02	11,08	6,14	78,33
фон – с гербицидом					
7. Контроль	4,11	25,58	11,41	5,96	75,5
8. Экофус 1л/га	2,57	17,91	12,08	5,82	71,56
9. Экофус 2л/га	3,51	19,05	11,58	5,9	74,5
10. Экофус 3л/га	5,53	20,86	14,02	7,27	75,11
11. Эмистим 1мл/га	5,34	28,33	12,02	7,42	84,57
12. Альбит	4,72	32,46	11,34	5,08	67,74

Таким образом, фотосинтезирующий аппарат овса (листовая поверхность, содержание *Chl a* и *Chl b*), могут быть использованы для диагностики наличия агротехногенной нагрузки в посевах овса и в соответствии с законом гомологических рядов (Вавилов, 1965) на других яровых зерновых культурах. Регулятор роста Эмистим может использоваться в посевах овса, как препарат оказывающий комплексное действие на овес.

Литература

- Баталова Г. А. Овес в Волго-Вятском регионе. Киров: ООО «Орма», 2013. 288 с.
- Вавилов Н. И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости // Избр. труды, Т. V. М.-Л.: Наука, 1965. С. 179–222.
- Вакуленко В. В. Регуляторы роста // Защита и карантин растений. 2004. № 1. С. 24–26.
- Зеленский М. И., Наумова Т. В. Расчетный способ определения площади листьев (зерновые культуры). Л.: ВИР, 1984. 20 с.
- Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 1985. 239 с.
- Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // Current protocols in food analytical chemistry. 2001. P. F4.3.1 – F4.3.8. Nr. 107.

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ, ВЫСОТЫ РАСТЕНИЯ И ДЛИНЫ МЕТЕЛКИ СОРТОВ ОВСА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОВЫШЕННОЙ ПОЧВЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ И ВЫСОКОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОВ АЛЮМИНИЯ В ПОЧВЕ

*И. И. Русакова, Г. А. Баталова, М. В. Тулякова
НИИСХ Северо-Востока,
g.batalova@mail.ru*

Такой стрессовый фактор, как наличие подвижных ионов алюминия, в условиях северо-запада и северо-востока европейской части России является основным химическим агентом, определяющим низкий уровень рН почвенного раствора. Этот фактор внешней среды существовал в природе задолго до появления покрытосеменных растений (Лисицын, 2005). В последние 10–15 лет в ряде административных территорий Нечерноземья наметилась устойчивая тенденция увеличения площадей кислых почв (Баталова, 2013). Основной причиной этого является длительное внесение азотных удобрений (Гомонова, 2010). Подкисление почвы также происходит в результате выпадения с осадками окислов азота и серы (Семенов, 2000).

При возделывании овса на кислых дерново-подзолистых почвах (рН 3,8–4,5) с высоким содержанием подвижных ионов алюминия (14–23 мг/100 г почвы) урожайность его снижается на 40–50% (Баталова, 2000). Растворимый алюминий в первую очередь вызывает повреждение корневой системы. Недостаток питательных веществ влияет на фотосинтез, вследствие чего снижается содержание пигментов в листьях, подавляются ростовые процессы, уменьшаются размеры вегетативных и генеративных органов (Баталова, 2013).

Цель исследований: изучить влияние повышенной почвенной кислотности и высокого содержания ионов подвижного алюминия на развитие вегетативных органов у различных сортов овса.

Материал и методика. Исследования проведены в 2012–2014 гг. на Фаленской селекционной станции на двух типах дерново-подзолистых почв: окультуренные почвы (рН 4,57–6,4, Al^{3+} 0–0,96 мг/100 г почвы) и естественно кислые почвы (рН 3,93–4,05, Al^{3+} 12,60–13,49 мг/100 г почвы). У 29 сортов овса в фазу выметывания измеряли высоту растения, длину метелки, длину и ширину листьев. Площадь листьев рассчитывали по формуле: $a_{л}=l*b*K_{п}$, где l – длина листовой пластинки, b – максимальная ширина, $K_{п}$ – коэффициент формы равный для посевного овса 0,76.

Результаты исследований. Средняя высота растений на окультуренных и естественно-кислых почвах составила 77,6 см и 55,8 см соответственно, длина метелки 16,0 и 12,2 см. Уровень депрессии признаков в условиях почвенного стресса был сравнительно не высоким и составил 28,1% и 23,5% соответственно. Сорта 208h08 и И-4224 проявили наибольшую чувствительность к стрессовому фактору, о чем свидетельствуют более высокие относительно остальных сортов показатели депрессии как по высоте растения (37,7 и 34,4% соответственно), так и по длине метелки (31,9 и 27,4%). У сортов Кречет, 2h09 и Гун-

тер снижение высоты растения и длины метелки, обусловленное повышением почвенной кислотности и содержания ионов алюминия, было минимальным – не более 21,8%.

У большей части сортов признаки высоты растения и длины метелки изменялись под влиянием стресса сходным образом, что подтверждается высокими положительными значениями коэффициентов корреляции данных признаков ($r=0,70-0,72$).

Эдафический стресс оказал сильное негативное влияние на площадь листьев растения и, в частности, на площадь флагового листа – депрессия составила 58,6 и 52,0% соответственно. Максимальное снижение площади листьев растения и флагового листа в стрессовых условиях отмечено у сортов 332h07 (68,1 и 61,4 соответственно), 208h08 (69,2 и 66,8%), 153h08 (66,8 и 61,8%), к-2165 (67,6 и 60,1%). У сортов Гунтер, Конкур и Кречет депрессия данных признаков не превышала 49,9%.

Таким образом, в ходе исследований было установлено, что наиболее чувствительным к повышенной почвенной кислотности и высокому содержанию ионов алюминия морфологическим признаком, из определяемых в фазу выметывания овса, является площадь листьев. Высота растения и длина метелки реагируют на стресс слабее. У всех сортов отмечено существенное снижение изученных показателей в условиях естественно-кислых почв. Однако существуют сортовые особенности в реакции овса на стресс. Сорта Гунтер, Кречет, Конкур, 2h09 рекомендуется использовать в качестве источников алюмоустойчивости. Сорта 208h08, И-4224, 332h07, 153h08, к-2165, наличие стрессового фактора у которых вызывало сильное снижение изученных показателей, могут быть использованы в качестве биоиндикаторов почв с повышенной кислотностью и высоким содержанием ионов алюминия.

Литература

- Баталова Г. А. Овес, технология возделывания и селекция. Киров, 2000. 206 с.
- Баталова Г. А. Некоторые аспекты устойчивости к лимитирующим факторам в селекции овса // Зернобобовые и крупяные культуры. 2013. № 2 (6). С. 52–58.
- Гомонова Н. Ф. Эколого-агрохимические функции удобрений при их длительном применении в агроценозе на дерново-подзолистой почве: Автореф. дисс. ... канд биол. наук. М., 2010. 46 с.
- Лисицын Е. М. Потенциальная алюмоустойчивость сельскохозяйственных растений и ее реализация в условиях европейского северо-востока России: Дисс. ... д-ра биол. наук. 2005. 361 с.
- Семенов М. Ю. Критические нагрузки подкисляющих соединений на наземные экосистемы Азиатской части России: Дис. ... канд. биол. наук. 2000. 174 с.

СЕЛЕКЦИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПЫЛЬНОЙ ГОЛОВНЕ КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЗАЦИИ АГРОЦЕНОЗОВ ОВСА

О. А. Жуйкова, Г. А. Баталова
НИИСХ Северо-Востока,
zhuikova_o@mail.ru

Появление «бросовых земель», использование упрощенных (минимальных) способов обработки почвы, короткоротационных севооборотов негативно влияют на фитосанитарное состояние агроэкосистем в сельскохозяйственных отраслях. Одним из значимых стрессоров на посевах овса является пыльная головня, проявление которой регистрируется ежегодно. В Волго-Вятском регионе головнёвые болезни распространены в среднем на площади от 10 до 40% при среднем уровне поражения от 0,1 до 1% (Захаренко, 2003). В Кировской области специалисты отмечают усиление распространения пыльной головни на посевах ввиду невысоких объемов протравливания семян и использования в основном биологических средств защиты, нарушением агротехник, отсутствия иммунных сортов в посевах.

Заболевание обнаруживают на растениях во время выбрасывания метелки, которая превращается в черно-оливковую пыль. Возбудитель *Ustilago avenae* заражает также многие виды овсюга, который служит дополнительным резерватом инфекции.

Кроме явных потерь существуют скрытые, вызванные присутствием патогена во внешне здоровых растениях. Скрытые потери отрицательно влияют на полевую всхожесть, выживаемость растений, снижают продуктивную кустистость, накопление сухого вещества и показатели качества зерна (белок, клейковина). В наших исследованиях наблюдали зависимость между поражением растений пыльной головней и урожайностью. Причем голозерные сорта овса более восприимчивы к болезни, чем пленчатые. Коэффициент корреляции по данному признаку составляет $r = -0,75$ и $r = -0,41$, соответственно (Жуйкова др., 2010).

Вредоносность заболевания заключается не только в снижении урожая, но и в значительной степени в ухудшении его качества, вплоть до его токсичности (Филлипов, 2006). Токсины фитопатогенных грибов могут стать причиной заболевания человека и животных. Еще в начале XX века Г. В. Хлопин, М. Г. Акимов (1926), изучая действие спор головни на организм кроликов и морских свинок, установили, что споры возбудителя быстро распространяются по кровеносной системе, приводя к закупоркам сосудов и кровоизлияниям.

При изучении линий питомника конкурсного испытания НИИСХ Северо-Востока на фоне естественного заражения пыльной головней, выявлена различная реакция на патоген. Поражение некоторых сортов превышало 50%, что характеризует естественный фон как достаточно жесткий для объективной оценки селекционного материала по устойчивости к болезни. Оценка на фоне естественного заражения дает возможность своевременно обнаружить появление в популяции патогена новых вирулентных рас (биотипов) и выявить селекционно

ценные формы растений. Учет болезни проводили при достижении молочной спелости зерна, согласно методике ВИР (Кривченко и др., 1977). Большинство изученных образцов (65%) проявили практическую устойчивость к грибу *U. avena*. Их поражение не превышало 3–5% (устойчивость 7 баллов): Медведь, Сапсан, Аватар, Буцефал, И-2950, 397h07, 418h07 и другие. У стандарта – сорта Аргамак – отмечали слабую восприимчивость (устойчивость 5 баллов). Выделены 3 перспективных линии: 44h06, 31h12o, И-4577 симптомы болезни у которых отсутствовали. Более 15% образцов имели поражение растений свыше 5%.

В результате исследований выявлено негативное влияние пыльной головни на фотосинтезирующие органы овса. Депрессия признака под действием патогена варьирует в широких пределах (табл.), что зависит от силы поражения сорта.

Таблица

**Депрессия фотосинтезирующих органов растений овса
под влиянием пыльной головни**

Показатель кормовой продуктивности	Депрессия, %
Площадь листа	10–34
Площадь флагового листа	9,5–47
Высота растений	19–20
Длина метелки	27–41

В настоящее время вклад устойчивого сорта в урожайность культуры в РФ составляет в среднем 15–20% (Филлипов, 2006). Ориентируясь на повышение продуктивности и экологическую устойчивость агроэкосистем, необходимо сделать упор на устойчивые к патогену сорта. Это позволит получить гарантированный урожай, исключить или снизить применение пестицидов, что обеспечивает ведение экологически безопасного растениеводства (Баталова, 2013).

В НИИСХ Северо-Востока ведется активная работа по изучению коллекционного материала, сортов местной селекции, а также созданию новых сортов овса с устойчивым генотипом к основным в регионе биологическим стрессорам.

Литература

Баталова Г. А. Овес в Волго-Вятском регионе. Киров: Орма, 2013. С. 115.

Жуйкова О. А., Шешегова Т. К., Баталова Г. А. Изучение перспективных сортов овса на устойчивость к пыльной головне // Науке нового века – знания молодых: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых учёных, аспирантов, соискателей, посвящённый 80-ти летию Вятской ГСХА. Киров: ВГСХА, 2010. Ч. 1. С. 56–60.

Захаренко В. А. Тенденции изменения комплексов, видового разнообразия, внутривидовых структур и динамики вредных организмов. М.: Россельхозакадемия, 2003. С. 77.

Кривченко В. И., Щелко Л. Г., Тимошенко З. В. Методы изучения устойчивости ячменя и овса к головневым болезням // Методы фитопатологических и энтомологических исследований в селекции растений / Под ред. Ю. Н. Фадеева, А. А. Кузьмичева. М.: Колос, 1977. С. 51–57.

Филлипов Е. Г. Образцы ячменя для селекции на устойчивость к болезням // Селекция и семеноводство. 2006. № 3–4. С. 8.

ВЛИЯНИЕ ПРЕДОБРАБОТКИ СЕМЯН ОЗИМОЙ РЖИ РЕГУЛЯТОРОМ РОСТА ЦИТОДЕФОМ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПАРАКВАТА

А. С. Семенова, А. С. Лукаткин

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева,
alinabio@mail.ru

Современное растениеводство не может обойтись без применения пестицидов, среди которых важное место занимают гербициды. Попадая на нецелевые растения, гербициды вызывают каскад ответных реакций растительной клетки, частью которого является окислительный взрыв – изменение баланса между образованием активированных форм кислорода (АФК) и активностью антиоксидантной защиты в пользу первого (Halliwell, 2006). Повреждение структуры мембран, перекисное окисление липидов (ПОЛ), нарушение структуры и инактивация белков, мутации ДНК являются типичными последствиями функционирования АФК. Для противодействия негативному влиянию гербицидов на сельскохозяйственные культуры всё более широкое применение находят регуляторы роста растений (РР) (Вихрева, 2011). Важной группой РР являются вещества с цитокининовой активностью, оказывающие специфическое действие в низких концентрациях. Одним из препаратов этой группы является цитодеф [1-фенил-3-(1,2,4-триазол-4-ил)мочевина], разработанный во ВНИИ химических средств защиты растений и обладающий выраженной цитокининовой активностью (Шаповалов, Зубкова, 2003). Целью данной работы было изучение влияния предпосевной обработки семян озимой ржи разными концентрациями цитодефа на интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) и активность каталазы и аскорбатпероксидазы (АПО) при кратковременном действии гербицида параквата (100 мкМ). Паракват – N,N'-диметил-4,4'-бипиридина дихлорид, который относится к производным виологена, в форме четвертичной аммонийной соли широко используется как сильный гербицид неспецифического действия.

Объектами исследований служили молодые растения озимой ржи (*Secale cereale* L.) сорта Эстафета Татарстана. В качестве регулятора роста использовали препарат цитокининового типа действия цитодеф (1-фенил-3-(1,2,4-триазол-4-ил) мочевина). Семена озимой ржи замачивали 8 ч в растворе цитодефа в концентрациях 10^{-12} – 10^{-10} М и выращивали в водной культуре на среде Кнопа. Эксперимент проводили в факторостатных условиях: плотность потока фотонов около 200 мкмоль/(м²·с), фотопериод 14 ч, температура 21-23°C. Высечки листьев 7–8-суточных растений выдерживали 1, 2 и 3 ч в растворе гербицида (контроль – в дистиллированной воде), после чего измеряли интенсивность ПОЛ по накоплению малонового диальдегида (Лукаткин, 2002а), активность каталазы и АПО (Лукаткин, 2002б). Опыты повторяли 3 раза, в каждом опыте использовали не менее 10 растений для каждого варианта. Статистическую обработку проводили по общепринятым в биологии методикам.

Интенсивность ПОЛ. Интенсивность процессов ПОЛ показывает степень нарушения клеточных мембран при стрессорных воздействиях (Курганова, 2001). В наших опытах инкубация высечек листьев растений ржи (без предобработки цитодефом) в растворе параквата приводила к увеличению интенсивности процессов ПОЛ, максимальному после 3 ч инкубации (на 49% относительно контроля). В варианте с предобработкой РР наблюдали повышение интенсивности ПОЛ относительно контроля через 2 ч, максимальное в варианте с концентрацией цитодефа 10^{-12} М (на 21% относительно контроля). Через 3 ч инкубации в растворе параквата отмечено снижение интенсивности ПОЛ относительно варианта без предобработки РР, наиболее выраженное в вариантах с предобработкой цитодефом в концентрациях 10^{-11} – 10^{-10} М (на 30 и 25%).

Активность каталазы. Каталаза представляет собой один из основных ферментов, участвующих в антиоксидантной защите растительных клеток; ее активность резко возрастает при увеличении субстрата (H_2O_2), поэтому фермент считается индуцибельным (Лукаткин, 2002б). При инкубации высечек листьев ржи в растворе параквата во всех вариантах выявлена тенденция к увеличению активности каталазы относительно контроля. После 1 ч инкубации в растворе гербицида максимальное повышение активности каталазы выявлено в варианте с предобработкой цитодефом в концентрации 10^{-11} М (на 24% относительно контроля). После 2 ч инкубации отмечено некоторое снижение активности фермента относительно варианта без РР, наиболее выраженное при концентрации цитодефа 10^{-12} М (на 12%). После 3 ч инкубации активность каталазы в вариантах с предобработкой цитодефом была выше, чем в варианте без применения РР, и превышала контроль на 40% (в варианте 10^{-11} М).

Активность АПО. Аскорбатпероксидаза является вторым ферментом, задействованным в утилизации H_2O_2 в растительных клетках, и ее активность также важна для антиоксидантной защиты (Ishikawa, Shigeoka, 2008). Выявлено, что инкубация высечек листьев ржи в растворе гербицида оказала неодинаковое влияние на активность фермента при кратковременном действии параквата. В варианте без РР активность АПО после 1 ч инкубации снижалась на 24% относительно контроля, тогда как в варианте с предобработкой цитодефом активность АПО повышалась, с наибольшим значением при концентрации цитодефа 10^{-10} М (на 38% относительно контроля). После 2 ч инкубации выявлено повышение активности фермента, максимальное в варианте без применения РР (на 44% относительно контроля). В вариантах с предобработкой цитодефом повышение активности фермента не превышало 18% относительно контроля (максимум при концентрации РР 10^{-10} М). После 3 ч инкубации в варианте без цитодефа отмечено снижение активности фермента до уровня контроля, тогда как в вариантах с предобработкой РР активность АПО была выше контроля, наиболее (на 17%) – при концентрации 10^{-10} М.

Таким образом, предобработка цитодефом способствовала снижению интенсивности ПОЛ в высечках листьев ржи при инкубации в растворе параквата. Также выявлена тенденция к увеличению активности антиоксидантных ферментов, задействованных в утилизации H_2O_2 в клетке, каталазы и АПО.

Наибольший положительный эффект выявлен при действии цитодефа в концентрациях 10^{-11} и 10^{-10} М.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки России (проект № 6.783.2014К)

Литература

Вихрева В. А., Лебедева Т. Б., Надежкина Е. В. Применение антистрессовых препаратов при гербицидной обработке посевов ярового ячменя // *Агрехимия*, 2011. № 5. С. 46–53.

Курганова Л. Н. Перекисное окисление липидов – одна из возможных компонент быстрой реакции на стресс // *Соросовский образовательный журнал*, 2001. № 6. С. 76–78.

Лукаткин А. С. Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений. 1. Образование активированных форм кислорода при охлаждении растений // *Физиология растений*, 2002а. Т. 49. С. 697–702.

Лукаткин А. С. Вклад окислительного стресса в развитие холодового повреждения в листьях теплолюбивых растений. 2. Активность антиоксидантных ферментов в динамике охлаждения // *Физиология растений*, 2002б. Т. 49. С. 878–885.

Шаповалов А. А., Зубкова Н. Ф. Отечественные регуляторы роста растений // *Агрехимия*, 2003. № 11. С. 33–47.

Ishikawa T., Shigeoka S. Recent advances in ascorbate biosynthesis and the physiological significance of ascorbate peroxidase in photosynthesizing organisms // *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2008. V. 72. I. 5. P. 1143–1154.

Halliwell B. Reactive Species and Antioxidants / Redox Biology Is a fundamental Theme of Aerobic Life // *Plant Physiol*, 2006. V. 141. P. 312–322.

ВЛИЯНИЕ ГЕРБИЦИДОВ НА ЗАСОРЕННОСТЬ ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

М. А. Фокин, А. В. Помелов

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

mifo1978agro@mail.ru

Сегодня в России площади под зерновыми колосовыми культурами насчитывают 40 млн. га, из них около 7 млн. га не обрабатывают гербицидами, что приводит к немалым потерям урожая. Ежегодно, в среднем, потенциальные потери зерна составляют 42,015 млн. т, за счет применения пестицидов сохраняется 12,357 млн. т. (Насонова, 2014).

Потери урожая зерновых культур могут достигать при средней степени засоренности 19%, при высокой – 25%. Засоренность зерна, собранного с необработанных гербицидами посевов, достигает 20–30% при допустимом пределе 4% (Захаренко, Захаренко, 2007).

Сорные растения успешно конкурируют с культурными растениями за свет, элементы питания и воду. Потребляя влагу, питательные вещества, сорняки подавляют развитие культурных растений и ослабляют их устойчивость к неблагоприятным факторам. Сорняки также являются резерваторами болезней и вредителей культурных растений.

Наиболее реальным и эффективным средством сохранения урожая является применение гербицидов. По данным ВНИИ фитопатологии (Московская

область, 2006–2008 гг.) 37% сохраненного урожая ярового ячменя может быть отнесено за счет применения гербицидов от общего вклада всех химических средств (Спиридонов и др., 2012). Ассортимент гербицидов на зерновых культурах включает 120 препаратов на основе 20 действующих веществ и за последние годы пополнился такими препаратами как деметра, балерина, ланцелот, дерби, вердикт (Маханькова и др., 2011).

Целью наших исследований является изучение влияния гербицидов на засоренность зерна ярового ячменя.

Полевые исследования проводились на учебно-опытном поле Вятской ГСХА на дерново-подзолистой среднесуглинистой хорошо окультуренной почве. Объект исследований – яровой ячмень сорта Изумруд. В 2012 году посев проводили 14 мая, в 2013 г. – 15 мая, в 2014 г. – 13 мая. Норма высева – 5 млн. всхожих семян на 1 га, предшественник – озимая рожь. Учетная площадь делянки полевого опыта – 25 м², повторность – четырехкратная. Расположение делянок систематическое со смещением во втором ярусе. Посевы ячменя обрабатывали гербицидами в фазу кушения ранцевым опрыскивателем с расходом рабочей жидкости 200 л/га.

В опыте изучали следующие системные селективные гербициды: ланцелот 450, ВДГ (0,3 кг/га); балерина, СЭ, (0,3 л/га); суперстар, ВДГ (0,02 кг/га); суперстар, ВДГ (0,007 кг/га) + рефери, ВГР (0,140 л/га). Уборка проводилась комбайном сплошным методом. Одновременно отбирались пробы зерна массой 2 кг для определения влажности, засоренности, зараженности грибными фитопатогенами, а также показателей качества зерна.

Обработка результатов опыта проводилась согласно принятых ГОСТов.

Влияние гербицидов на засорённость зерна семенами сорных растений представлена в таблице 1.

Таблица 1

Влияние гербицидов на засорённость зерна ячменя семенами сорных растений (2012-2014 гг.)

Вариант	Засоренность по годам, %			В среднем за 2012–2014 г.
	2012	2013	2014	
1. Контроль	1405	20360	5685	9150
2. Ланцелот 450, ВДГ (0,03 кг/га)	225	6645	450	2440
3. Балерина, СЭ (0,3 л/га)	285	635	140	353
4. Суперстар, ВДГ (0,02 кг/га)	445	1785	180	803
5. Суперстар, ВДГ (0,007 кг/га) + Рефери, ВГР (0,140 л/га)	610	1423	85	706

Данные таблицы показывают, что в среднем за 2012–2013 гг. засоренность зерна ячменя при комбайновой уборке семенами сорняков была от 4 до 26 раз ниже, чем в контрольном варианте.

Максимальный гербицидный эффект проявил препарат Балерина. Наименьшая засоренность семенами сорняков наблюдалась в 2012 г., наибольшая в 2013 г. Это связано с погодными условиями в период обработки культуры и фазой развития сорняков. Так, в 2012 г. большинство сорняков проросло и находилось в уязвимом состоянии к моменту обработки гербицидами, поэтому

эффективность обработок была на высоком уровне и к моменту уборки посеы были относительно чистыми.

В 2013 г. в фазу кущения ячменя и моменту обработок проросли единичные сорняки, а основная масса вошла после опрыскивания и успешно обсеменялась.

Благоприятные погодные условия в июле 2014 года спровоцировали вторую волну сорняков, часть из которых успела засорить зерно ячменя своими семенами.

Влияние гербицидов на некоторые, наиболее распространённые сорняки представлена в таблице 2.

Таблица 2

Влияние гербицидов на засоренность зерна ярового ячменя семенами сорняков в разрезе видов (2012-2014 гг.)

	Контроль	Ланцелот 450, ВДГ (0,03 кг/га)	Балерина, СЭ (0,3 л/га)	Суперстар, ВДГ (0,02 кг/га)	Суперстар, ВДГ (0,007 кг/га) + Рефери, ВГР (0,140 л/га)
Марь белая	7075	2065	153	180	105
Подмаренник цепкий	143	15	43	118	27
Горец вьюнковый	197	12	3	13	23
Осот розовый	85	17	7	8	8
Ромашка непахучая	486	48	20	65	97
Пикульник зябра	128	12	8	2	3
Дымянка лекарственная	22	2	6	20	12

Данные таблицы показывают, что, в среднем за три года, на горец вьюнковый, осот розовый и ромашку непахучую, наибольшее влияние оказал гербицид балерина, засорённость зерна снизилась в 65, 12 и 24 раза соответственно. На подмаренник цепкий – ланцелот 450. На марь белую и пикульник зябра подействовала баковая смесь суперстар и рефери. Ланцелот 450 показал высокую эффективность против дымянки лекарственной.

Таким образом, за период 2012–2013 гг., в результате наших исследований было выявлено, что все без исключения гербициды оказали влияние на снижение засоренности зерна ячменя от 4 до 26 раз по сравнению с контролем. Наибольший гербицидный эффект проявил препарат балерина.

Кроме того, было установлено, что сложный гербицид балерина и баковая смесь препаратов суперстар и рефери оказали воздействие на более широкий спектр сорняков, это объясняется спецификой действующих веществ, входящих в их состав.

Литература

ГОСТ Р 52325-2005 Семена с/х растений // Сортвые и посевные качества. М.: Изд-во стандартов, 2005. 40 с.

ГОСТ 12044-93 Семена с/х культур // Методы определения зараженности болезнями. М.: Изд-во стандартов, 1993. 144 с.

Захаренко В. А., Захаренко А. В. Борьба с сорняками в посевах зерновых колосовых культур // Защита и карантин растений, 2007. № 2. С. 78–120.

Маханькова Т. А., Кириленко Е. И., Голубев А. С. Ассортимент гербицидов для зерновых культур // Защита и карантин растений, 2011. № 3 С. 16–18.

Насонова Д. Без гербицидов не обойтись // Защита растений. 2014. № 1. С. 15.

Спиридонов Ю. Я., Протасова Л. Д., Овчинникова З. Г., Старьгин В. А., Елизарова С. А., Чичварина О. А., Босак Г. С. Мониторинг сорняков в посевах полевых культур // Защита и карантин растений, 2011. № 3. С. 53–66.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОНОЭТАНОЛАМИНА

Н. Ю. Быкова, О. М. Плотникова

Курганский государственный университет,

bykova541@yandex.ru

Человек издавна проявляет интерес к биологически активным веществам. Такие вещества, попадая в живой организм даже в небольших количествах, могут проявлять высокую физиологическую активность, как угнетая деятельность систем функционирования организма, так и повышая его устойчивость к неблагоприятным факторам.

В настоящей работе для исследования было взято специфическое органическое основание моноэтанолламин (МЭА, $\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$). МЭА широко используется для поглощения кислых газов и серосодержащих органических соединений, а также в фармацевтической, текстильной и лакокрасочной промышленности, при производстве пластмасс, поэтому живые организмы, в том числе человек, может контактировать в малыми количествами этого вещества. В чистом виде по воздействию на человека МЭА является веществом второго класса опасности.

Важнейшую роль в устойчивости живых организмов к неблагоприятным факторам играет антиоксидантная система (АОС). Важнейшими ферментами АОС являются пероксида и каталаза, а субстратом – аскорбат.

Целью работы было исследование влияние растворов МЭА на показатели окислительной системы растений – активность каталазы, пероксидазы и содержание аскорбиновой кислоты.

В качестве исследуемого материала брали зеленые листья сельскохозяйственной культуры овса посевного, пророщенного на растворах МЭА с концентрациями от 10^{-2} до 10^{-12} моль/л.

При обсуждении полученные экспериментальные результаты (активность ферментов, содержание аскорбата) в опытных образцах листьев овса сравнивали относительно контрольных образцов, т.е. в зеленых листьях овса, выращенного без токсиканта. Изменение активности каталазы, пероксидазы и содержания аскорбиновой кислоты (в % от контроля) в зеленых листьях овса посевного,

выращенного на растворах МЭА различной концентрации (10^{-2} , 10^{-4} , 10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} , 10^{-12} моль/л) представлены на рис. 1 и 2.

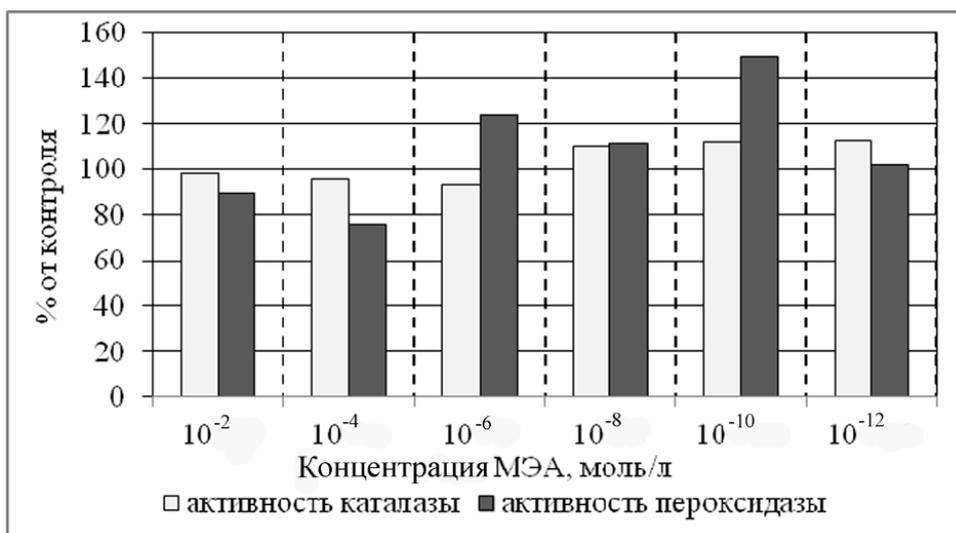


Рис. 1. Изменение активности каталазы и пероксидазы (в % от контроля) в зеленых листьях овса, выращенного на растворах моноэтаноламина различной концентрации (моль/л)

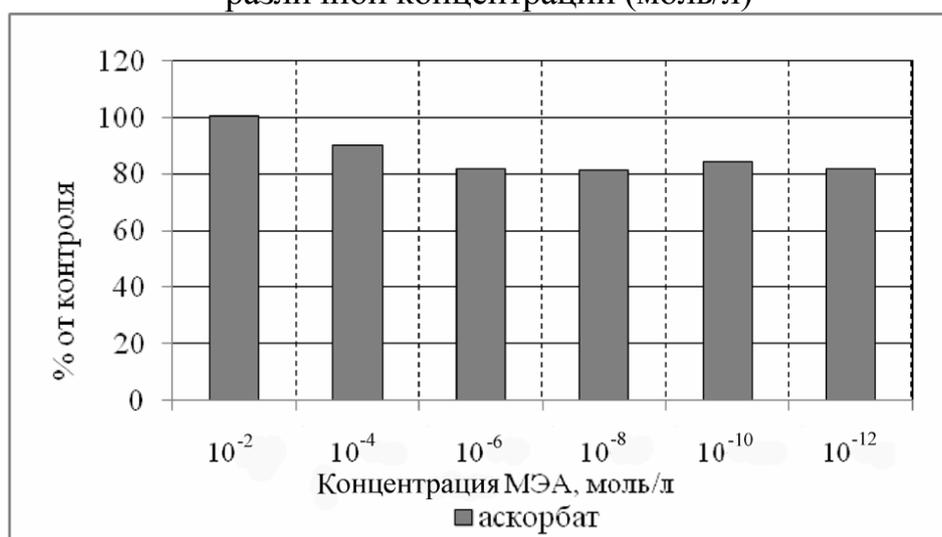


Рис. 2. Изменение содержания аскорбата (в % от контроля) в зеленых листьях овса посевного, выращенного на растворах моноэтаноламина различной концентрации (моль/л)

Исследования показали, что активность каталазы относительно контроля изменялась при различных концентрациях МЭА недостоверно – в пределах 10%. Активность пероксидазы при выращивании овса на растворах МЭА с относительно высокой концентрацией (10^{-2} и 10^{-4} моль/л) уменьшалась (достоверно на 24% при концентрации МЭА 10^{-4} моль/л), а при выращивании овса на растворах МЭА с относительно низкой концентрацией (10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} моль/л) – увеличивалась (достоверно на 24 и 49% при концентрации МЭА 10^{-6} и 10^{-10} моль/л).

Аналогичные результаты получены в опытах по влиянию МЭА в различных концентрациях на содержание аскорбиновой кислоты в зеленых листьях овса посевного (рис. 2). Содержание аскорбиновой кислоты (в % от контроля) в

зеленых листьях овса посевного, выращенного на растворах моноэтаноламина низкой концентрации (моль/л), достоверно уменьшается до 20% относительно контроля, тогда как достаточно высокие концентрации МЭА (10^{-2} и 10^{-4} моль/л) достоверно не влияли на уровень аскорбата.

Таким образом, моноэтаноламин, как специфическое органическое основание, влияет на показатели антиоксидантной активности высших растений в низких концентрациях (10^{-6} , 10^{-8} , 10^{-10} моль/л), достоверно увеличивая активность пероксидазы и снижая концентрацию аскорбата.

Литература

Головкин Б. Н. Биологически активные вещества растительного происхождения. М.: Наука, 2001. 350 с.

Попков Н. А., Егоров И. В., Фисинин В. И. Корма и биологически активные вещества: Монография. Минск: Бел. наука, 2005. 882 с.

СЕКЦИЯ 2 ЭКОЛОГИЯ И БИОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ, ВНЕСЕННЫХ В КРАСНУЮ КНИГУ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ, НА ТЕРРИТОРИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «БЫЛИНА»

В. М. Рябов

*Государственный природный заповедник «Нургуш»,
ryapitschi@yandex.ru*

Комплекс мероприятий по изучению позвоночных животных на территории Государственного природного заказника «Былина» реализуется с 2004 г. и включает в себя следующие этапы: инвентаризация фауны (2004–2007 гг.) (Рябов, 2007), подготовка Программы ведения фонового мониторинга (2008 г.), реализация Программы мониторинга (с 2009 г. по настоящее время). Одним из направлений работы было выявление видового состава, мест обитания и оценки численности позвоночных животных внесенных в Красную книгу Кировской области (Красная..., 2001; 2014). За указанный период накоплен значительный объем материала, позволяющий сделать предварительные выводы об основных тенденциях изменения численности некоторых видов «краснокнижных» видов.

Далее представлен аннотированный список позвоночных животных ГПЗ «Былина», внесенных в новую редакцию Красной книги Кировской области (Красная..., 2014), с указанием тенденции изменения численности.

Сибирская минога – *Lethenteron kessleri* (Anikin, 1905)

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014). На территории заказника сибирская минога обитает только в реках Северодвинского бассейна (р. Пелегова и ее притоки рр. Новгородка, Мочельница). Происходит сокращение численности вида. Ее причиной, на наш взгляд, является наличие каскада бобровых плотин на устьевом участке р. Пелегова, препятствующего подъему миног из р. Юг.

Русская быстрянка – *Alburnoides bipunctatus rossicus* Berg, 1924

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014), занесена в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Встречается в р. Молома и на устьевых участках рр. Былина и Ертач. Численность стабильна, либо происходит незначительное увеличение, так как быстрянка стала расширять ареал, продвигаясь вверх по р. Молома.

Обыкновенный подкаменщик – *Cottus gobio* (L., 1758)

V категория – восстановленный вид, выходящий из-под угрозы исчезновения (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). В пределах заказника обитает в рр. Былина, Молома, Пелегова. В рр. Моломе и

Былине единичен, в р. Пелегове обычен, на устьевом участке – многочислен. Численность стабильна.

Сибирский углозуб – *Salamandrella keyserlingii* Dybowski, 1870

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014). Четырехпалый тритон встречается преимущественно на водораздельных участках в различных ассоциациях ельников-долгомошников, на зарастающих вырубках, по окраинам верховых болот. Отмечены факты гибели кладок икры и личинок углозуба из-за пересыхания временных водоемов, где он размножается. Происходит незначительное сокращение численности.

Красношейная поганка – *Podiceps auritus* (L., 1758)

V категория – восстановленный вид, выходящий из-под угрозы исчезновения (Красная..., 2014). Обитает у северной границы ареала. Отмечали единичные встречи пар красношейных поганок на оз. Васино в 2005, 2006 гг.

Чернозобая гагара – *Gavia arctica arctica* (L., 1758)

III категория – редкий малочисленный подвид (Красная..., 2014), занесена в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Пролетный вид. Изредка встречаются небольшие стайки из 3 – 6 особей или одиночные особи во время пролета (чаще осенью).

Лебедь-шипун – *Cygnus olor* (Gmelin, 1789)

IV категория – вид, статус редкости которого не установлен ввиду недостатка сведений (Красная..., 2014). Пролетно-кочующий вид. Регулярно встречаются преимущественно молодые особи на весеннем пролете и летовках.

Лебедь - кликун – *Cygnus cygnus* (L., 1758)

IV категория – вид, статус редкости которого не установлен ввиду недостатка сведений (Красная..., 2014). Пролетно-кочующий вид. Стал встречаться с 2012 г. во время весеннего и осеннего пролета.

Пискулька – *Anser erythropus* (L., 1758)

II категория – редкий в недавнем прошлом вид, численность которого быстро сокращается (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Пролетный вид. Впервые был встречен на территории заказника в 2010 г. на Кайском болоте.

Мандаринка – *Aix galericulata* (L., 1758)

Вид занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Залетный вид. Мандаринку отмечали на территории заказника всего один раз в 2007 г. Залетный вид.

Болотный (камышовый) лунь – *Circus aeruginosus* (L., 1758)

V категория – восстановленный вид, выходящий из-под угрозы исчезновения (Красная..., 2014). В пределах заказника является редким гнездящимся видом. Численность стабильна и составляет 6 – 7 пар, гнездящихся на Кайском болоте и в долине р. верховская Былина.

Беркут – *Aquila chrysaetos* (L., 1758)

I категория – вид находящийся под угрозой исчезновения (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Численность уменьшается. Перестал встречаться на территории заказника с 2010 г., гнезд не обнаружено.

Орлан-белохвост – *Haliaeetus albicilla* (L., 1758)

I категория – вид находящийся под угрозой исчезновения (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Численность стабильна: одна гнездящаяся пара на о. Осередок в Кайском болоте (60°05'19" с.ш., 47°12'23" в.д.).

Сапсан – *Falco peregrinus* (Tunstall, 1771)

I категория – вид находящийся под угрозой исчезновения (Красная..., 2014), внесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Ежегодно встречается на территории заказника. Численность стабильно низкая. Предполагаем гнездование 1 – 2 пар.

Белая куропатка – *Lagopus lagopus rossicus* (Serebrovssky, 1926)

III категория – редкий малочисленный подвид (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Численность сокращается: перестала встречаться с 2009 г. на Роговском болоте, в ур. Крестовый починок. Предполагаем гнездование не более 10 пар белой куропатки на Кайском болоте.

Камышница – *Gallinula chloropus* (L., 1758)

V категория – восстановленный вид, выходящий из-под угрозы исчезновения (Красная..., 2014). Обитает у северной границы ареала. Отмечали единичные встречи камышниц в 2006 г. на Кайском болоте. Высока вероятность гнездования вида. Это место встречи камышницы в настоящее время является самым северным в Кировской области.

Филин – *Bubo bubo* (L., 1758)

II категория – обычный в недавнем прошлом вид, численность которого быстро сокращается (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Редкий гнездящийся оседлый вид. Происходит незначительный рост численности: если до 2008 г. филина отмечали только в южной половине заказника, то в настоящее время он стал встречаться по всей территории «Былины».

Бородатая неясыть – *Strix nebulosa* (Forster, 1772)

III категория – редкий малочисленный вид (Красная..., 2014). Тенденций изменения численности не выявлено. Известны единичные встречи особей этого вида только в осеннее-зимний период.

Золотистая ржанка – *Pluvialis apricaria apricaria* (L., 1758)

III категория – редкий малочисленный подвид (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Обитает на южной границе ареала. Численность вероятно уменьшается. Отмечали единичные встречи в 2003 (Бакка, Киселева, 2003) и 2004 гг. на Кайском болоте.

Кулик-сорока – *Haematopus ostralegus longipes* (Buturlin, 1910)

III категория – редкий малочисленный подвид (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Численность стабильно низкая – нет мест пригодных для гнездования. Одна пара регулярно гнездится на песчано-галечной косе у устьевого участка р. Пелегова (северо-западная граница заказника).

Серый (большой) сорокопут – *Lanius excubitor excubitor* (L., 1758)

III категория – редкий малочисленный подвид (Красная..., 2014), занесен в Красную книгу РФ (Красная..., 2001). Гнездящийся оседло-кочующий вид. Численность стабильна. Ориентировочно на территории заказника гнездится до 10–12 пар.

Кукша – *Perisoreus infaustus* (L., 1758)

Внесена в Приложение № 2 к Красной книге Кировской области (Красная..., 2014). В заказнике – редкий оседлый гнездящийся вид. Численность флуктуирует.

Синехвостка – *Tarsiger cyanurus* (Pallas, 1773)

Внесена в Приложение № 2 к Красной книге Кировской области (Красная..., 2014). Численность увеличивается, вид расширяет ареал. До 2010 г. отмечены единичные встречи в 1997, 2007 гг. (Рябов, 2007). С 2010 г. регулярно встречается в гнездовой период.

Ночница Брандта – *Myotis brandti* (Eversmann, 1845)

Внесена в Приложение № 2 к Красной книге Кировской области (Красная..., 2014). Редкий вид. Тенденций изменения численности не выявлено.

Прудовая ночница – *Myotis dasycneme* (Boie, 1825)

Внесена в Приложение № 2 к Красной книге Кировской области (Красная..., 2014). Редкий вид. Тенденций изменения численности не выявлено.

Северный кожанок – *Eptesicus nilssoni* (Keyserling et Blasius, 1839)

Внесен в Приложение № 2 к Красной книге Кировской области (Красная..., 2014). Редкий вид. Тенденций изменения численности не выявлено.

Бурундук – *Tamias sibiricus* (Laxmann, 1769)

Внесен в Приложение № 2 к Красной книге Кировской области (Красная..., 2014). Обычный немногочисленный вид. По территории заказника он распространен спорадично, численность стабильна.

Европейская норка – *Mustela lutreola* (L., 1758)

I категория – обычный в недавнем прошлом вид, численность которого быстро сокращается (Красная..., 2014). Нет данных с 2006 г. о встречах европейской норки в Подосиновском, Опаринском районах Кировской области и сопредельного Кичгородецкого района Вологодской области. Вероятно исчезнувший с территории заказника вид.

Таким образом, на территории ГПЗ «Былина» было выявлено пребывание 28 видов позвоночных животных, внесенных в Красную книгу Кировской области (в том числе 6 видов из Приложения № 2 «Список редких и уязвимых видов животных и растений, не внесенных в Красную книгу Кировской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении»). Из них 2 вида рыб, по одному представителю из классов круглоротые и земноводные, 17 видов птиц (2 вида из Приложения № 2) и 5 видов млекопитающих (3 вида из Приложения № 2).

Литература

Бакка С. В., Киселева Н. Ю. Новые ключевые орнитологические территории в Кировской области и республике Марий Эл // Ключевые орнитологические территории в России. Информационный бюллетень № 2 (18). 2003. С. 2–7.

Красная книга РФ (Животные). М.: АСТ «Астрель», 2001. 864 с.

Красная книга Кировской области: Животные. Растения. Грибы. / Отв. ред. Л. А. Добринский, Н.С. Корытин. Екатеринбург: изд-во Уральского Ун-та, 2001. 288 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.

Рябов В. М. Фауна Государственного природного заказника «Былина» // Позвоночные животные. Ч. 1. Киров, 2007. 178 с.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ АМЕРИКАНСКОЙ НОРКИ АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Д. П. Стрельников, О. В. Масленникова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgamaslen@yandex.ru*

Под влиянием человеческой деятельности изменяются природные экосистемы, а, следовательно, и условия существования куньих. В связи с этим интересным аспектом является характеристика общих и специфических реакций разных видов куньих на антропогенные факторы. Это, прежде всего, промысел, вырубка леса, осушительная мелиорация, химизация сельского хозяйства, техногенное загрязнение природной среды, строительство крупных систем водоемов, лесные пожары. При этом одни виды куньих, как и любых других видов животных, оказываются сильно уязвимы к антропогенным факторам, другие, наоборот, проявляют экологическую пластичность к ним. Особенно интересна экологическая специфика, которая приобретает видом в условиях преобразованной человеком природной среды, а также при воздействии других антропогенных факторов. Эти знания очень важны в целях эффективной охраны разнообразия животного мира в целом и семейства куньих в частности. Охрана куньих имеет важное значение для сохранения видового разнообразия животного мира (Сидорович, 1995).

Одной из задач фаунистических исследований является уточнение пребывания и роли видов животных и их групп в естественных и антропогенных биоценозах. Особенно актуальны такие исследования в сильно трансформированных природных системах, где ряд видов диких животных мог либо исчезнуть, либо приспособиться к обитанию в измененных условиях.

Материал для исследований был собран в пригороде Кирова и Слободского. Исследовались тушки американской норки (*Mustela vison*). Определяли пол, взвешивали тушки и все внутренние органы с помощью электронных весов CASBEE MW-1200 и равноплечих весов. Измерялась длина кишечника с помощью сантиметровой ленты. Глазомерно определяли упитанность по внутреннему содержанию жира, сальник взвешивали. Возраст зверьков определяли по методике В. А. Попова (1943) и А. А. Сеницына (1988 а). При изучении питания исследовали содержимое желудков и кишечника 18 американских норок. Желудки взвешивались с пищей и без неё, определялись компоненты пищи.

Американская норка трофически пластичнее европейской. Она чаще поедает рыбу, способна быстрее переходить на питание вдруг появившимся в

массе доступным кормом. Зимой во время ледостава, при сильно ограниченном доступе к воде из-за отсутствия свободных ото льда участков воды или при использовании их выдрой, американская норка достаточно продолжительное время (до нескольких месяцев) способна кормиться в основном только мелкими млекопитающими, обитающими в пойме и по берегам. Поэтому она достигает значительно большей плотности населения на относительно полноводных реках.

При обилии пищи ходит мало, но в неурожайные годы порой ведет полукочевой образ жизни, проходя за сутки до 4–5 км. Делает запасы на холодное время года. При острой нехватке кормов совершает налеты на птичьи дворы (Машкин, 2007).

В состав пищи норки входят все элементы прибрежной фауны обитаемого ею района. Состав пищи изменчив. Он изменяется в зависимости от состава фауны данной местности, от времени года и по годам, в зависимости от урожайности того или иного вида, благоприятности условий добывания пищи и так далее. Поэтому наблюдения, справедливые для одной местности и в данный период, могут противоречить другим, полученным в другое время и в другом районе (Юргенсон, 1932).

В Омской области в питании американской норки главную роль играют мышевидные грызуны. Затем, по уменьшению значимости, в пищевом рационе идут рыба, раки, лягушки и водные насекомые. Разнообразие кормов зависит от времени года. Наиболее разнообразные корма встречаются в рационе этого вида норки летом. В рационе американской норки в это время доминируют млекопитающие (более 50%), по большей части это грызуны и в наибольшем количестве полевки, которые доминируют в качестве пищевого объекта. Из других млекопитающих в рационе американской норки также встречаются землеройки, но в небольшом количестве.

Из высших наземных позвоночных в пищевом рационе американской норки встречается до 11 видов мелких птиц, отмечено небольшое количество рептилий, а также амфибий и достаточно много рыбы, преимущественно мелких размеров – гольян, пескарь и т. д., хотя американская норка может поймать снулую рыбу весом до 1,0–1,2 кг (Сидоров и др., 2009). Также отмечено поедание ягод брусники и рябины. Норка делает значительные запасы корма.

Не менее важно также значение мелких грызунов, обитающих на побережьях водоемов, в особенности водяной крысы. Яйца, птенцы водоплавающих и прибрежных птиц, двустворчатые моллюски, водяные насекомые; улитки также в разной степени служат пищей норке. Случаи нападения норки на домашних уток и кур наблюдаются, но очень редки, и относятся исключительно к хозяйствам при водяных мельницах. Наблюдались также случаи, когда норка питалась на помойке (Юргенсон, 1932).

При сравнении американской норки с норкой европейской, очевидно их почти полное экологическое сходство с некоторыми преимуществами американской норки, основывающимися на несколько больших размерах и массе тела, а так же трофической пластичности. Поэтому эти два вида длительно не сосуществуют в природе. Там, где появляется американская норка, в течение 5–10 лет полностью исчезает европейская. Механизм этого исчезновения не сво-

дится к простому физическому изгнанию или конкуренции за использование одних и тех же экологических ресурсов, он гораздо сложнее (Машкин, 2007).

Питание американской норки изучали в Кировской области М. А. Гревцева и др. (1984) и А. В. Стерлягов (1991). Анализ содержимого экскрементов показал, что основными объектами питания норки являются мышевидные, птицы, земноводные, рыбы, насекомые. В 2 пробах обнаружены измельченные раковины моллюсков. В питании норки доминирующая роль отводится земноводным: в зимнее время – 71,42%, в период открытой воды – 51,63% (в среднем – 61,5%). На втором месте стоят мышевидные грызуны, причем в зимнее время процент мышевидных снижается в 4 раза по сравнению с летним периодом. Существенна роль рыбы в питании норок. Останки рыб составляют более 20% встреч. В период открытой воды доля рыб в питании незначительна – 2,91%. В зимний период значение рыб как компонента в питании зверьков повышается в 6,91 раз. Эта закономерность отмечена большинством авторов, изучавшим питание американской норки (Данилов, Туманов, 1976; Сеницын, 1988 и др.).

Максимальная масса исследованных нами желудков составила 37,4 г. Масса пустого желудка колебалась от 6,7 до 11,9 г. Из 25 норок у 7 в желудке и кишечнике не было остатков пищи. Длина кишечника норок у самок, как правило, меньше, в пределах 147–160 см, у самцов длиннее до 210,5 см.

В желудках и кишечниках у 18 исследованных нами норок в осенний период обнаружены млекопитающие (мышевидные), земноводные, рыба, птицы и растительные остатки в равных соотношениях. Встречались останки насекомых. Мышевидные представлены в основном полевками (род серые полевки *Microtus*), земноводные – травяной (*Rana temporaria*), остромордой (*Rana arvalis*) и озерной (*Pelophylax ridibundus*) лягушками, из рыб чаще регистрировались сеголетки щуки (*Esox lucius*), реже пескарь (*Gobio gobio*), верховка (*Leucaspius delineates*); птицы представлены мелкими воробьиными.

К концу лета-осени в организме американских норок создаются жировые резервы, необходимые для зимовки, калорийность основных компонентов их рациона существенно возрастает. Исследования ученых показали, что наибольший процент сухого вещества (жиров, протеинов, углеводов, минеральных веществ и других соединений) в корме и его калорийность характерны для насекомых, грызунов и птиц. У земноводных и рыб она заметно ниже (Туманов, Смелов, 1980).

Выводы. Наибольшая масса желудка американской норки антропогенных ландшафтов составила 37,4 г. Масса пустого желудка – 6,7–11,9 г. Длина кишечника от 147 до 210,5 см. В желудках и кишечниках исследованных норок антропогенных ландшафтов зарегистрированы мышевидные, земноводные, рыбы (чаще щука) и мелкие воробьиные, а также останки насекомых.

Литература

Гревцева М. А., Стерлягов А. В., Кибашева С. П. Питание американской норки в бассейне Средней Вятки // Проблемы охоты, воспроизводства и охраны промысловых зверей и птиц: Сб. науч. трудов. Пермь, 1984. С. 9–14.

Данилов П. И., Туманов И. Л. Экология европейской и американской норки на северо-западе СССР // Экология птиц и млекопитающих северо-запада СССР. Петрозаводск, 1976. С. 83–120.

Машкин В. И. Биология промысловых зверей России: учебное пособие для студентов биологических (охотоведческих) факультетов вузов; 2-е издание., перераб. и доп. Киров, 2007. 424 с.

Попов В. А. Новый показатель возраста куницевых (Mustelidae) // Доклад АН СССР. Т. 38. Вып. 8. 1943. С. 289–292.

Сидорович В. Е. Норки, выдра, ласка и другие куньи. Минск: Ураджай, 1995. 191 с.

Сидоров Г. Н., Кассал Б. Ю., Фролов К. В., Гончарова О. В. Пушные звери Среднего Прииртышья (Териофауна Омской области): монография. Омск: Наука; Полиграфический центр КАН, 2009. 808 с.

Синицын А. А. Определение возраста американской норки (*M. vison*) по комплексу признаков // Рационализация методов изучения охотничьих животных: Методические рекомендации / Под ред. д.б.н. С. А. Корытина. ВНИИОЗ. Киров, 1988 а. С. 58–64.

Синицын А. А. Особенности экологии и хозяйственное использование американской норки, акклиматизированной в равнинной части Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1988 в. 23 с.

Стерлягов А. В. Особенности экологии, охраны и использования американской и европейской норки в Камско-Вятском междуречье: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1991. 20 с.

Юргенсон П. Б. Норка. М.: Внииторгиздат, 1932. С. 7–11.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ЗАЙЦА-БЕЛЯКА

А. Г. Смирнов, О. В. Масленникова

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
olgamaslen@yandex.ru*

Охота на зайца-беляка с гончими основана на определенном поведении зайца при преследовании его собаками. Заяц, как правило, начинает «ходить» кругами, вернее замкнутыми кривыми. Ход зверя зависит от его повадок, а величина круга – от характера местности. Охотник, слушая гон зайца, старается правильно выбрать позицию.

Чтобы добыть зверя, надо с ним встретиться. Место, где охотник рассчитывает перехватить зверя, называется лазом. Определить лазы можно по ходу гонного зверя. Время года и погода также влияют на величину кругов. Ранней осенью, до сплошного снегопада, она будет меньше, чем поздней осенью, когда лес обнажится. В мороз, когда земля замерзает, радиус круга самый большой, а в ветреную погоду, когда голоса гончих слышатся слабее, он меньше, чем в тихую погоду, и форма круга менее правильная (Дмитриев, 1987). Поведение зайца зависит и от работы собак. Очень часто заяц-беляк обманывает гончих и уходит от преследования.

Материал для данного сообщения собирался нами в течение 11 лет на территории Тоншаевского района Нижегородской области. В основе лежат как личные наблюдения, так и опросные данные респондентов. Мы попытались обобщить наши наблюдения, которые проводились в течение длительного времени. Большая часть наблюдений собрана непосредственно на охоте с гончими.

Многие авторы описывают необычное поведение зайца-беляка. Случаи непредсказуемого поведения зайца-беляка были зафиксированы нами на охоте. Так, например, несколько раз нами было обнаружено, как заяц, уходя по кругу от собак, делал скидки, после чего запрыгивал на наклоненное дерево, на высоту от полутора до двух метров и затаивался, прижавшись к стволу дерева и прижав уши. Собаки его теряли, а заяц с завидным хладнокровием сидел на дереве, не обращая внимания на пробегающих под ним собак.

Случаи такого поведения были расшифрованы нами не сразу. В течение сезона мы охотились в одном участке леса, где собаки поднимали зайца почти в одном и том же месте, и после одного двух кругов заяц словно исчезал. Мы решили разобраться, в чем же дело. В результате мы нашли то место, где исчезал заяц, и обнаружили, что этим деревом заяц пользовался не один раз.

Подобные случаи зафиксированы и другими охотниками, только в качестве укрытия заяц выбрал пень спиленного дерева, выгнивший изнутри. Внутри него заяц прятался. Этого зайца добыли без выстрела, он был пойман охотником за уши.

В прошлом охотничьем сезоне 2012–2013 гг. мы обнаружили, что заяц в качестве укрытия выбрал штабель леса, находящийся в делянке. Этим укрытием он пользовался неоднократно. Сначала заяц делал несколько кругов, причем ходил он всегда разными местами, затем напрямую бежал к штабелю и прятался там так, что все попытки собак выгнать его из укрытия не приносили успеха. Добыть этого зайца мы так и не смогли.

Добытые зайцы, отличавшиеся подобным поведением, были взрослыми, причем хитрить могли как самцы, так и самки. Не менее интересен и тот момент, как заяц ходит на кругах под гончей. Нами и другими охотниками неоднократно были отмечены случаи, когда зайцы в качестве лазов выбирали асфальтированные автомобильные дороги. Заяц не просто перебегал через дорогу, а выскочив на нее, бежал по центру дороги чуть ли не километр, делал сдвойку и сметку прямо на дороге, после чего собаки теряли его, и приходилось их поправлять. Мы заметили, что заяц пользовался в основном одним участком автодороги.

Весной во время охоты с подсадной уткой мы видели, как уходя от преследования собак, заяц переплыл через полноводную реку. Подобный случай был отмечен еще одним охотником так же в весенний период. Мы заметили, что весной, уходя от преследования, заяц не старался ходить сухими участками леса, а выбирал такие места, где стояла вода, пробежав по такому месту собаки его теряли.

Нами зарегистрировано, что по кругу зайцы ходят неодинаково. Например, мы замечали, что некоторые зайцы, сделав один или два маленьких круга около лежки, начинали ходить гораздо более широкими кругами, перестав при этом выходить на лежку. Иногда заяц сразу начинал ходить на больших кругах, уводя со слуха собак, но при этом ходил почти по одному и тому же месту. Случалось, что заяц, сделав 1–2 маленьких круга у лежки напрямую уходил на расстояние до одного километра в другой участок леса и там, сделав один или два маленьких кружочка, переходил на другое место и все повторялось. На

лежку такой заяц больше не выходил, что представляло определенную сложность в его добыче, приходилось много передвигаться, чтобы добыть желанный трофей.

Надо отметить, что наиболее сильно пытались запутать след молодые зайцы, делая при этом небольшие и неправильные круги на одном участке леса, например, на небольшой старой делянке. Надо признать, что из-за большого количества набеганных заячьих следов собаки, особенно молодые, начинали путаться и теряли зверька, и поправить их становилось сложно особенно по черной тропе, приходилось снимать собак и переходить на другой участок угодий.

Взрослые зайцы, не выходя на лежку, ходили на больших кругах, уходя в отрыв, они начинали делать скидки и сдвойки. Разнообразен ход зайца. Некоторые ходят спокойно, оставив собаку больше чем на половину круга, часто останавливаясь и прислушиваясь, не забывая при этом запутывать следы. Другие идут очень быстро. Мы думаем, что это зависит от многих факторов: от количества собак, которые гонят зайца, от того насколько гончие паратые, какая тропа, черная или белая, влажно в угодьях или сухо, от наличия снегового покрова, рыхлости снега, его сухости и влажности, наличием наста и его глубины.

Мы отмечали и то, как менялось поведение зайцев-беляков в зависимости от климатических условий. В начале охотничьего сезона по чернотропу (октябрь, ноябрь) мы успешно охотились на зайцев в молодых прошлогодних делянках, или около делянок, на которых происходила валка леса. Мы думаем, что это обусловлено тем, что после и во время валки леса на делянке остается множество не только осинových веток, но и просто спиленных осин, по каким либо причинам оставленных. Зайцы этим пользуются и выходят кормиться на вырубке, поэтому в таких местах можно наблюдать большое количество заячьей поеди и следов его жизнедеятельности.

С выпадением снега картина менялась. В течение примерно двух недель заяц плотно лежал, не давая следа. Как правило, к этому времени заяц уже полностью становился белым. Перекочевав из молодых делянок в большой лес, он и там перемещается очень мало, буквально на нескольких квадратных метрах. Мы предполагаем, что это обусловлено тем, что заяц боится снега, т.к. ему нужно некоторое время, чтобы привыкнуть к новым климатическим условиям. На наш взгляд такая реакция на снег свойственна молодым белякам. Замечено, что в одних угодьях зайцы лежали и не давали след, а в других в то же самое время на них успешно охотились, но все добытые в это время зайцы - беляки были взрослыми.

Таким образом, поведение зайца-беляка лучше всего изучено самими охотниками, которые имеют наиболее тесный контакт со зверем. Особенности поведения зайца-беляка позволяют ему уходить от преследователей и увеличивать численность после резких спадов, которые наблюдаются периодически.

Литература

Дмитриев Б. В. Гончие. М: ВО «Агропромиздат», 1987. С. 175–186.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ КИШЕЧНИКА У ХОРЬКОВ (*MUSTELA PUTORIUS LINNAEUS*)

Н. А. Сунцова, Я. В. Черникова, М. Ю. Михопарова
Вятский государственный гуманитарный университет,
suntsova_nadi@mail.ru, chernikowa.yana@yandex.ru,
rita.mikhoparova@mail.ru

Из научной литературы известно, что в организме обнаружено около 55 микроэлементов, составляющих менее 1% от общей массы тела (Беренштейн, 1973). Все физиологические процессы и функции организма, а, следовательно, и устойчивость его к изменениям внешней среды связаны с определенной структурно-химической организацией клеток, тканей и органов. Биогенные микроэлементы входят в состав ферментов, гормонов, дыхательных пигментов, цитоплазмы, крови, лимфы, тканевой жидкости являются обязательными компонентами внутриклеточной среды и принимают непосредственное участие во всех жизненно важных процессах организма, в том числе обуславливают иммунные реакции (Уразаев, 1990).

Несмотря на обилие литературы по минеральному составу внутренних органов и крови, в доступной литературе не освещены вопросы, характеризующие распределение минеральных веществ по различным участкам кишечной трубки у пушных зверей.

Целью нашего исследования являлось изучение содержания макро и микроэлементов в кишечнике у хорька (*Mustella putorius* Linnaeus).

Материалом служили участки кишечника у самцов (n=6) и самок (n=6) хорьков клеточного содержания в возрасте восьми месяцев, набранных в ООО «Велюр» Кировской области. Концентрацию макро- микроэлементов (кальция, фосфора, калия, натрия, магния, селена, йода, железа, меди, цинка, кобальта) исследовали на атомно-абсорбционном спектрофотометре (Сатурн). Цифровые данные обрабатывали методами вариационной статистики с применением программы Statistica версия 6.0.

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены данные распределения макро и микроэлементов в кишечнике у самцов и самок. Так, например, количество кальция у самцов хорьков примерно одинаково в стенке двенадцатиперстной, тощей, подвздошной, ободочной и прямой кишках. У самок кальций содержится в тощей и прямой кишках на одном уровне. Выявленные различия между содержанием кальция у самцов и самок являются достоверными ($p \leq 0,001$).

Концентрация фосфора у самцов хорьков преобладает в прямой кишке – 6,35 г/кг, в то время как его концентрация в подвздошной кишке минимальна и составляет – 5,92 г/кг. У самок в его распределении между различными участками кишки не выявлено достоверных отличий ($p \geq 0,05$).

У самцов хорьков калий распределен в кишечнике относительно равномерно. У самок в наибольшем количестве он обнаружен в тощей кишке (5,09 г/кг), в остальных частях кишечника находится примерно на одном уровне.

Содержание натрия у самцов хорьков имеет тенденцию к превалированию в двенадцатиперстной кишке. Выявленные различия между его содержанием у самцов и самок в кишечнике являются достоверными ($p \leq 0,01$). У самок же достоверных различий между содержанием натрия в различных участках кишечника не выявлено.

Уровень магния у самцов хорьков достоверно выше в ободочной кишке по сравнению с прямой ($p \leq 0,05$). У самок вариации его количества составляют от 0,26 до 0,37 г/кг.

Количество селена у самцов хорька, как и у самок, варьирует примерно на одном уровне между различными участками кишечника. Выявленные различия между содержанием селена в кишечнике у самцов и самок являются достоверными ($p \leq 0,001$).

Изменение уровня цинка по кишечнику у хорьков имеет изменчивый характер. При этом максимальный уровень этого элемента зарегистрирован в двенадцатиперстной кишке (63,37 мг/кг), а самое малое его содержание в подвздошной кишке (55 мг/кг), а в остальных участках его количество практически равнозначно. У самок хорьков в разных отрезках кишки неравнозначно. В прямой кишке его концентрация в среднем меньше на 24%, чем в ободочной ($p \leq 0,05$).

Кобальт у самцов и самок в кишке у хорьков находится примерно на одном уровне, за исключением подвздошной кишки у самцов, содержание кобальта в которой меньше на 52% по сравнению с другими участками кишечника ($p \leq 0,001$).

У самцов хорьков количество меди преобладает в тощей кишке по сравнению с другими кишками ($p \geq 0,05$). У самок и самцов по содержанию в кишечнике меди не выявлено достоверных отличий.

Железо у самцов выявлено в максимальном количестве в двенадцатиперстной кишке – 105,45 мг/кг, в минимальном количестве в ободочной кишке – 87,60 мг/кг.

Йод по кишечнику у самцов распределен равномерно, у самок его количество достоверно ниже, чем у самцов ($p \leq 0,001$).

Минеральный состав кишечника у хорьков в возрасте 8 месяцев

Минеральные вещества	Пол	Отдел кишечника				
		Двенадцатиперстная кишка	Тошая	Подвздошная	Ободочная	Прямая
Кальций, г/кг	Самцы	2,21±0,06	2,15±0,17	2,38±0,04	2,19±0,06	2,39±0,01
	Самки	1,20±0,09	1,37±0,02	1,31±0,06	1,25±0,05	1,38±0,15
Фосфор, г/кг	Самцы	6,10±0,09	6,14±0,12	5,92±0,12	6,01±0,10	6,35±0,18
	Самки	4,81±0,35	4,74±0,19	4,90±0,51	5,19±0,46	5,27±0,73
Калий, г/кг	Самцы	8,28±0,08	8,04±0,12	8,24±0,09	8,28±0,13	8,17±0,13
	Самки	4,22±0,49	5,09±0,65	4,81±0,42	4,87±0,61	4,78±0,33
Натрий, г/кг	Самцы	2,34±0,06	2,15±0,08	2,06±0,05	2,07±0,07	2,24±0,09
	Самки	1,68±0,07	1,68±0,07	1,85±0,07	1,81±0,11	1,79±0,14
Магний, г/кг	Самцы	0,53±0,04	0,47±0,02	0,50±0,01	0,51±0,00	0,48±0,01
	Самки	0,32±0,05	0,30±0,02	0,30±0,06	0,37±0,02	0,26±0,04
Селен, мг/кг	Самцы	0,24±0,01	0,22±0,02	0,23±0,01	0,23±0,02	0,20±0,01
	Самки	0,12±0,00	0,15±0,03	0,12±0,00	0,15±0,04	0,12±0,00
Цинк, мг/кг	Самцы	63,37±0,88	62,67±1,16	55,00±3,21	62,27±0,07	62,17±1,35
	Самки	50,71±5,37	51,77±0,64	48,78±0,54	54,30±1,39	43,71±1,65
Кобальт, мкг/кг	Самцы	19,20±1,00	20,01±0,60	9,40±0,58	18,74±0,88	19,54±0,88
	Самки	18,23±2,17	17,94±0,94	19,49±0,87	18,45±1,21	18,44±2,36
Медь, мг/кг	Самцы	16,24±0,46	17,92±1,24	16,78±0,67	16,63±0,38	15,94±0,53
	Самки	13,20±1,47	12,38±0,75	12,01±1,51	10,12±1,16	13,16±2,06
Железо, мг/кг	Самцы	105,45±8,09	98,25±8,62	90,40±5,31	87,60±11,68	103,60±8,47
	Самки	137,10±5,85	137,86±8,61	140,11±16,08	125,64±13,08	132,14±8,88
Йод, мг/кг	Самцы	3,24±0,10	3,39±0,32	3,38±0,26	3,20±0,05	2,93±0,10
	Самки	1,02±0,21	1,01±0,25	1,29±0,12	1,05±0,04	0,99±0,27

Заслуживает внимания тот факт, что распределение микроэлементов в различных органах изученных участков кишечника у самцов и самок хорьков неоднозначно. При этом наибольшее содержание изученных минеральных элементов у самок хорьков выявлено в ободочной кишке, у самцов же наибольшее содержание этих элементов наблюдается в двенадцатиперстной кишке.

Литература

Беренштейн Ф. Я. Ветеринарная энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1973. С. 111–114.

Уразаев Н. А., Никитин В. Я., Кабыш А. А. и др. Эндемические болезни животных. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ЛИМФОИДНОЙ ТКАНИ И СТЕНКИ КИШЕЧНИКА У РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ ГРЫЗУНОВ

Н. А. Сунцова, Я. В. Черникова, Л. С. Михалева

*Вятский государственный гуманитарный университет,
suntsova_nadi@mail.ru, chernikowa.yana@yandex.ru, luda.m.2011@mail.ru*

В каждом организме имеются определенные микроэлементы, которые составляют небольшой процент от общей массы тела. Нормальная жизнедеятельность организма обеспечивается благодаря витаминам и биологически значимым микроэлементам. Живой организм способен синтезировать некоторые витамины, но не сможет создать ни одного минерала (Миндэлл, 2000).

Микроэлементы входят в состав ферментов, гормонов, дыхательных пигментов, структур клеток, цитоплазмы, крови, лимфы, тканевой жидкости. Содержание и соотношение микроэлементов и деятельность органа в той или иной среде организма в основном определяются физиологической ролью этого микроэлемента и деятельностью органа (Уразаев, 1990). В настоящее время в доступной литературе представлены единичные работы по концентрации минеральных веществ в лимфоидных органах пушных зверей (Сунцова, 2009).

Целью нашего исследования являлось изучение минерального состава лимфоидной ткани и стенки кишечника у растительноядных грызунов.

Материал от восьмимесячных самцов (n=6) и самок (n=6) нутрий (*Myocastor coypus* Molina) стандартного окраса набран в НПО «Пушнина» Слободского района Кировской области. Биоматериал от полуторогодовалых самок степных сурков (*Marmota bobak* Staius Muller). (n=6) набран в зверохозяйстве «Пушкинский» Московской области. Возраст клеточных пушных зверей датировался согласно племенным журналам зоотехнического учета. Минеральный состав (кальций, селен, йод, железо, кобальт) исследовался в подвздошной кишке, в «крупной» лимфоидной бляшке, расположенной на границе тонкой и толстой кишки и в лимфатическом узле тощей кишки на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Сатурн», у самок степных сурков только в подвздошной кишке.

Распределение минеральных элементов у грызунов имеет свои особенности. Кальций содержится у нутрий в основном в лимфоидной бляшке, и количество его тут в 2 раза меньше, чем у хищников (Сунцова, 2009). На втором месте по количеству кальция стоит подвздошная кишка (табл.). У самок степных сурков содержание кальция в подвздошной кишке превосходит самок нутрий на 11,8%.

Таблица

Минеральный состав подвздошной кишки и лимфоидных органов у нутрии

Минеральные вещества	Пол	Подвздошная кишка	Лимфоидная бляшка	Лимфатический узел брыжейки тощей кишки
Кальций, г/кг	Самцы	1,36±0,07	1,45±0,05	1,00±0,11
	Самки	1,51±0,09	1,56±0,03	1,12±0,05
Селен, мкг/кг	Самцы	0,16±0,01	0,16±0,02	0,22±0,02
	Самки	0,16±0,01	0,18±0,00	0,28±0,02
Кобальт, мкг/кг	Самцы	17,43±1,47	17,93±0,77	27,98±1,55
	Самки	17,43±2,36	17,79±2,18	23,22±2,45
Железо, мкг/кг	Самцы	117,12±2,34	99,54±5,57	129,82±1,13
	Самки	95,45±15,72	99,68±6,80	131,42±2,08
Йод, мкг/кг	Самцы	2,22±0,31	2,57±0,26	3,34±0,58
	Самки	3,13±0,18	2,90±0,13	4,10±0,05

Концентрация селена у нутрий в подвздошной кишке и в лимфоидной бляшке варьируется от 0,16 до 0,18 мкг/кг. У степных сурков его содержание в подвздошной кишке выше, чем у нутрий, на 23%. В лимфатическом узле его больше у самцов нутрий на 27,3%, у самок на 39%, чем в лимфоидной бляшке и подвздошной кишке.

Кобальта, как и селена, больше всего содержится в лимфатическом узле: у самцов на 35%, у самок на 25%. В подвздошной кишке и в лимфоидной бляшке его количество примерно на одном уровне. У самок сурков его содержание в подвздошной кишке также выше на 13,3%. Количество кобальта у грызунов в 1,5–2,5 раза меньше, чем у хищников (Сунцова, 2009).

Концентрация железа у нутрий выше в лимфатическом узле, но по-прежнему эти значения ниже, чем у плотоядных животных, на 40–45% (Сунцова, 2009).

В лимфоидной бляшке количество йода у нутрий приравнивается к хищным животным и доминирует в лимфатическом узле (табл. 1) (Сунцова, 2009).

Содержание селена, железа и йода максимально в лимфатическом узле, в лимфоидной бляшке промежуточные значения между лимфатическим узлом и подвздошной кишкой. Такая же тенденция сохраняется по кобальту.

У нутрии содержание кальция, железа, кобальта меньше, чем у плотоядных животных. Вероятно, это связано с характером потребляемого корма.

Выводы. 1. Селена, кобальта, железа и йода достоверно больше в лимфатическом узле. Селена в лимфатическом узле у самцов нутрий больше на 27,3%, у самок на 39%, чем в лимфоидной бляшке и подвздошной кишке, кобальта у самцов на 35%, у самок на 25%.

2. Количество кальция у нутрии достоверно меньше в лимфатическом узле.

3. Кальция, железа, кобальта у растительноядных грызунов меньше, чем у плотоядных животных. Кальций содержится у нутрий в основном в лимфоидной бляшке, и количество его тут в 2 раза меньше, чем у хищников.

4. У самок степных сурков кальция, селена, кобальта больше, чем у нутрий, на 11,8; 23,0; 13,3% соответственно.

Литература

Миндэлл Э. Справочник по витаминам и минеральным веществам // Медицина и питание, 2000. 130 с.

Сунцова Н. А., Газизов В. З., Евенко О. Е. Минеральный состав лимфоидной ткани у некоторых представителей псовых // Современные проблемы и методы экологической физиологии и патологии млекопитающих, введенных в зоокультуру: Мат. 4-ого Междунар. симп. Киров, 2009. С. 49–53.

Уразаев Н. А., Никитин В. Я., Кабыш А. А. Эндемические болезни сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОПИОНИЛХОЛИНЭСТЕРАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТЫ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА

К. П. Двухватская, О. М. Плотникова
Курганский государственный университет,
plotnikom@yandex.ru

Холинэстеразы – семейство ферментов из класса гидролаз, природными субстратами которых являются сложные эфиры холина с уксусной кислотой – это ацетилхолинэстераза, пропионовой и масляной кислотами – это соответственно пропионил- и бутирилхолинэстеразы, которые из-за большого содержания в сыворотке крови называются сывороточной холинэстеразой (ХЭ).

Ацетилхолинэстераза играет ключевую роль в процессах передачи нервного возбуждения холинергическими нервными волокнами, которые содержатся в периферической и центральной нервной системе позвоночных и беспозвоночных животных. Бутирилхолинэстераза (пропионилхолинэстераза), обнаруженная во всех клетках, осуществляет катализ гидролиза многих сложных эфиров, в том числе и лекарственных препаратов, например суксаметония (миорелаксант, который широко применяется в анестезиологии).

Активность сывороточной ХЭ – показатель функции печени, снижающийся при ее циррозе, а также гепатите, холецистите и многих других заболеваниях. Проведение мониторинга ХЭ обязательно для людей, работа которых связана с производством отравляющих веществ, получением и использованием инсектицидов, пестицидов и некоторых лекарственных препаратов – ингибиторов фермента. Ингибиторами ХЭ являются многие природные и синтетические соединения: фосфорорганические соединения, карбаматы, четвертичные аммониевые основания, гетероциклы. Снижение активности ХЭ свидетельствует об отравлении этими соединениями.

Более подробно в настоящее время изучен механизм каталитического расщепления ацетилхолина непосредственно ацетилхолинэстеразой. Это связано с большим распространением в 50-е годы фосфорорганических отравляющих веществ, входящих в химическое оружие.

Целью нашей работы стало исследование активности пропионилхолинэстеразы при воздействии на нее органических токсикантов, а также изучение устойчивости ее растворов в лабораторных условиях.

В качестве предполагаемого ингибитора изучали метилфосфоновую кислоту в концентрациях от 10^{-3} до 10^{-24} . Пробы холинэстеразы брали из раствора, который включал в себя буферный раствор тетраборнокислого натрия и борной кислоты (рН=7,38) и пропионилхолинэстеразу. Активность фермента определяли раствором ацетилхолина йодистого и красителя.

Принцип работы основывался на обесцвечивании красителя, то есть исчезновения хиноидной группировки в его составе, вследствие взаимодействия с кислотой, образующейся при ферментативном гидролизе ацетилхолина.

Влияние растворов метилфосфоновой кислоты на активность холинэстеразы в зависимости от времени воздействия представлены на рисунке 1 (в координатах время обесцвечивания раствора – концентрация МФК, выраженная отрицательным логарифмом). Максимальное влияние МФК наблюдается в диапазоне концентраций от 10^{-1} до 10^{-11} моль/л.

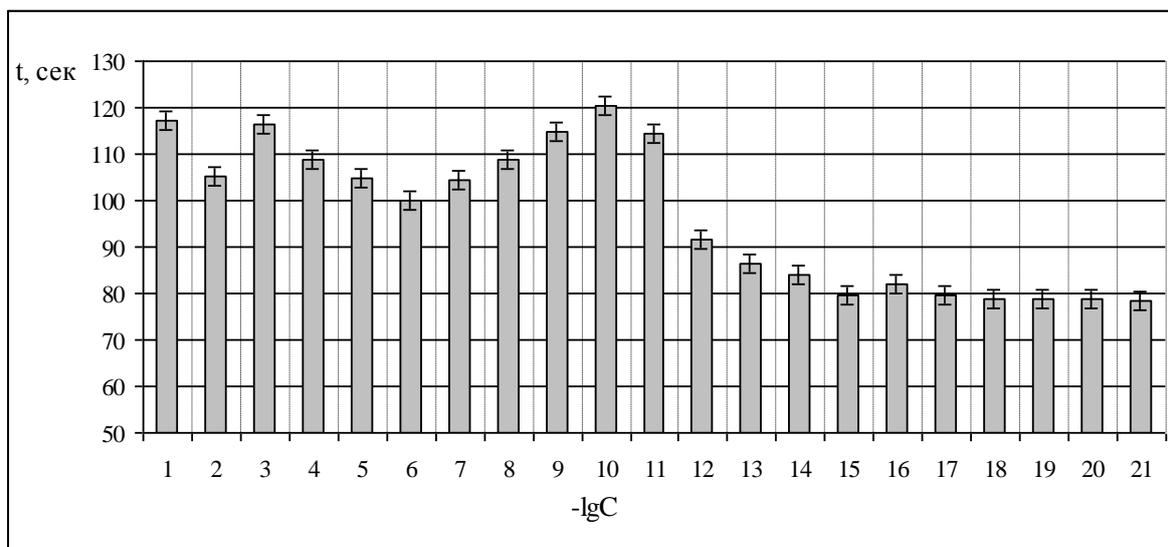


Рис. 1. Влияние растворов метилфосфоновой кислоты на активность холинэстеразы в зависимости от времени воздействия

В ходе исследования были определены сроки работы с ферментом, что очень важно для последующего планирования работы. При исследовании влияния МФК в концентрации 10^{-6} моль/л в течение трех недель было определено, что активность снизилась на 43% от первоначальной (рис. 2).

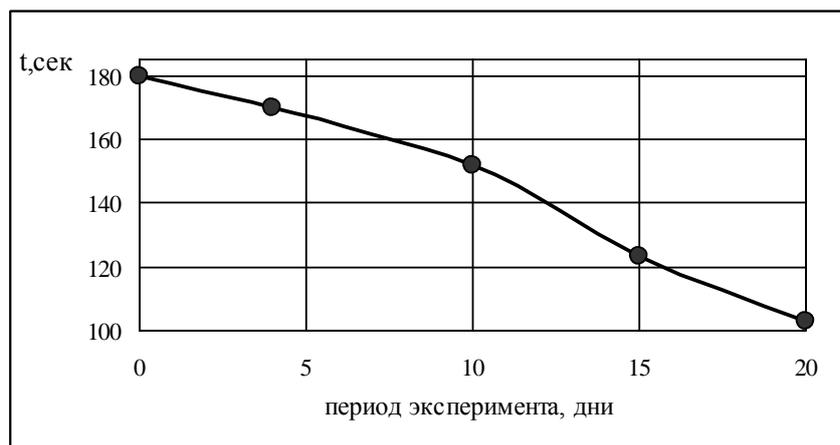


Рис. 2. Изменение активности холинэстеразы с течением времени

В ходе работы был определен рН оптимум для исследуемого фермента пропионилхолинэстеразы путем измерения изменения оптической плотности в зависимости от рН (рис. 3). Данные показали, что оптимальным значением является рН=7,38, что соответствует литературным данным для ацетилхолинэстеразы.

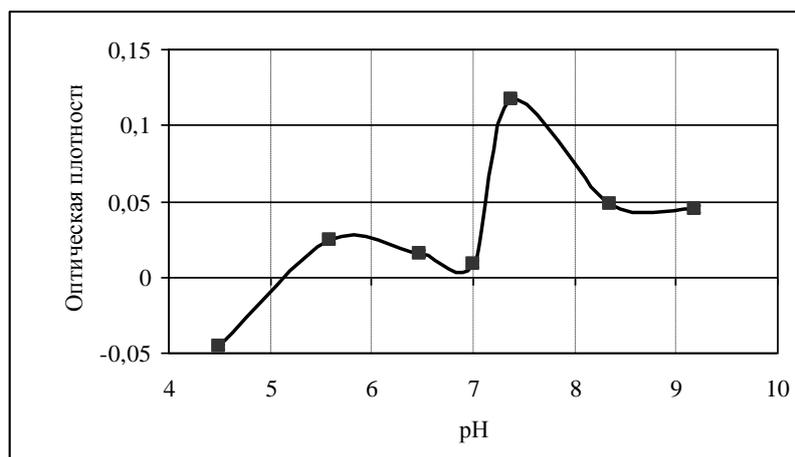


Рис. 3. Оптимум рН для активности пропионилхолинэстеразы

Таким образом, в результате исследований было найдено, что:

- влияние МФК на активность пропионилхолинэстеразы максимально в двух диапазонах исследуемых концентраций, что соответствует особенностям эффекта малых доз – проявление полимодальной активности;
- активность пропионилхолинэстеразы при хранении при 5 °С достаточно стабильна для проведения исследований;
- оптимум рН активности пропионилхолинэстеразы составляет 7,38.

Литература

Бурлакова Е. Б., Греченко Т. Н., Соколов Е. Н., Терехова С. Ф. Биофизика. 1986. Т. 31. № 5. С. 921.

Enzyme Nomenclature. Recommendations of the Commission on Biochemical Nomenclature of the Nomenclature and Classification of Enzymes. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1973.

ВЛИЯНИЕ ФОСФОНАТОВ НА ПРОЦЕССЫ ПЕРЕКИСНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ У ЛАБОРАТОРНЫХ МЫШЕЙ

Е. Е. Зернова, О. М. Плотникова

*Курганский государственный университет,
zernovalena@yandex.ru*

В настоящее время одной из наиболее острых проблем экологической биотехнологии является деструкция органических ксенобиотических соединений фосфора – фосфонатов и неорганических фосфитов. Среди этих соединений широкое распространение получил гербицид глифосат.

Загрязняющие вещества, поступившие в окружающую среду, вызывают развитие стрессовых реакций у растений. Под влиянием загрязнителей происходит нарушение баланса между механизмами, запускающими окислительные явления и клеточной антиоксидантной защитой. В результате в тканях повышается концентрация активных форм кислорода, которые вызывают окисление клеточных структур. В первую очередь происходит перекисное окисление липидов и белков. Оценить интенсивность перекисного окисления можно по накоплению в тканях конечных продуктов.

Окислительная модификация белков – один из ранних индикаторов поражения тканей при свободно-радикальной патологии. В процессе старения организма повышается чувствительность многих белков к окислению и накоплению в тканях их окисленных форм. Известно, что количество окисляющихся белков в клетке обусловлено генетически, и является ее постоянной фенотипической характеристикой.

В нормально функционирующем организме количество генерируемых оксидантов, необходимое для жизненно важных биологических процессов в клетке, регулируется антиоксидантной системой (АОС). Избыток образующихся реакционных молекул оказывает токсическое влияние, которое проявляется в окислении белков, жиров, углеводов и нуклеиновых кислот.

Цель данной работы определить изменения концентрации продуктов перекисного окисления липидов в крови лабораторных мышей после введения растворов метилфосфоновой кислоты (МФК) и глифосата.

Глифосат (N-(фосфометил)-глицин, $C_3H_8NO_5P$) состоит из производной глицина и метилфосфоновой кислоты, является неселективным системным гербицидом, занимая первое место в мире по производству среди гербицидов. Однако широкое длительное применение согласно литературным данным оказывает негативное влияние на теплокровные организмы. Полулетальная доза для мышей равна 5600 мг/кг.

Растворы МФК и глифосата в концентрациях 10^{-3} , 10^{-6} , 10^{-9} , 10^{-12} , 10^{-15} моль/л вводили подкожно белым лабораторным мышам, которые содержались в стандартных условиях вивария. По окончании эксперимента кровь центрифугировали и в плазме крови определяли малоновый диальдегид спектрофотометрическим методом. Полученные результаты в опытных группах мышей сравнивали с результатами в контрольной группе.

Малоновый диальдегид, образующийся при окислении остатков непредельных жирных кислот, является продуктом перекисного окисления липидов. Суть определения малонового диальдегида основана на реакции с тиобарбитуровой кислотой, которая при высокой температуре и низком значении pH протекает с образованием окрашенного триметинового комплекса, содержащего одну молекулу МДА и две молекулы тиобарбитуровой кислоты. Оптическую плотность определяли на спектрофотометре СФ-46 при $\lambda=532$.

Изменение содержания МДА в плазме крови лабораторных мышей после введения растворов МФК и глифосата приведены на рисунке.

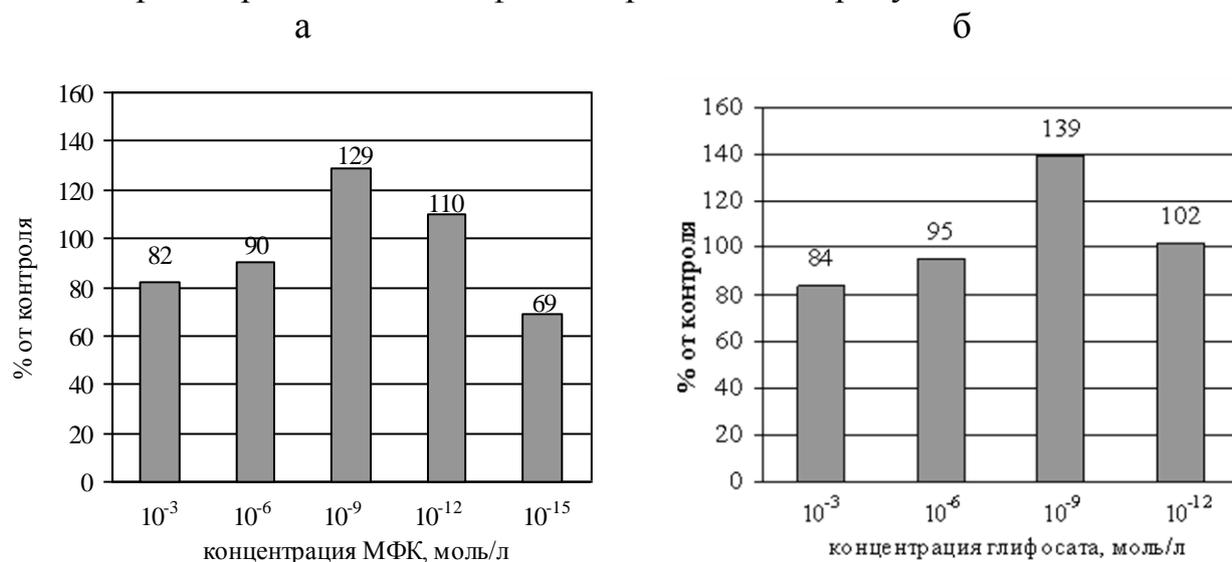


Рис. Содержание малонового диальдегида (в % от контроля) в плазме крови лабораторных мышей после введения растворов МФК (а) и глифосата (б)

Полученные результаты показывают, что более высокие концентрации МФК и глифосата оказывают аналогичное воздействие на теплокровный организм. Под воздействием достаточно высоких (10^{-3} и 10^{-6} моль/л) и низких (10^{-12} моль/л) концентраций МФК и глифосата содержание в плазме крови МДА, как продукта перекисного окисления липидов, снижается, а при концентрации МФК и глифосата 10^{-9} моль/л наблюдалось увеличение продуктов перекисного окисления на 30–40%.

Можно предположить, что высокие концентрации МФК и глифосата могут вести себя как «ловушки» радикалов, уменьшая токсическое действие радикальных частиц.

Таким образом, при исследовании влияния на процессы перекисного окисления липидов у лабораторных мышей растворов метилфосфоновой кислоты и глифосата, как представителей соединений с фосфор-углеродной связью, в диапазоне концентраций 10^{-3} – 10^{-15} моль/л было выявлено, что максимальное содержание малонового диальдегида в крови мышей наблюдалось под влиянием растворов в концентрации 10^{-9} моль/л.

Перекисное окисление – универсальный феномен жизни, а степень его выраженности характеризует тяжесть стрессов, переход от нормы к патологии.

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ НАРУШЕНИЯ В КЛЕТКАХ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОЛЕВОК-ЭКОНОМОК В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

О. В. Раскоша, О. В. Ермакова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

raskosha@ib.komisc.ru

Клетки высших организмов, как сложные биологические системы, в процессе эволюции выработали механизмы репарации и элиминации генетических повреждений, вызванных воздействием факторов как экзогенной, так и эндогенной природы. Вследствие этого достигается стабильность генома в течение всей жизни клетки. Однако, не все генетические нарушения в клетке репарируются полностью, частично они накапливаются, что выражается в увеличении генетического груза, который может передаваться последующим поколениям (Маленченко и др., 2007). Известно, что ионизирующая радиация способна индуцировать генетические повреждения в широком диапазоне доз. Следствием радиационно-индуцированной нестабильности генома клеток, как у облученных организмов, так и у их потомков, являются на тканевом уровне – морфологическая и функциональная нестабильность тканевых элементов, а на организменном уровне – риск развития опухолевой и, по всей вероятности, неопухолевой патологии (Воробцова, 2006). В последнее время в качестве клеточных систем биоиндикации генотоксических повреждений все чаще используют ткани с низким уровнем пролиферативной активности (Павлов и др., 2006), т.к. клетки в таких тканях существуют на протяжении длительного времени, и, следовательно, способны сохранять и накапливать повреждения ДНК. Целью настоящего исследования была цитогенетическая оценка щитовидной железы мышевидных грызунов, обитающих на участках с повышенным уровнем радиоактивности и изучение возможности трансгенерационной передачи этих нарушений потомству, которое содержалось в условия нормального радиационного фона.

Для проведения исследований были отловлены полевки-экономки на контрольном и радиевом участках (Республика Коми). В почвах радиевого участка содержание ^{226}Ra было на 3 порядка выше нормы, мощность γ -излучения превышала фоновые значения в 10–300 раз и варьировала в пределах 0,5–12,5 мкГр/ч. Суммарная доза облучения для группы животных, обитающих на этом участке, составляла от 1,2 до 24 сГр/год, реальные поглощенные дозы находятся в промежутке между этими значениями. В условиях загрязнения территории подземными радиоактивными водами популяция полевок-экономок обитает уже более 60 лет. Полевки с обоих участков были доставлены в питомник экспериментальных животных, где от них было получено потомство – F_1 , F_2 и F_3 .

Выявление цитогенетических нарушений в щитовидной железе осуществляли с помощью микроядерного теста (Павлов и др., 2006; Раскоша и др., 2013), анализа частоты повреждений ДНК – метод ДНК комет в нейтральной и щелочной версиях рН – двунитевые разрывы ДНК (ДР) и одنونитевые разрывы

ДНК (ОД) (Воробьева и др., 2007; Olive, 1999) и путем подсчета клеток, находящихся на стадии апоптоза – метод диффузии ДНК в геле (Singh, 2000). Мазки тироцитов окрашивали акридиновым оранжевым и подсчитывали частоту микронуклеированных тироцитов на 1000 клеток, апоптозана 500 клеток и долю фрагментации ДНК на 50 клеток на животное.

Изучение ответной реакции клеток щитовидной железы мышевидных грызунов из природных популяций, населяющих территории с нормальным и повышенным уровнем естественной радиоактивности показало, что хроническое облучение в малых дозах индуцирует повышение количества тироцитов с микроядрами по сравнению с контролем в 2,6 раза, при этом уровень клеток, гибнущих по механизму апоптоза и клеток с ОР и ДР ДНК оставался в пределах контрольных значений.

Анализ состояния генома клеток щитовидной железы у потомков от этих животных показал, что количество микронуклеированных тироцитов у полевок, предки которых обитали в условиях радиационного воздействия, сохранялось в пределах контроля, а достоверные отличия проявлялись по степени фрагментации ДНК и частоте клеток, гибнущих по механизму апоптоза. У животных F_1 отмечали повышение количества ДР ДНК ($p < 0,05$). В F_2 у полевок в щитовидной железе доля фрагментации ДНК от нормы не отличалась, но статистически значимо повышался уровень клеток на стадии апоптоза. У животных F_3 по сравнению с F_3 контрольной группы снижалась индукция ДР ДНК и клеток, находящихся на стадии запрограммированной гибели, при этом увеличивалась частота ОР ДНК ($p < 0,05$).

Следует отметить, что по сравнению с родителями (полевыми из природных популяций с загрязненных территорий) у их потомков (F_1 , F_2 , F_3), содержащихся в виварии в условиях нормального уровня радиационного фона, происходит уменьшение количества клеток с микроядрами и увеличение доли апоптозных клеток. Уровень ДР ДНК в щитовидной железе достоверно повышался у F_1 по сравнению с их облученными родителями (в 2,2 раза), в других поколениях животных различий не выявлено. Индукция ОР ДНК возрастала в третьем поколении полевок – потомков животных с радиоактивного участка по сравнению с их облученными предками.

Таким образом, обитание животных в условиях хронического воздействия γ -излучения приводит к цитогенетическим нарушениям в клетках щитовидной железы, выражающимся в увеличении индукции микроядер по сравнению с полевыми контрольного участка. Результаты, полученные на потомках облученных животных, являются весьма важными с прогностической точки зрения и свидетельствуют о том, что обитание в условиях повышенного радиационного фона может приводить к генетическим нарушениям в потомстве.

Работа поддержана грантами РФФИ № 13-04-01750а и № 13-04-90351-РБУа.

Литература

Маленченко А. Ф., Сушко С. Н., Савин А. О. и др. Биологические последствия комплексного воздействия радиоэкологических факторов зоны отчуждения ЧАЭС и канцерогенеза // Радиация и Чернобыль: Ближайшие и отдаленные последствия (Радиация и Чернобыль). Т. 4 Гомель: НУБЕГ«Институт радиологии», 2007. С. 136–141.

Воробцова И. Е. Трансгенерационная передача радиационно-индуцированной нестабильности генома // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 46. № 4. С. 441–446.

Olive P. L. DNA damage and repair in individual cells: applications of the comet assay in radiobiology // Int. J. Radiat. Biol. 1999. V. 75. № 4. P. 395–405.

Singh N. P. A simple method for accurate estimation of apoptotic cells // Exs. Cell Res. 2000. V. 256. № 1. P. 328–337.

Воробьева Н. Ю., Осипов А. Н., Пелевина И. И. Чувствительность лимфоцитов периферической крови летчиков и космонавтов к воздействию γ -излучения; индукция двунитевых разрывов ДНК // Бюл. Эксперим. биол. мед. 2007. Т. 144. № 10. С. 404–407.

Павлов А. В., Гансбургский А. Н., Гансбургский М. А. и др. Использование микроядерного теста для выявления генотоксических повреждений щитовидной железы // Бюлл. экпер. биол. 2006. Т. 141. № 1. С. 99–102.

Раскоша О. В., Ермакова О. В., Старобор Н. Н. Влияние хронического радиационного воздействия в разные периоды онтогенеза на частоту встречаемости микроядер в клетках щитовидной железы // Изв. Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3. С. 1138–1141.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПОЛЕВОК-ЭКОНОМОК КАК СТРАТЕГИЯ АДАПТАЦИИ К БАКТЕРИАЛЬНЫМ ИНФЕКЦИЯМ

О. Г. Шевченко^{1,2}, Л. Н. Шишкина³

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Сыктывкарский государственный университет

³ Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН,
shevchenko@ib.komisc.ru, shishkina@sky.chph.ras.ru

Проведение медико-биологических исследований нередко сопровождается анализом различных показателей эритроцитов крови, что обусловлено участием этих клеток в процессах, связанных с поддержанием гомеостаза на уровне целого организма. Широкое распространение получило также использование эритроцитов в токсикологических и фармакологических экспериментах, проводимых *in vitro*. В медицинских исследованиях анализируют эритроциты крови пациентов или лабораторных животных, при проведении работ в области сравнительной физиологии и экологии – эритроциты не только домашних, но и различных видов диких животных. Нами в течение нескольких лет исследовались (Шевченко, Шишкина, 2010) эритроциты крови полевки-экономки (*Microtus oeconomus* Pall.) – мышевидного грызуна, являющегося классическим объектом радиоэкологического мониторинга. Было показано, что в эритроцитах грызунов, испытывающих хроническое радиационное воздействие в малых дозах, наблюдаются связанные с интенсификацией процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) изменения характеристик липидов, оказывающие влияние на структурное состояние мембран эритроцитов. Вместе с тем нами было отмечено, что по количественным характеристикам состава фосфолипидов

(ФЛ) эритроцитов полевки-экономки существенно отличаются от лабораторных грызунов. Четко выраженных видовые различия в составе липидной компоненты мембран эритроцитов крови человека и ряда домашних животных были выявлены давно (Черницкий, Воробей, 1981), однако физиологическое значение этого феномена остается предметом дискуссии (Ivanov, 2007). В настоящей работе представлены результаты сравнительного анализа состава фосфолипидов эритроцитов крови одного из объектов радиоэкологического мониторинга – полевки-экономки, а также лабораторных грызунов, традиционно используемых в медико-биологических исследованиях.

Объектом исследования служили эритроциты крови полевок-экономок, как отловленных в природной среде (стационарный участок в Республике Коми), так и разводимых в питомнике в течение нескольких поколений, а также лабораторных животных – нелинейных мышей (*Mus musculus* L.) и крыс линии Вистар (*Rattus norvegicus* Berk.). Исследовали также эритроциты крови человека, любезно предоставленные сотрудниками отдела экологической и социальной физиологии человека Института физиологии Коми НЦ УрО РАН.

Проведенные нами исследования показали наличие существенных различий в количественном соотношении фракций ФЛ липидов эритроцитов крови не только между человеком и лабораторными грызунами, но и между представителями одного отряда Rodentia. Для ФЛ эритроцитов крови полевок-экономок (сем. Cricetidae) характерно низкое (2–7%) содержание сфингомиелина (СМ) по сравнению с лабораторными крысами и мышами (12–16%), относящимися к сем. Muridae. Подобное явление отмечено нами и у полевок-экономок, отловленных в другие фазы популяционного цикла, а также у зверьков, содержащихся в питомнике в течение нескольких поколений. Следовательно, необычные для млекопитающих количественные характеристики состава ФЛ эритроцитов у полевок-экономок не связаны с образом жизни и характером питания этих животных и являются генетически детерминированными. Анализ литературы показывает, что для эритроцитов млекопитающих разных видов СМ является одной из основных фракций ФЛ, причем у представителей отдельных семейств СМ может практически полностью замещать фосфатидилхолин (ФХ). Поскольку в литературе зачастую приводится неодинаковая размерность величин, что затрудняет адекватное сопоставление данных, мы рассчитали содержание СМ по отношению к суммарной доле всех холинсодержащих ФЛ – сфингомиелина и фосфатидилхолина $СМ/(СМ+ФХ)$. Несмотря на то, что различные исследователи использовали разные методы количественного определения состава ФЛ (ТСХ, ЯМР, масс-спектрометрия, ВЭЖХ), и результаты анализа, безусловно, зависели от пола, возраста, физиологического состояния человека и животных, а также сезона проведения исследований, в целом наблюдается удовлетворительное соответствие полученных нами результатов и данных литературы. При этом рассчитанный нами показатель был близок к единице для жвачных животных, колебался в пределах 0,35–0,55 для человека, свиньи и кошки, тогда как для грызунов составлял не более 0,16–0,3. Однако такого низкого значения соотношения $СМ/(СМ+ФХ)$ – 0,05–0,06, как у полевок-экономок, не наблюдали ни у одного из изученных видов. Очевидно, эта

особенность имеет определенный физиологический смысл. Известно, что СМ, содержащий в составе преимущественно насыщенные жирные кислоты, оказывает существенное влияние на структурно-функциональные свойства мембран – рост доли СМ способствует увеличению микровязкости липидной фазы, тогда как ее снижение сопровождается увеличением текучести мембран. Существуют данные, показывающие, что соотношение СМ и ФХ определяет не только осмотическую и гемолитическую устойчивость эритроцитов, но и их термостабильность, а также продолжительность циркуляции в кровяном русле (Ivanov, 2007).

У различных видов млекопитающих соотношение между СМ и ФХ в ФЛ эритроцитов крови различается в широких пределах. Так, СМ почти полностью замещает ФХ в эритроцитах крови жвачных, что связывают с эволюционной адаптацией к гемолитическому действию специфических аминофосфолипидных антител простейших жгутиковых, присутствующих в плазме крови этих животных (Gimenez et al., 2007). В эритроцитах верблюдов, овец и коз на долю СМ приходится до 65 % общего количества ФЛ, что, по мнению авторов, придает чрезвычайную устойчивость эритроцитам к осмотическому стрессу (Al-Qarawi, Mousa, 2004). Однако низкое, по сравнению с другими видами млекопитающих, содержание СМ ранее отмечали только в эритроцитах летучих мышей *Molossus molossus*, при этом физиологическое значение данного явления не анализировали.

Анализ литературы показал, что ряд патогенных микроорганизмов, в том числе и *Leptospira interrogans*, синтезирует фермент сфингомиелиназу, селективно гидролизующую СМ в мембранах эритроцитов и индуцирующую таким образом гемолиз, причем чувствительность к нему эритроцитов положительно коррелирует с содержанием СМ в составе ФЛ (Milhas et al., 2010; Oda et al., 2010). Более того, эритроциты крови животных, характеризующиеся низким содержанием СМ (лошадь), проявляют большую устойчивость к действию сфингомиелиназ по сравнению с эритроцитами жвачных (Titball, 1993). Известно, что лептоспирозы – группа природноочаговых инфекций, преобладающая среди зоонозов по широте распространения природных и антропоургических очагов, что обусловлено широким спектром резервуарных хозяев патогенных лептоспир и восприимчивых к ним видов животных (Ананьина, 2010). Наиболее активно и стабильно эпизоотические процессы лептоспироза начинаются и проходят в околородных станциях (Пашкин, 2009), а эпизоотический процесс в очагах лесного типа поддерживается за счет землероек и полевок-экономок, населяющих пойменные биотопы.

Можно предположить, что постоянная циркуляция возбудителей лептоспироза в популяциях полевок-экономок и определила уникальные количественные характеристики состава ФЛ их эритроцитов, что может представлять собой одну из эволюционно выработанных стратегий адаптации, направленных на выживание зверьков в условиях патогенного пресса. Безусловно, это лишь гипотеза, и необходимы дальнейшие исследования в данном направлении с привлечением специалистов из других областей науки. В целом изучение количественных показателей состава ФЛ эритроцитов крови других представителей рода *Microtus*

и видов подсемейства Microtinae необходимо для более детального анализа механизма адаптации мышевидных грызунов к условиям среды обитания.

Литература

Ананьина Ю. В. Паразитические и свободноживущие лептоспиреи (Leptospiraceae): эколого-генетические особенности // Зоол. журн. 2010, Т. 89. № 1. С. 48–52.

Пашкин А. В. Эпизоотологический контроль – составляющая национальной концепции химической и биологической безопасности Российской Федерации: Автореф. дис. ... докт. вет. наук. Нижний Новгород, 2009. 46 с.

Черницкий Е. А., Воробей А. В. Структура и функции эритроцитарных мембран. Минск, 1981. 216 с.

Ivanov I. T. Allometric dependence of the life span of mammal erythrocytes on thermal stability and sphingomyelin content of plasma membranes // Comp. Biochem. Physiol. 2007. V. 147 A. P. 876–884.

Шевченко О. Г., Шишкина Л. Н. Состав фосфолипидов эритроцитов крови полевок-экономок (*Microtus oeconomus* Pall.), обитающих в разных радиоэкологических условиях // Журн. эволюц. биохим. физиол. 2010. Т. 46. С. 37–44.

Al-Qarawi A. A., Mousa H. M. Lipid concentrations in erythrocyte membranes in normal, starved, dehydrated and rehydrated camels (*Camelus dromedarius*), and in normal sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra hircus*) // J. Arid Environm. 2004. Vol. 59. P. 675–683.

Gimenez G., Florin-Christensen M., Belaunzaran M.L. et al. Evidence for a relationship between bovine erythrocyte lipid membrane peculiarities and immune pressure from ruminal ciliates // Vet. Immunol. Immunopathol. 2007. Vol. 119. P. 171–179.

Milhas D., Clarke C. J., Hannun Y. A. Sphingomyelin metabolism at the plasma membrane: Implications for bioactive sphingolipids // FEBS Lett. 2010. Vol. 584. I. 9. P. 1887–1894.

Oda M., Takahashi M., Matsuno T. et al. Hemolysis induced by *Bacillus cereus* sphingomyelinase // BBA – Biomembranes. 2010. Vol. 1798. Issue 6. P. 1073–1080.

Titball R. W. Bacterial phospholipases C // Microbiol. Rev. 1993. Vol. 57. P. 347–366.

ПРОЛЁТ РЖАНКООБРАЗНЫХ ПТИЦ В БАССЕЙНЕ р. СЫСОЛА (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Е. В. Данилова

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
hvdan@rambler.ru*

Миграции птиц в бассейне р. Сысола, в отличие от бассейна р. Печора (Теплова, 1957; Естафьев, 1982), изучены недостаточно.

Визуальные наблюдения проведены в апреле-мае в районе с. Выльгорт в 2008–2011 гг. и в районе с. Ыб в 2013 г. по стандартной методике Кумари (1955). За время исследований в бассейне р. Сысола зарегистрировано 38882 особей 23 видов ржанкообразных птиц. На весеннем пролёте доминировали сизая (*Larus canus*) и озерная чайки (*L. ridibundus*), турухтан (*Phylomachus pugnax*), субдоминантами были чибис (*Vanellus vanellus*) и золотистая ржанка (*Pluvialis apricaria*).

Пролёт чаек в районе с. Выльгорт наблюдали 17 апреля – 10 мая и 19–30 мая (рис.). Чибисы, кроншнепы и веретенники массово мигрировали 26 апреля – 6 мая, ржанки – 10–19 мая. Основной пролёт чаек в районе с. Ыб зарегистрирован 2–28 мая, фифи (*Tringa glareola*) – 15, 20–22 мая. Массовые миграции турухтанов в районе с. Выльгорт и с. Ыб отмечены с 14 по 26 мая.

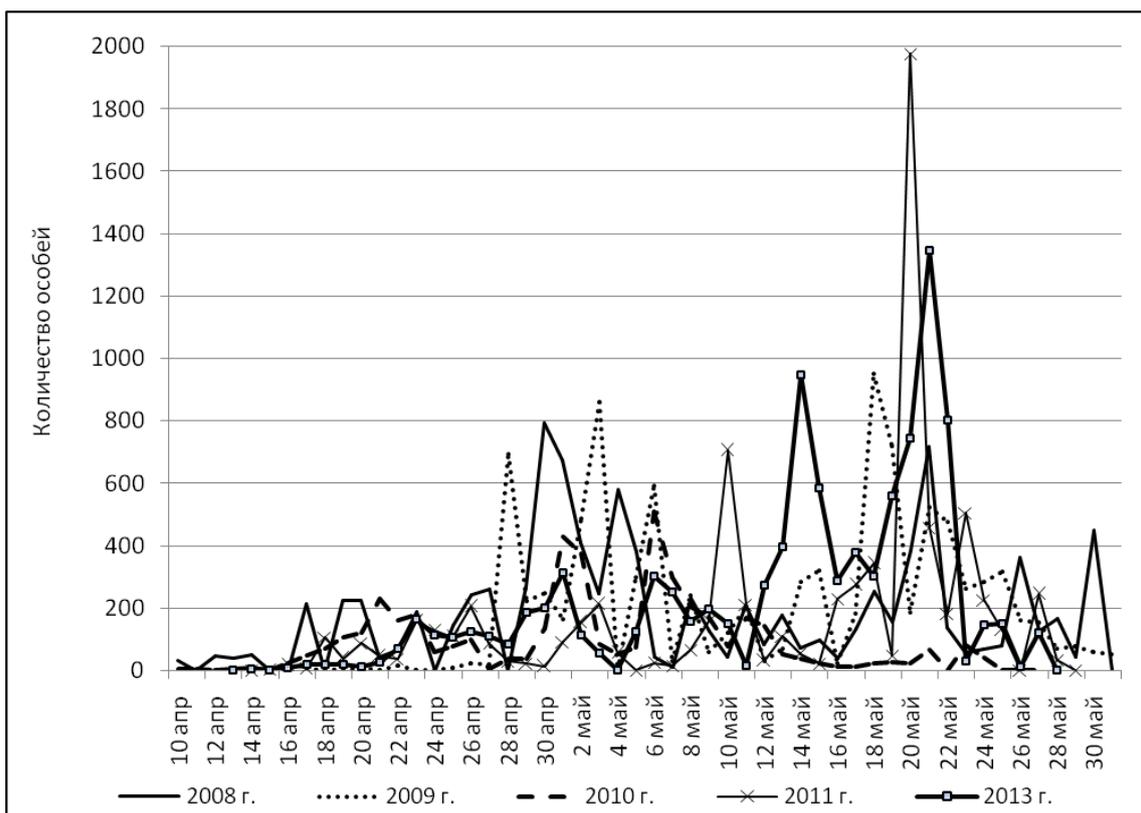


Рис. Динамика пролёта ржанкообразных птиц весной в районе с. Вьльгорт (2008-2011 гг.) и в районе с. Ыб (2013 г.)

Основное направление пролёта у ржанкообразных птиц наблюдали на север и северо-восток. Большинство птиц мигрировало на высоте до 100–150 м. Золотистая ржанка пролетала на высоте 200–300 м.

У большого веретенника, золотистой ржанки, перевозчика (*Actitis hypoleucos*) наблюдали два пика миграционной активности (с 7 до 10 и с 16 до 19 часов), у чаек практически в течение всего дня. У чибисов, кроншнепов, некоторых улитов отмечена утренняя активность с 7 до 10 часов утра. У турухтана – утром с 7 до 10 часов, вечером с 16 до 22.

Турухтаны, фифи, золотистые ржанки, средние кроншнепы (*Numenius phaeopus*), большие веретенники (*Limosa limosa*), в меньшей степени остальные ржанкообразные птицы во время весеннего пролёта совершали массовые остановки в бассейне р. Сысола.

Литература

Венгеров М. П. Перелеты птиц, гнездящихся в Коми АССР, по данным кольцевания // Известия Коми филиала, Всесоюз. геогр. о-ва. Сыктывкар, 1965. Вып. 10. С. 93–101.

Естафьев А. А. Сроки прилёта, размножения и отлёта гнездящихся птиц таежной зоны бассейна реки Печоры // Фауна Урала и прилежащих территорий, Свердловск, 1982. Вып. 10. С. 25–34.

Кумари Э. В. Инструкция по изучению миграции птиц. Тарту, 1955. 28 с.

Теплова Е. Н. Птицы района Печоро-Илычского заповедника // Тр. Печоро-Илычского гос. заповедника. Сыктывкар, 1957. Вып. VI. С. 5–115.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЫБ
р. МАМОКША ВЫШЕ И НИЖЕ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД
ОАО «САНЧУРСКИЙ МАСЛОЗАВОД»**

О. В. Масленникова, А. И. Береснева

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

olgamaslen@yandex.ru

Многообразие путей влияния загрязнений рыбохозяйственных водоемов на их рыбопродуктивность было отмечено уже в работах первых отечественных ученых. Так, О. А. Гримм писал: «Научные исследования и практика рыболовства всего мира единогласно показывают, что загрязнение вод различными фабричными и заводскими отбросами и сточными водами отрицательно влияет на рыбность бассейна и непосредственно, и косвенно и, отгоняя рыбу, и, стало быть, препятствуя ей в известных случаях нереститься и убивая её и её икру и молодь, с другой же стороны – уничтожая тем или иным путём насекомых, служащих главной пищей» (Гримм, 1896).

В ходе исследования ихтиофауны реки Мамокша, в пойме которой расположен ОАО «Санчурский маслзавод» отловлены особи 10 видов 3 отрядов: лососеобразные *Salmoniformes* – щука (*Esox lucius*), карпообразные *Cypriniformes*: карась золотой (*Carassius carassius*), лещ (*Abramis brama*), густера (*Blicca bjoerkna*), красноперка (*Scardinius erythrophthalmus*), плотва (*Rutilus rutilus*), пескарь (*Gobio gobio*), шиповка (*Cobitis taenia*), укляя (*Alburnus alburnus*) и окунеобразные *Perciformes*-окунь (*Perca fluviatilis*) (Масленникова, Береснева, Аскарова, 2014).

Сбор материала осуществляли в конце августа и в середине октября 2013 года. Были проведены обловы рыб выше и ниже стоков маслзавода. Улов рыбы производили набором ставных сетей с шагом ячеей от 18 до 35 мм с помощью местных рыбаков. Молодь рыб прибрежных участков отлавливали в августе мальковыми неводками. Выше стока в сети поймана 51 рыба общей массой 3135,4 г, ниже стока 139 рыб общей массой 4481,5 г. Всего поймано и обработано 358 рыб. Сбор и обработка ихтиологического материала проводили по общепринятым методикам (Правдин, 1966, Масленникова, 2012). Рыба взвешивалась, снимались 6 основных промеров. Определяли жирность, возраст рыб, пол и стадию зрелости половых продуктов. Для определения коэффициента упитанности рыбу необходимо взвесить и измерить длину туловища. Взвешивали рыбу на электронных весах с точностью до 1 грамма, длину измеряли с помощью линейки.

Материал обработали статистически (программа Statistica 6.1).

Выше стока ОАО «Санчурского маслзавода» было поймано 6 видов рыб: окунь, щука, лещ, густера, красноперка, плотва. В сети поймана 51 рыба общей массой 3135,4 г. В сетях с ячейей 18 мм рыбы не было отмечено, в сетях с ячейей 20 мм поймано 4 вида рыб: плотва, красноперка, густера, окунь. В данном улове преобладала плотва (85%) общей массой 1165,6 г. В сетях с ячейей 30 мм поймано 2 леща массой 135 и 100 г, а с ячейей 35 мм поймана щука массой 1,6 кг

и 1 окунь – 105 г. Выше стока было поймано всего 2 окуня общей массой 127,1 г.

В процессе исследований в октябре 2013 года в районе, прилегающем к месту поступления стоков с очистных сооружений ОАО «Санчурский маслозавод» поймано также 6 видов рыб, но в значительно большем количестве (139 против 51) общей массой 4481,5 г. В сетях с ячейей 18 мм ниже стока отмечен окунь – 40 шт. общей массой 1664,5 г и 1 щука массой 93г. Самыми уловистыми оказались сети с ячейей 20 мм. Было поймано 3 вида рыб общей массой 2450 г.: 76 плотвы, 14 красноперок и 6 густер. В ячейю 30 и 35 мм было поймано по 1 рыбе: карась золотой и щука.

Общая масса улова выше и ниже очистных сооружений маслозавода составила 7616,9 г, из них выше стока 41,2 % ниже сточных вод 58,8 %. В количественном отношении выше стока было поймано 26,8 % рыб, ниже 73,2% рыб. Средняя масса рыбы выше стока была выше и составила 61,5 г, ниже стока 32,5 г. Это связано с тем, что выше стока было поймано четыре крупных рыбы общей массой 1940 г (щука, 2 леща и окунь) – 62% улова.

Средняя масса плотвы выше стока несколько больше, чем ниже и составляет 26,7 против 24,6. Аналогично у густеры, 18,7 против 15,3. У окуня средняя масса ниже стока значительно превышает и составляет 41,1 против 22,1. Средняя масса красноперки ниже стока больше, чем выше стока и составляет 24,6 против 20, что статистически достоверно по критерию Стьюдента.

Показатель упитанности рыб характеризует состояние рыбы в данный момент и условия жизни рыбы в водоеме. Упитанность рыб определяли двумя способами: по Фультону (1902) с помощью формулы $Q = g \times 100 / L^3$ (где, Q -коэффициент упитанности; g -масса тела, г; L -абсолютная длина рыбы, см), и с помощью формулы предложенной нашими отечественными учеными ВНИИОРХа: $K = b \times 100 / l^3$ (где b - масса рыбы, г; l - промысловая длина рыбы, см) (Правдин, 1966). Полученные данные были статистически обработаны и отражены в таблице 1.

Таблица 1

Упитанность рыб выше и ниже стока

Виды	Выше стока		Ниже стока	
	$Q = g \times 100 / L^3$	$K = b \times 100 / l^3$	$Q = g \times 100 / L^3$	$K = b \times 100 / l^3$
Плотва	1,05±0,02	3,33±0,12	0,97±0,02	3,63±0,15
Окунь	1,2±0,2	3,5±1,5	1,22±0,02	3,15±0,09
Краснопёрка	1,05±1,03	2,5±0,2	1,06±1,03	2,2±0,3
Густера	0,93±0,04	1,5±0,5	1,06±0,03	2,8±0,3

Упитанность плотвы по отечественной формуле ниже стока несколько выше, чем выше и составляет 3,63 против 3,33. По Фультону наоборот упитанность плотвы выше стока несколько больше, чем ниже и составляет 1,05 против 0,97. Упитанность окуня по отечественной формуле выше стока несколько больше, чем ниже и составляет 3,5 против 3,15. По Фультону данные примерно равны 1,2 против 1,22. Коэффициент упитанности у краснопёрки по отечественной формуле выше стока маслозавода несколько больше, чем ниже и со-

ставляет 2,5 против 2,2. По формуле Фультона показатели примерно равны 1,05 против 1,06. Упитанность густеры по отечественной формуле ниже стока несколько выше, чем показатели ниже стока и составляют 2,8 против 1,5. Также и по формуле Фультона, ниже стока 1,06, а выше 0,93.

Коэффициент упитанности, определенный по формуле Фультона, имеет ошибку 15%, поэтому в настоящее время ею практически не пользуются. Данные полученные нами, используя формулу Фультона, не всегда согласуются с коэффициентом упитанности по формуле, предложенной отечественными учеными, что еще раз подтверждает неправомерность использования данной формулы.

Таким образом, коэффициент упитанности выше и ниже стока у всех видов рыб практически одинаков, то есть влияние стоков на упитанность рыб не отмечено.

У щуки, пойманной ниже стока массой 290 граммов, в желудке было обнаружено три травяных лягушки. Масса желудка 19,7 г (рис.).



Рис. Травяные лягушки из желудка щуки

Возраст рыбы определяется двумя методами: по чешуе и по костям. Мы определяли возраст рыбы по чешуе. По чешуе возраст рыбы определяется по числу годовых колец. Чешую брали с середины тела выше боковой линии под основанием спинного плавника. С каждой рыбы брали по 10 чешуек, затем отбирали 5–8 для исследования.

Чешую помещали в чашки Петри с 5% раствором нашатырного спирта для просветления. Через 3–5 минут чешую протирали марлевыми салфетками и помещали между двумя предметными стеклами. Возраст определили под стереомикроскопом МБС-1. Полученные данные были статистически обработаны и отражены в таблице 2.

У плотвы средний возраст ниже стока был несколько больше, чем выше и составил 3,63 против 3,33 года. У окуня средний возраст выше стока был несколько выше, чем ниже стока и составил соответственно 3,5 против 3,15 лет. У красноперки аналогично: 2,5 против 2,2. Разница в возрасте рыб выше и ниже

стока статистически недостоверна. У густеры возраст ниже стока значительно превышал её возраст выше стока 2,83 против 1,5, что статистически достоверно по критерию Стьюдента.

Таблица 2

Средний возраст рыб выше и ниже стока

Виды	Выше стока	Ниже стока
Плотва	3,33±0,12	3,63±0,15
Окунь	3,5±1,5	3,15±0,09
Краснопёрка	2,5±0,2	2,2±2,3
Густера	1,5±0,5	2,83±0,31

Только у густеры средний возраст ниже стока превышает таковой выше стока, у остальных рыб он практически одинаков.

Выводы. Ниже стока с очистных сооружений ОАО «Санчурский маслозавод» было зарегистрировано 6 видов рыб (отсутствовал лещ) по массе и количеству превосходящий вылов выше стока (4481,5 г. против 3135,4 г; 139 рыб против 51). Средняя масса рыбы выше стока была выше и составила 61,5 г, ниже стока 32,5 г. Это связано с тем, что выше стока было поймано четыре крупных рыбы общей массой 1940 г) – 62% улова. Разница в возрасте рыб выше и ниже стока статистически недостоверна. Коэффициент упитанности выше и ниже стока у всех видов рыб практически одинаков, то есть влияние стоков на упитанность рыб не отмечено.

Литература

- Гримм О. А. Каспийско-Волжское рыболовство, СПб., 1896. 184 с
- Масленникова О. В., Береснева А. И., Аскарова А. Р. Влияние стоков ОАО «Санчурского маслозавода» на ихтиофауну р. Мамокша // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: ООО «ВЕСИ», 2014. С. 54–57.
- Масленникова О. В. Методика биологического анализа рыб: Учебное пособие для лабораторно практических занятий по промысловой ихтиологии и для учебной практики по зоологии для студентов биологического факультета направления 020400- Биология. Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2012. 21 с.
- Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

МАТЕРИАЛЫ К ИХТИОФАУНЕ ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

С. Е. Шубин, В. М. Рябов, С. В. Кондрухова
 Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru

Ихтиологические исследования по программе «Летописи природы» в заповеднике «Нургуш» выполняются преимущественно на пойменных озерах (Филонов, Нухимовская, 1985). При этом мало внимания уделяется изучению видового состава малых рек. Таковыми на территории участка «Нургуш» являются: рр. Прость, Вишкиль, Крутец, Березовка, Хмелевая, Рель.

В июле и сентябре 2014 г. были осуществлены работы по изучению ихтиофауны р. Вишкиль – правобережного притока первого порядка р. Вятки. Он расположен в северной части охранной зоны заповедника (кв. 31 – 34, 38, 39). Общая длина реки 26 км, из них на территории ООПТ – 4,7 км, водосборная площадь 139 км². Ширина реки составляет от 1 до 5,8 м в межень с глубинами от 0,1 м на перекатах до 2,3 м в омутах ([http: www/ textual.ru](http://www/textual.ru)). Из-за высокой скорости течения в зимнее время остаются многочисленные участки, не покрытые льдом. Дно песчаное, незначительные илистые отложения имеются на тихих глубоких участках. В связи с протеканием реки через лесной массив, на всем ее протяжении в русле имеются многочисленные и обширные завалы и коряжники. Устьевая часть р. Вишкиль в пределах 31, 34 кварталов в период весеннего половодья затопляется и представляет собой единое целое с водными объектами пойменной части заповедника. Поэтому мы не принимали во внимание виды рыб, заходящие в паводковый период на этот участок.

Изучение видового состава рыб проводили путем визуальных наблюдений, отлова водным сачком и мальковой волокушей. Был определен видовой состав рыб и их обилие, возрастные группы. Результаты представлены в таблице. Названия видов приведены по Л. С. Бергу (1948).

Таблица

**Видовой состав, возрастные группы и обилие видов рыб
нижнего течения р. Вишкиль (июль, сентябрь, 2014 г.)**

№	Вид	Возрастная группа	Обилие вида
1	Щука – <i>Esox lucius</i> L., 1758	неполовозрелые	единичен
2	Плотва (сорoga) – <i>Rutilus rutilus</i> (L., 1758)	неполовозрелые, мальки	немногочислен
3	Елец – <i>Leuciscus leusiscus</i> (L., 1758)	все возрастные группы	многочислен
4	Язь – <i>Leuciscus idus</i> (L., 1758)	неполовозрелые	единичен
5	Лещ – <i>Abramis brama</i> (L., 1758)	мальки	единичен
6	Густера – <i>Blicca bjoerkna</i> (L., 1758)	мальки	единичен
7	Уклея – <i>Alburnus alburnus</i> (L., 1758)	все возрастные группы	обычен
8	Пескарь обыкновенный – <i>Gobio gobio</i> (L., 1758)	взрослые	обычен
9	Гольян речной – <i>Phoxinus phoxinus</i> (L., 1758)	все возрастные группы	многочислен
10	Голец усатый – <i>Barbatula barbatula</i> (L., 1758)	взрослые	единичен
11	Окунь – <i>Perca fluviatiles</i> (L., 1758)	неполовозрелые	обычен
12	Ерш – <i>Gymnocephalus cernuus</i> (L., 1758)	взрослые	единичен
13	Подкаменщик обыкновенный – <i>Cottus gobio</i> (L., 1758)	взрослые	единичен

Таким образом, в р. Вишкиль в вышеуказанный период было отмечено пребывание 13 видов рыб, принадлежащих к четырем отрядам. Следует отметить, что при понижении температуры воды к концу сентября происходит скат рыбы в р. Вятку. Так, при повторном обследовании реки осенью было отмечено присутствие только трех видов (пескарь обыкновенный, елец, гольян речной), относящихся к комплексу реофильных видов.

Впервые для заповедника «Нургуш» отмечено обитание подкаменщика обыкновенного, занесенного в Красные книги Российской Федерации (Красная..., 2001) и Кировской области (Красная..., 2014).

Литература

Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948–1949. Т. 1–3. 1381 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. Животные. М.: Астрель, 2001. 863 с.

Филонов К. П., Нухимовская Ю. Д. Летопись природы в заповедниках СССР. Методическое пособие. М.: Наука, 1985. 141 с.

[http: www. textual.ru](http://www.textual.ru) // Государственный водный реестр: р. Вишкиль (Большой Вишкиль).

ФАУНА ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЗАПОВЕДНОЙ р. СЮЗЬЮ (ТИМАНСКИЙ КРЯЖ)

В. Н. Шубина, Н. П. Соколова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

vshubina@ib.komisc.ru

В летний период 1994 и 2005 гг. на р. Сюзью (приток II порядка р. Печора), протекающей по особо охраняемой территории Тиманского кряжа, проведены гидробиологические исследования с целью инвентаризации ее биологических ресурсов. Река Сюзью длиной 140 км – река лососевая. Поскольку реки подобного типа имеют исключительное рыбохозяйственное значение (воспроизводство семги), то их сохранение представляет сегодня важную народнохозяйственную задачу. Известно также (Шубина, 2006), что лососевые реки северо-востока европейской части России обладают богатым видовым разнообразием фауны и флоры и совершенно ясно, что в интересах самого человека сохранить это разнообразие водных организмов, которое создано исторически в процессе многовековой эволюции. Сведения о беспозвоночных р. Сюзью в научной литературе отсутствуют.

Сбор количественных проб бентоса выполнен в июне 2005 г. на перекатах среднего течения р. Сюзью: в 2 км выше моста, в районе моста и в 30 км ниже него. Качественный сбор фауны произведен в июле 1994 г. в прибрежье перекатов р. Сюзью от устья р. Вузь-ель до деревни Аким. На исследованных перекатах реки преобладающие глубины – до 0,5 м, скорость течения – до 1,5 м/с, грунт – галечно-валунный с нитчатыми и ностоковыми водорослевыми обрастаниями, с наличием мха *Leptodictium riparium*.

В таблице приведены встречаемость, качественный и количественный составы донных гидробионтов в среднем течении р. Сюзью по сборам 2005 г.

Зообентос среднего течения р. Сюзью, июнь 2005 г.

Группа беспозвоночных	Встречаемость, %	Средняя численность зообентоса		Средняя биомасса зообентоса	
		экз./м ²	доля, %	мг/м ²	доля, %
Nematoda	50,0	189,7	1,1	2,19	0,1
Oligochaeta	100,0	1416,7	8,4	77,49	1,7
Hirudinea	16,7	1,4	<0,1	40,12	0,9
Mollusca	66,7	32,5	0,2	1878,33	42,2
Ostracoda	100,0	114,4	0,7	1,14	<0,1
Harpacticoida	16,7	2,8	<0,1	0,03	<0,1
Copepoda	33,3	3,9	<0,1	0,04	<0,1
Hydracarina	100,0	897,6	5,3	73,95	1,7
Araneina	16,7	1,4	<0,1	25,04	0,6
Odonata	16,7	1,4	<0,1	412,23	9,3
Ephemeroptera, lv.	100,0	214,0	1,3	228,59	5,1
Plecoptera, lv.	100,0	592,3	3,5	31,96	0,7
Coleoptera, lv.	66,7	416,4	2,5	84,44	1,9
Coleoptera, im.	50,0	126,2	0,8	93,39	2,1
Trichoptera, lv.	100,0	78,0	0,5	485,96	10,9
Trichoptera pp.	66,7	132,5	0,8	207,44	4,7
Simuliidae, lv.	83,3	227,9	1,4	105,58	2,4
Simuliidae, pp.	66,7	7,5	<0,1	6,01	0,1
Ceratopogonidae, lv.	33,3	46,0	0,3	16,40	0,4
Chironomidae, lv.	100,0	12056,5	71,8	392,82	8,8
Chironomidae, pp.	83,3	170,9	1,0	18,13	0,4
Diptera n/det., lv.	83,3	75,0	0,4	266,55	6,0
Всего		16805,0	100,0	4447,83	100,0

Сведения о структуре зообентоса на исследованных перекатах р. Сюзью приведены на рисунке. В составе донного населения р. Сюзью помимо 18 групп беспозвоночных, выявленных по количественным пробам, в качественных сборах фауны дополнительно к ним зарегистрированы Hydrae и Collembola. Постоянно (100%—я встречаемость) в оба года исследований в пробах бентоса присутствовали олигохеты, остракоды, водяные клещи, личинки поденок, веснянок, ручейников, хирономид. Высокую встречаемость (до 83%) в летний период имели личинки мошек и личинки ближе не определенных двукрылых. То есть среди донных беспозвоночных р. Сюзью отмечены те же группы, которые наиболее часто присутствуют в бентосе других лососевых рек Тимана (Шубина, 2006; Шубина и др., 2001).

Самые массовые донные организмы р. Сюзью – личинки хирономид (*Rheopelopia* sp., *Orthocladius* (*O*) gr. *saxicola*, *Thienemanniella clavicornis*, *Corynoneura* sp., *Cricotopus algarum*, *Eukiefferiella* sp., *Micropsectra curvicornis* и др.), на долю которых приходится более 70% от общего количества животных. Среди других групп беспозвоночных по обилию выделяются олигохеты *Lumbriculus variegatus*, *Stylodrilus heringianus*, *Tubifex tubifex*, *Tubifex* gen.sp., *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Spirosperma ferox*, *Specaria josinae*, *Nais alpina*, *N. behningi*, *N.*

communis, *N. pseudobtusa*, *Pristinella amphibiotica*, *Propappus volki*. Основу биомассы зообентоса исследованной реки составляют моллюски (доминирует вид *Lymnaea ovata*), ручейники (доминируют представители родов *Hydropsyche*, *Psychomyia*, *Polycentropus*, семейства Hydroptilidae) и двукрылые. Показатели количественного развития зообентоса р. Сюзью свидетельствуют о средней биологической продуктивности дна лососевых рек северо-востока европейской части России (Шубина, 2006). Специфические условия обитания донных беспозвоночных в лососевой реке Сюзью дают возможность преимущественного развития литореофильного биоценоза, приуроченного к стабильным галечно-валунным грунтам на перекатах, на проточных частях плесов. По В. И. Жадину (Жадин, 1950), в литореофильном биоценозе «в результате многовекового воздействия среды и естественного отбора сформировались виды животных и растений, которые своим строением приспособлены к своеобразным условиям жизни на камнях в текучей воде. В то же самое время почти все литореофильные животные получили повышенные требования в отношении качества воды в речном потоке». Общий характер фауны текучих вод исследованных регионов определяют реофильные и близкие к ним виды, предъявляющие высокие требования к кислородному режиму, предпочитающие стабильные твердые грунты и чистую воду. Литореофильный биоценоз характеризует донное население р. Сюзью в целом, отличается он довольно разнообразной фауной, основу которой составляют личинки амфибиотических насекомых. Среди них доминируют поденки (*Baetis fuscatus*, *Baetis* sp., *Heptagenia sulphurea*, *Ephemerella* sp., *Caenis* sp.), веснянки (*Rhabdiopteryx*?, *Taeniopteryx nebulosa*, *Amphinemura borealis*, *Leuctra fusca*, *Leuctra* sp., *Capnia* sp., *Diura* sp., *Siphonoperla burmeisteri*), жуки (*Elmis aenea* = *E. maugetii*, *Limnius volckmari*, *Oulimnius tuberculatus*), ручейники (*Ithytrichia lamellaris*, *Oxyethira costalis*, *Hydroptila* sp., *Agraylea multipunctata*, *Hydropsyche pellucidula*, *Hydropsyche* sp., *Polycentropus flavomaculatus*, *Psychomyia pusilla*, *Brachycentrus subnubilus*, *Lepidostoma hirtum*, *Athripsodes bilineatus*) и двукрылые (Simuliidae, Chironomidae). Среди ручейников установлен вид *Ithytrichia lamellaris*, занесенный в «Красную книгу Республики Коми» (Красная книга..., 1998) как редкий и малочисленный вид в водоемах Республики Коми и имеющий здесь северо-восточную границу ареала.

Анализ фауны р. Сюзью по экологическим признакам выявил, что в ней среди беспозвоночных преобладают генетически более древние группы животных, представители которых отличаются большой требовательностью к специфике биотопов, к высокому качеству воды в речном потоке: это – обитатели чистых, прозрачных и быстрых вод. Даже небольшое по масштабу загрязнение представляет для донного населения подобного типа рек повышенную опасность вследствие замедленного протекания на севере физических, химических и биологических процессов, определяющих способность среды к самоочищению и восстановлению. В подтверждение сказанному можно проанализировать результаты полученных нами данных. Изменение экологической обстановки р. Сюзью в районе строительства моста в сравнении с его выше и ниже расположенными речными участками повлекло за собой сокращение групп донных

беспозвоночных: с 18 до 12, снижение общего продукционного потенциала бентоса (рис.).

По гидробиологической классификации рек Европы (Illies, 1961), р. Сюзью относится к типу ритрона – к области размножения атлантического лосося *Salmo salar* Linné и обитания его молоди. В фауне ритрона доминируют личинки амфибиотических насекомых: веснянок, поденок, ручейников и двукрылых. В Сюзью, реке с повышенной минерализацией вод, помимо этих беспозвоночных большое значение в бентосе, как и в подобных лососевых реках Тимана, принадлежит моллюскам (Шубина, 2006).

Богатый биофонд р. Сюзью, наличие и доминирование древних отрядов амфибиотических насекомых (поденок, веснянок, ручейников, двукрылых) свидетельствуют о продолжительном пребывании гидробионтов в этой реке Тиманского края.

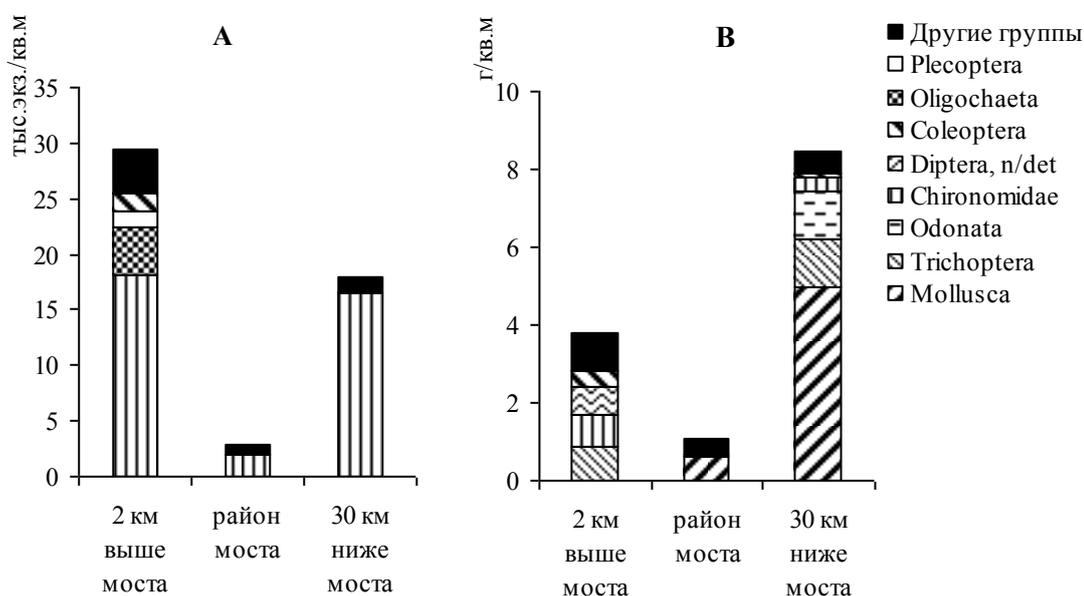


Рис. Структура численности (А) и биомассы (В) зообентоса в среднем течении р. Сюзью в районе моста, июнь 2005 г.

Воды ритрона населены чувствительными к загрязнениям организмами, поэтому любое нарушение среды обитания в реках подобного типа ведет или к значительным затратам на их восстановление, или к невозполнимым потерям. Для сохранения особенностей биоценозов лососевых рек, характеризующихся высоким уровнем видового разнообразия, следует сохранить специфику их биотопов, гидрологии и гидрохимии.

Авторы благодарны научным сотрудникам М. А. Батуриной, О. А. Лоскутовой и Е. К. Роговцовой за видовое определение олигохет, веснянок и водных жуков.

Литература

- Жадин В. И. Общие вопросы, основные понятия и задачи гидробиологии пресных вод // Жизнь пресных вод. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. Т. III. С. 7–112.
 Красная книга Республики Коми. М.; Сыктывкар: ДИК, 1998. 527 с.
 Шубина В. Н. Бентос лососевых рек Урала и Тимана. СПб.: Наука, 2006. 401 с.

Шубина В. Н., Шубин Ю. П., Стахиева Л. Е., Фефилова Е. Б. Бентос лососевых притоков Северной Двины в области Тиманского кряжа // Гидробиол. журн. 2001. Т. 37. № 5. С. 53–62.

Illies J. Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. Int. Revue ges. Hydrobiol. 1961. Bd. 46, N 2. S. 205–213.

МОЛЛЮСКИ КАК ОБЪЕКТ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С. А. Ермолина, А. С. Плотников

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
sweta_ermolina@mail.ru*

Одним из методов контроля за сохранением окружающей среды является паразитологический мониторинг. Паразиты могут быть индикаторами источников паразитарного загрязнения, изменений в экосистеме биотического и абиотического характера.

Одним из обязательных компонентов пресноводных экосистем являются трематоды. Трематоды с их сложным жизненным циклом давно стали объектом разнообразных гельминтологических исследований. Это объясняется тем, что мариты (гермафродитные поколение) сосальщиков часто вызывают серьезные заболевания – трематодозы, как у человека, так и у многих ценных видов домашних и промысловых животных (Жохов, 1987).

Среди последних первостепенное значение имеют моллюски рода *Lymnaea*, являющиеся как первым промежуточным хозяином для многих видов трематод на стадии развития партенит и личинок гермафродитного поколения трематод - марит (церкарий), так и дополнительным (метацеркарным) для некоторых видов. У большинства видов в жизненном цикле также присутствует, по меньшей мере, ещё один хозяин — позвоночное (Догель, 1981; Гранович и др., 2003).

Цель исследования – изучить степень зараженности личинками трематод моллюсков в водоемах на территории Сунского района Кировской области.

Материалом для работы послужили собственные сборы моллюсков, выполненные в 2013–2014 гг. Всего было обследовано три водоема, расположенные друг за другом и каждый из которых оборудован дамбой. Моллюсков собирали руками и водным сачком в летний период. Общее количество исследованных моллюсков составило 600 особей.

Паразитологические исследования проводились компрессионным методом, т.е. моллюсков вскрывали, отделяли 2–3 первых оборота раковины, извлекалась пищеварительная железа, которая помещалась между компрессионными стеклами, слегка раздавливалась и микроскопировалась под световым стереоскопическим микроскопом.

Принадлежность личинок трематод к семействам была определена согласно Атласу церкарий трематод Среднего Поволжья (Видеркер и др., 2009).

Результаты собственных исследований. В результате анализа трех исследуемых водоемов выявлены особенности видового разнообразия. Так, при исследовании первого и второго водоема из брюхоногих моллюсков были обнаружены 4 вида: обыкновенный прудовик (*Limnaea stagnalis*), ушковый прудовик, битиния личи (*Bithynia leachi*), роговые катушки (*Planorbarius corneus*). Особенностью обоих прудов можно отметить следующий факт: из четырех обнаруженных видов моллюсков только два были подвергнуты исследованию на зараженность личинками трематод. У битинии личи и роговой катушки встретились только пустые раковины. Видовое разнообразие моллюсков в третьем водоеме представлено обыкновенным прудовиком (*Limnaea stagnalis*) и роговой катушкой (*Planorbarius corneus*) (пустые раковины).

Для каждой особи устанавливалось наличие личинок паразита. Обычно партениты локализуются в гепатопанкреасе или пищеварительной железе. Визуально нами установлено, что у инвазированных моллюсков «печень», как правило, рыхлая, беловато-желтая, тогда как у интактных особей она упругая, темно-коричневого цвета. При высокой интенсивности инвазии спороцисты или редии высыпаются наружу и хорошо заметны даже невооруженным глазом.

В таблице представлены данные по стадиям развития трематод.

Таблица

Динамика экстенсивности инвазии личинками трематод моллюсков

Водоемы	Стадии развития паразита					
	Спороциста		Редии		Церкарии	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
1	46%	47,4%	38%	42,1%	42%	15,8%
2	50%	55,2%	50%	44,8%	48%	17,2%
3	56%	58%	54%	46%	46%	20%

Как показывают результаты исследования, экстенсивность инвазии личинками трематод моллюсков на всех стадиях развития значительно больше в третьем водоеме в среднем в 1,2 раза, чем в первом, то есть отмечается накопление паразита в нижележащем водоеме. Вероятно, это может быть связано и с площадью пруда. Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что к 2014 г. экстенсивность инвазии трематод на стадии спороцист несколько возросла, а на стадии церкариев наоборот, снизилась примерно в 2,5 раза.

В исследуемых водоемах по церкариям нами была установлена принадлежность личинок трематод к 6 семействам: *Echinostomatidae*, *Plagiorchiidae*, *Opisthorchiidae*, *Notocotylidae*, *Strigeidae*, *Diplostomidae*.

Как показывают полученные данные, различные семейства трематод избирательно выбирают своего хозяина. Семейства *Echinostomatidae*, *Plagiorchiidae*, *Opisthorchiidae*, *Notocotylidae* паразитировали в обоих видах прудовиков, а семейства *Strigeidae*, *Diplostomidae* паразитировали только в ушковом прудовике (*Limnaea auricularia*). Экстенсивность инвазии *Limnaea auricularia* на протяжении всего исследования из первого водоема была равна 0%, а в третьем водоеме данного вида прудовика не было найдено совсем.

Таким образом, было выявлено, что на протяжении 2013 и 2014 гг. динамика зараженности моллюсков личинками трематод имеет тенденцию к увеличению, что говорит о неблагоприятном эпидемиологическом состоянии обследованных водоемов. Вероятно, это связано с тем, что на прилегающих территориях к водоемам производится свободный выпас скота.

Литература

Догель В. А. Зоология беспозвоночных: учебник для университетов. М.: Высшая школа, 1981. 606 с.

Видеркер М. А., Игнаткин Д. С., Индирякова Т. А. Атлас церкарий и трематод Среднего Поволжья 2009.

Гранович А. И., Михайлова Н. А., Знаменская О. С., Петрова Ю. А. Многолетняя динамика зараженности трематодами совместнообитающих популяций литторин: опыт двадцатилетнего анализа в модельной точке губы Чупа Белого моря // Тез. докл. IV науч. сессии. СПб., 2003. С. 53–54.

Жохов А. Е. О цикле развития и биологии трематод // Паразитология. 1987. № 21. 36 с.

СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ВОДОЕМОВ В РАЙОНЕ ОБЪЕКТА ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ В пос. ГОРНЫЙ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ЗАВЕРШАЮЩЕМ ЭТАПЕ ЕГО РАБОТЫ

М. Ю. Воронин¹, Е. А. Танайлова², К. Г. Грищенко², А. А. Буланова¹
¹ *Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского,*
² *Государственный научно-исследовательский институт
промышленной экологии, voronintj@yandex.ru*

Мониторинг химического загрязнения окружающей среды, в том числе и последствий уничтожения химического оружия, предъявляет определенные методические требования к объекту исследования (Шляхтин, Завьялов, Перевозникова, 2007). Макрозообентос, как важнейший объект экологического мониторинга пресноводных водоемов, им соответствует. Организмы макрозообентоса обладают сравнительно большой продолжительностью жизни, следовательно, в большинстве случаев адекватно отражают средний уровень воздействия факторов среды за продолжительный период времени. Кроме того, сообщества макрозообентоса вносят заметный вклад в биотический баланс водоемов, поэтому изучение этой группировки целесообразно для определения состояния экосистемы в целом (Баканов, 1999). Целью настоящего исследования явилась оценка состояния макрозообентоса водоемов в районе объекта по уничтожению химического оружия (объекта) в пос. Горный Саратовской области на завершающем этапе его работы.

Отбор проб бентоса осуществлялся 19–21.09.11 г., 17–20.09.12 г., 13–15.05.13 г. и 26–30.08.13 г. на стационарных площадках, находящихся в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) (площадки № 1 и № 2) и в зоне защитных мероприятий (ЗЗМ) (площадки № 3, № 4, № 5, № 6) объекта по уничтожению химиче-

ского оружия (рис.). В качестве контрольной была выбрана площадка выше по течению р. Сакма за пределами ЗЗМ (№ 7). На всех стационарных площадках отмечались мелкодисперсные илистые грунты.

Всего было отобрано дночерпателем ДАК-250 на глубинах 0,7–1 м и обработано по общепринятым гидробиологическим методикам 28 проб макрозообентоса (Методика изучения..., 1975). Видовое определение проводили по «Определителю пресноводных беспозвоночных..., 1994 – 2004». По индексам Шеннона и Симпсона оценивали α -разнообразие сообществ (География и мониторинг..., 2002). Оценка экологического состояния водоемов проводилась по индексу сапробности Пантле-Бука в модификации Сладечека (Практическая гидробиология, 2006).

За период исследования в составе макрозообентоса водоемов в районе объекта УХО 1202 п. Горный обнаружено 58 видов гидробионтов: олигохет – 3: *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, 1862; *Psammoryctides barbatus* (Grube, 1861); *Tubifex tubifex* (O.F. Muller, 1773); пиявок – 2: *Batracobdella paludosa* (Carena, 1823); *Pisciola geometra* (Linne, 1761); амфипод – 1: *Gammarus pulex* (Linne, 1758); десятиногих раков – 1: *Pontastacus leptodactylus leptodactylus* (Eschholz, 1823); клещей – 1: *Hydrachnidia* sp.; стрекоз – 10: *Aeschna grandis* (Linne, 1758); *Coenagrion pulchellum* (van der Linden, 1823); *C. vernale* (Hagen, 1839); *Erythromma najas* (Hansemann, 1823); *Ischnura pumilio* (Charpentier, 1828); *Leucorrhinia pectoralis* (Charpentier, 1825); *Orthetrum cancellatum* (Finne, 1758); *Platycnemis pennipes* (Pallas, 1771); *Somatochlora metallica* (van der Linden, 1885); *Sympetrum flaveolum* (Linne, 1758); поденок – 2: *Caenis horaria* (Linne, 1758); *Ephemerella ignita* (Poda, 1761); вислокрылок – 1: *Sialis morio* Klingstedt, 1932; клопов – 1: *Plea minutissima* Leach, 1817; хирономид – 23: *Ablabesmyia* sp. Johannsen, 1905; *Chironomus* sp. Meigen, 1803; *Cladopelma* gr. *laccophila* Kieffer, 1921; *Cladotanitarsus* gr. *mancus*, Kieffer, 1921; *Clinotanipus nervosus* (Meigen, 1818); *Cricotopus* gr. *sylvestris* van der Wulp, 1874; *Cryptochironomus* gr. *defectus* Kieffer, 1921; *Dictrotendipes fuskonotatus* (Kieffer, 1922); *Endochironomus dispar* (Meigen, 1830); *Gliptotendipes barbipes* (Staeger, 1839); *G. glaucus* (Meigen, 1818); *G. paripes* (Edwards, 1929); *Paratanytarsus austriacus* (Kieffer, 1924); *Polypedilum bicrenatum* Kieffer, 1921; *P. convictum* (Walker, 1856); *P. cultellatum* Goetghebuer, 1931; *P. nubeculosum* (Meigen, 1818); *P. sordens* (van der Wulp, 1874); *Procladius* sp. Roback, 1982; *Psectrocladius sordidellus* (Zetterstedt, 1838); *Tanipus* sp.; *Tanytarsus excavatus* Edwards, 1929; *T. mendax* (Kieffer, 1925); мокрецов – 1; *Nilobezzia formosa* (Loew, 1869); ручейников – 4: *Ecnomus tenellus* (Rambus, 1842); *Leptocerus tineiformis* Curtis, 1834; *Oecetis furva* (Rambur, 1842); *Phryganea bipunctata* Retzius, 1783; жуков – 2: *Cybister lateralimarginalis* (De Geer, 1774); *Haliphus ruficollis* (De Geer, 1774); брюхоногих моллюсков – 4: *Bithynia tentaculata* (Linne, 1758); *Valvata planorbulina* Paladilhe, 1867; *Viviparus viviparus* (Linne, 1758); *V. contectus* (Millet, 1813); двустворчатых моллюсков – 2: *Anodonta cygnea* (Linne, 1758); *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Большая часть обнаруженных гидробионтов эврибионтные, широко распространенные в европейской части России виды, устойчивые к высокому уровню органического и химического загрязнения (Волга и ее жизнь, 1978).

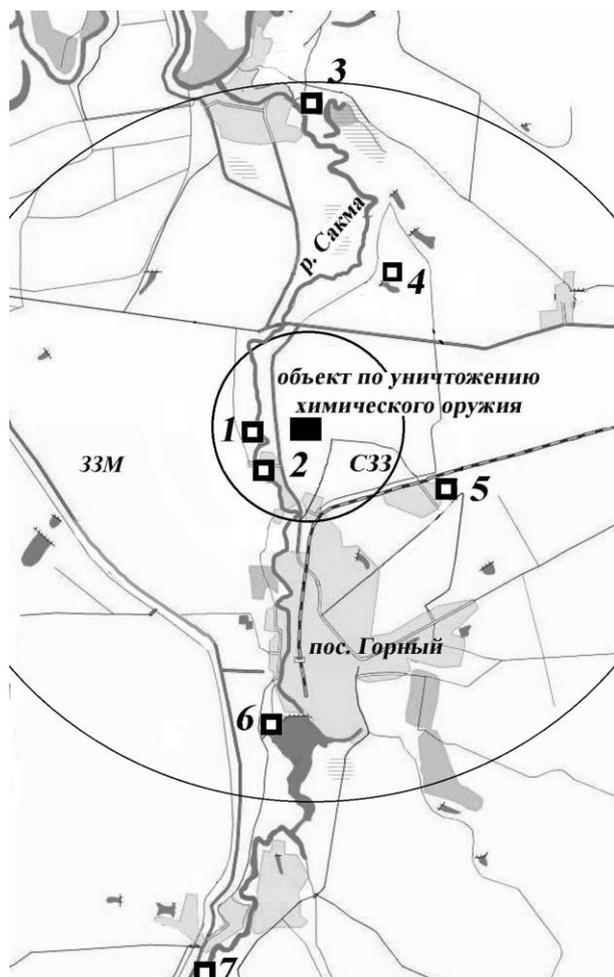


Рис. Схема расположения стационарных площадок (№ 1–7) в районе объекта по уничтожению химического оружия

Биомасса и численность макрозообентоса на исследованных стационарных площадках значительно варьировала от 0,15 до 391,2 г/м² и от 80 до 15800 экз./м² соответственно. Слабо развит макрозообентос в прудах в районе исследования (площадки № 4 и 5), здесь же наблюдается наименьшее видовое разнообразие. Существенных отличий видового богатства и разнообразия макрозообентоса на р. Сакма в СЗЗ, 33М объекта и контроле не отмечено (табл.).

Таблица

Медианы численности (N, экз./м²), биомассы (B, г/м²) макрозообентоса исследованных площадок, индексов видового разнообразия

№ стационарной площадки	N	B	D	H	E	M	S
1	620	156,12	0,25	1,90	0,86	6,5	2,11
2	780	18,98	0,15	2,48	0,91	10	2,25
3	1620	15,57	0,14	2,56	0,87	11,5	2,40
4	520	1,36	0,74	0,46	0,62	2	2,80
5	900	4,72	0,37	1,47	0,71	4,5	2,93
6	2160	9,88	0,30	1,92	0,63	8,5	2,51
7	1200	76,94	0,15	2,46	0,92	9	2,25

Примечание: индексы видового разнообразия: D – Симпсона, H – Шеннона, E – Пиелу, M – общее количество видов и индекса сапробности S

Значения индексов сапробности для стационарных площадок варьировали в пределах 1,75–3,59. Вычисленные медианы для каждой из площадок характеризуют условия в водоемах района исследования как β -мезосапробные – α -мезосапробные (умеренно загрязненные – загрязненные воды, 3-й и 4-й класс качества). Худшие условия наблюдаются в прудах (площадки № 4 и № 5) района исследования (табл.). Значения индексов сапробности, вычисленные для стационарных площадок р. Сакма, характеризуют условия как β -мезосапробные (умеренно загрязненные воды).

Литература

- Баканов А. И. Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. № 1. С. 108–111.
- Волга и ее жизнь. Л.: Наука, 1978. 352 с.
- География и мониторинг биоразнообразия. М.: НУМЦ, 2002. 432 с.
- Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука, 1975. 240 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Наука, Т. 1. 1994. 396 с.; Т. 2. 1995. 628 с.; Т. 3. 1997. 444 с.; Т. 4. 1999. 1000 с.; Т. 5. 2001. 840 с.; Т. 6. 2004. 528 с.
- Практическая гидробиология / Под ред. В. Д. Федорова, В. И. Капкова М.: Изд-во «ПИМ», 2006. 367 с.
- Шляхтин Г. В., Завьялов Е. В., Перевозникова Т. В. Опыт эксплуатации системы биологического мониторинга на объекте по уничтожению химического оружия в Саратовской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2007. № 1. С. 250–254.

ЗООПЛАНКТОН НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ПСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ САДКОВОГО РЫБОВОДСТВА

А. В. Черевичко

*Псковское отделение ГосНИОРХ,
acherevichko@mail.ru*

В последние годы садковое рыбководство – наиболее бурно развивающееся направление аквакультуры. Использование озер для рыбководных целей несет опасность их загрязнения. Вместе с кормами и продуктами жизнедеятельности рыб может поступать большое количество биогенных элементов, что стимулирует процесс эвтрофирования озер. Нами были изучены состав и структура зоопланктона нескольких озер Псковской области, используемых для садкового рыбководства.

Пробы зоопланктона собирали летом 2012 г. в пелагиали озер, облавливая столб воды от дна к поверхности стандартной количественной сетью Джели (газ № 64). Пробы были собраны на двух станциях: одна из которых расположена на участке вблизи садкового хозяйства, другая на контрольном участке, т.е. удалена от садков. Материал фиксировали 4%-ным формалином и обрабатывали в лаборатории стандартными гидробиологическими методами (Методические рекомендации, 1984).

Зоопланктон оценивали по видовому составу, численности (N), биомассе (B), доле отдельных групп в общей биомассе, индексу Шеннона, рассчитанному по численности (H_N) и биомассе (H_B), индексу сапробности (S_B), рассчитанному по биомассе, метод Пантле-Букка в модификации Сладечека (Sladec̆ek, 1973), средней индивидуальной массе зоопланктеров (W_{cp}).

Численность, биомасса и индексы видового разнообразия зоопланктона всех исследованных озер соответствуют мезотрофным водам. Индексы сапробности исследованных акваторий колебались в пределах 1,50–1,70, что соответствует β -мезосапробной зоне (умеренно загрязненным органическим веществом водам III класс качества) (табл.).

Таблица

Основные показатели зоопланктона, характеризующие экологическое состояние акваторий исследованных озер

Показатель	Забельское		Велино		Верято		Веснеболг	
	С	К	С	К	С	К	С	К
Число видов	14	20	14	16	15	16	13	16
N (численность, тыс. экз/м ³)	43,4	107,0	84,0	57,0	85,9	59,3	60,0	47,2
B (биомасса, г/м ³)	1,01	2,29	2,29	2,01	2,14	1,73	1,04	1,90
Индекс Шеннона (H_N/H_B)	3,2/2,7	3,6/2,8	2,2/2,3	2,7/2,4	3,2/3,1	3,1/2,6	2,8/2,7	2,7/2,5
Сапробность (S_B)	1,50	1,57	1,73	1,70	1,60	1,51	1,60	1,52
N_{clad} / N_{cop}	0,73	1,85	0,37	1,0	0,38	0,49	1,0	1,49
W_{cp}	0,023	0,021	0,027	0,035	0,025	0,029	0,034	0,040

Примечание: С – садки; К – контроль.

Полученные в ходе исследования данные позволяют говорить об имеющемся влиянии садковых хозяйств на состояние зоопланктона исследованных озер, которое выражено в изменении количественных показателей зоопланктона, его структуры, видового богатства и разнообразия на участках, подверженных влиянию садковых хозяйств, по сравнению с контрольными участками. Изменения структурных характеристик зоопланктона, очевидно, связаны с дополнительным поступлением в воду органических веществ, поступающих с кормами и продуктами жизнедеятельности рыб. При этом в зоопланктоне не изменяется состав доминирующих видов и не наблюдается массового развития видов-индикаторов органической нагрузки.

Наиболее значительные изменения сообщества планктонных беспозвоночных отмечены для участка садкового хозяйства оз. Забельское, они выражены в снижении видового богатства, разнообразия и количества зоопланктона, по сравнению с контрольным участком, а так же – снижению доли Rotifera и Cladocera и повышению доли Copepoda в общей численности и биомассе.

В озерах Велино, Верято и Веснеболг на участке садкового хозяйства зафиксировано некоторое снижение видового богатства зоопланктона, повыше-

ние общей численности и доли *Copepoda* по сравнению с контрольным участком, снижение среднего индивидуального веса зоопланктеров, что свидетельствует о преобладании мелкоразмерных групп *Copepoda*, а так же повышение индексов сапробности. В то же время возможной причиной снижения доли крупных ветвистоусых рачков в зоне садковых хозяйств может быть их выедание рыбами.

Есть данные, что в высокопродуктивных системах сообщества, обитающие в измененных в результате жизнедеятельности ключевых видов, характеризуются меньшим видовым богатством по сравнению с сообществами неизмененных биотопов, и, наоборот — в низкопродуктивных — бóльшим разнообразием видов (Wright, Jones, 2004).

Подобные изменения в зоопланктоне, в частности увеличение в сообществе доли веслоногих рачков отмечены для сообществ, развивающихся в местах влияния продуктов жизнедеятельности гидрофильных птиц (Кулаков, 2011). Возможной причиной такой реакции зоопланктона считают изменение концентрации азота и фосфора в воде. Поступление богатых азотом кормов и продуктов жизнедеятельности рыб может изменять соотношение азота и фосфора, что, в свою очередь, влияет на кормовую базу зоопланктеров. Как наблюдалось в удобряемых прудах, постоянный приток богатых азотом веществ может стимулировать развитие одноклеточных или ценобиальных быстрорастущих форм фитопланктона (в основном зеленых, иногда диатомовых), в результате чего система характеризуется высокой оборачиваемостью веществ и энергии (Лаврентьева, 1986).

Таким образом, изменения в зоопланктоне участков акватории озер, используемой для садкового рыбоводства, свидетельствуют о ее эвтрофировании.

Литература

Кулаков Д. В. Зоопланктон пресноводных водоемов в районе колониальных поселений птиц: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Борок, 2011. 22 с.

Лаврентьева Г. М. Реакция видового состава фитопланктона на введение в озера минеральных солей азота и фосфора // Сб. тр. ГосНИОРХ. 1986. Вып. 252. С. 20–31.

Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л.: Изд-во ГосНИОРХ, 1984. 33 с.

Sladeček V. System of water quality from biological point of view // Arch. Hydrobiol. 1973. Bd. 7. N. 7. S. 808–816.

Wright J.P., Jones C.G. Predicting effects of ecosystem engineers on patch-scale species richness from primary productivity // Ecology. 2004. Vol. 85. 8. P. 2071–2081.

ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ЗЛАТОК (COLEOPTERA, BUPRESTIDAE) РЕСПУБЛИКИ КОМИ

А. Ф. Ишкаева

Сыктывкарский государственный университет,
alfija_t@rambler.ru

Изучение лесной энтомофауны Республики Коми, расположенной в таежной зоне на северо-востоке Европейской части России, представляет на сегодняшний день большой практический и теоретический интерес.

Златки (Coleoptera, Buprestidae), как и другие ксилобионтные жесткокрылые, играют важную роль в лесных биоценозах. Достаточно быстро утилизируя кору и древесину, они вовлекают огромные массы органического вещества в цепи питания и поддерживают тем самым многообразие животных и растительных компонентов данных экосистем.

На территории бывшего СССР насчитывается более 400 видов златок (Рихтер, Алексеев, 1965). В Европейской части России встречается всего около 180 видов данного семейства (Лесная энтомология, 2011). Региональная фауна златок исследована недостаточно полно, невыясненными остаются и многие вопросы экологии данного семейства жесткокрылых. Отрывочные сведения о фауне и экологии златок Республики Коми содержатся в монографиях А. А. Рихтера (1949, 1952), в работах Н. А. Остроумова (Производительные силы..., 1953), К. Ф. Седых (1974), А. Л. Лобанова (1976), А. Ф. Ишкаевой (2002).

Исследования проводились в восьми различных точках Республики Коми в течение шести лет: в окрестностях п. Кажым (Койгородский р-н) и п. Шугрэм (Прилузский р-н), в равнинной и предгорной частях Печоро-Илычского заповедника, на Приполярном и Полярном Урале, в окрестностях г. Сыктывкара и г. Ухты, на биостанции СыктГУ. Использовались общепринятые в энтомологии методы сбора ксилобионтных жесткокрылых. Насекомые собирались со стволов и под корой деревьев. Применялись также оконные ловушки, устанавливаемые на стволах деревьев.

На территории Республики Коми обнаружено 16 видов златок, принадлежащих 9 родам. В таблице приводится список видов златок, указывается приуроченность каждого вида к определенным древесным породам.

Проведенные исследования показывают, что наибольшее количество видов златок региональной фауны связано в своем развитии с сосной и елью (11 и 7 видов соответственно). Самыми распространенными из них являются *Chalcophora mariana* (L.), хвойные златки рода *Buprestis*, а также представители рода *Phaenops*. Развитие двух видов (большой сосновой златки и синей сосновой златки) связано исключительно с сосной.

К лиственным деревьям приурочено небольшое число видов златок, всего пять. Это представители родов *Dicerca*, *Poecilota* и *Agrilus*. Вероятно, это объясняется преобладанием хвойных пород деревьев в регионе исследования.

**Приуроченность златок Республики Коми
к различным древесным породам**

№	Виды златок	Виды деревьев							
		сосна	ель	пихта	листвен- ница	береза	осина	ольха	ива
1.	<i>Chalcophora mariana</i> (Linnaeus, 1758) – Златка большая сосновая	+							
2.	<i>Viprestis haemorrhoidalis</i> Herbst, 1780 – Златка темная хвойная	+	+	+					
3.	<i>Viprestis novemmaculata</i> Linnaeus, 1767 – Златка пятнистая хвойная	+	+						
4.	<i>Viprestis octoguttata</i> Linnaeus, 1758 – Златка сосновая восьмиточечная, или златка синяя хвойная	+	+						
5.	<i>Viprestis rustica</i> Linnaeus, 1758 – Златка обыкновенная хвойная	+	+						
6.	<i>Viprestis strigosa</i> Gebler, 1830 – Златка таежная хвойная	+			+				
7.	<i>Dicerca alni</i> (Fischer v. Waldheim, 1823) – Дицерка ольховая					+		+	
8.	<i>Dicerca furcata</i> (Thunberg, 1787) (= <i>acuminata</i> (Pallas, 1782), <i>pec</i> (Degeer, 1774))					+			
9.	<i>Poecilonota variolosa</i> (Paykull, 1799) – Златка осиновая						+		+
10.	<i>Melanophila acuminata</i> (Degeer, 1774) – Златка пожарищ	+	+						
11.	<i>Phaenops cyanea</i> (Fabricius, 1775) – Златка синяя сосновая	+							
12.	<i>Phaenops guttulata</i> (Gebler, 1830) – Златка лиственничная	+			+				
13.	<i>Anthaxia quadripunctata</i> (Linnaeus, 1758) – Антаксия четырехточечная	+	+						
14.	<i>Chrysobothris chrysostigma</i> (Linnaeus, 1758) – Златка ребристая бронзовая	+	+						
15.	<i>Agrilus subauratus</i> (Gebler, 1833)						+		
16.	<i>Agrilus viridis</i> (Linnaeus, 1758) – Златка узкотелая зеленая					+	+	+	+
	Итого:	11	7	1	2	3	3	2	2

Примечания. Обозначения видов деревьев: сосна – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель – ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), пихта – пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), лиственница – лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), береза – береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и береза повислая (*Betula pendula* Roth.), осина – осина дрожащая (*Populus tremula* L.), ольха – ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), ива – *Salix* sp.

Анализ зоогеографической структуры фауны златок Республики Коми показал, что наибольшее число видов (11) имеют широкое транспалеарктическое распространение и встречаются от Западной Европы до Дальнего Востока. Это, например, *Phaenops cyanea* (F.), *Poecilonota variolosa* (Payk.), *Anthaxia quadripunctata* (L.), *Agrilus viridis* (L.).

Златка пожарищ (*Melanophila acuminata* (Deg.) имеет еще более широкое голарктическое распространение, встречаясь одновременно в Палеарктике и в Неарктике.

Более узкие, западно-центрально-палеарктические ареалы характерны для четырех видов златок (*Chalcophora mariana* (L.), *Vuprestis novemmaculata* L., *Vuprestis octoguttata* L., *Vuprestis rustica* L.) Эти виды широко распространены в лесных районах Европы и отчасти Сибири, а южные границы их ареалов захватывают в той или иной мере Ближний Восток, Среднюю и Центральную Азию.

Дальнейшие энтомологические исследования лесных сообществ на территории Республики Коми, весьма вероятно, дадут много новых интересных находок среди жуков семейства Vuprestidae.

Литература

Ишкаева А. Ф. Фауна и экология ксилобионтных жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) Европейского Северо-Востока России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2002. 22 с.

Лесная энтомология: учебник для студ. образоват. учреждений высш. проф. образования / Под ред. Е. Г. Мозолевской. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 416 с.

Лобанов А. Л. Новые виды жесткокрылых в фауне Коми АССР // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. VII симпозиума. Петрозаводск, 1976. С. 36–38.

Производительные силы Коми АССР. Животный мир. М.-Л., 1953. Т. 3. Ч. 2. 242 с.

Рихтер А. А. Златки (Vuprestidae). М.-Л., 1949. 258 с. (Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Т. XIII. Вып. 2. Ч. 2).

Рихтер А. А. Златки (Vuprestidae). М.-Л., 1952. 234 с. (Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Т. XIII. Вып. 4. Ч. 4).

Рихтер А. А., Алексеев А. В. Семейство Vuprestidae – Златки // Определитель насекомых Европейской части СССР. Л.: Наука, 1965. Т. 2. С. 283–303.

Седых К. Ф. Животный мир Коми АССР. Беспозвоночные. Сыктывкар, 1974. 192 с.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВЗГЛЯД НА ОЦЕНКУ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМОВ (НА ПРИМЕРЕ *DROSOPHILA MELANOGASTER*)

Е. А. Юшкова^{1,2}, В. Г. Зайнуллин¹

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Сыктывкарский государственный университет,
ushkova@ib.komisc.ru

Известно, что в основе приспособительных реакций организмов на изменение климатических (температура, влажность и др.) и антропогенных (радиоактивное и химическое загрязнение) условий окружающей среды лежат молекулярно-генетические механизмы (Шевченко, 1970; Салменкова, 2013). На сегодняшний день хорошо изучены такие процессы, как репарация, антиокси-

дантная система защиты, апоптоз, экспрессия определенных генов, изменчивость в нуклеотидных последовательностях ДНК и генах. Все эти клеточные реакции в той или иной степени тесно связаны с событиями эпигенетической регуляции, обусловленные перемещениями мобильных элементов (Ma et al., 2010).

В настоящем сообщении представлены результаты исследования о частоте транспозиций *hobo*-элемента в клетках *Drosophila melanogaster*, индуцированной хроническим облучением разной интенсивности. Данный элемент интересен тем, что он имеет широкое распространение среди рода *Drosophila*, является одним из источников репродуктивной изоляции популяций, вызывает дестабилизацию генома как в генеративных, так и соматических клетках независимо от направленности скрещиваний (Calvi, Gelbart, 1994). Экспериментальное изучение его радиационно-индуцированной активности дает возможность приблизиться к механизмам генетической адаптации на стрессовые воздействия у более сложноорганизованных организмов. Об этом свидетельствуют литературные данные о гомологии *hobo*-элемента дрозофилы с транспозонами млекопитающих (*Tol2*) и человека (*Charlie1-8*, *Cheshire*, *Zaphnod* и *MER69*), перемещения которых сопровождаются геномными нарушениями, включая образование ДНК-разрывов (International human..., 2001; Largaespada, 2003).

Оценку индукции *hobo*-элементов проводили путем дисгенной гибридизации референсных линий дикого типа дрозофилы *Oregon-R* и *Hikone-R*: самцов, имеющих полноразмерные копии *hobo*-элементов (*Oregon-R*, H-цитотип), скрещивали с самками линии *Hikone-R* (E-цитотип), не содержащей в своем геноме *hobo*-последовательностей.

Хроническое облучение проводили от источника ^{226}Ra (56 мГр/ч) при мощностях 0,42; 3,5; 40,3 мГр/ч. В зависимости от времени экспозиции и анализируемого показателя накопленные дозы гамма-излучения составили 0,008 и 0,05 Гр (для оценки частоты фрагментации ДНК), 0,12 Гр (для анализа стерильности), 0,12; 1; 11,6 Гр (для определения уровня мутабельности локуса *mini-white* и ПЦР-анализа). Все экспериментальные варианты содержали при стандартных условиях: температуре $25 \pm 0,1$ °C и фотопериодичности 12 ч свет/12 ч темнота.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы STATISTICA (версия 7.0.61.0, StatSoft, Inc., США, лицензия № 3145689012).

Существуют различные методы оценки активности мобильных элементов при воздействии стрессовых факторов. Наиболее используемыми генетиками являются классические тесты (тесты на атрофию гонад, эмбриональную смертность, мутабельность нестабильных локусов), а также современные цитогенетические и молекулярные методы («комет-тест» (*Comet assay*) и ПЦР-анализ). Комплексное изучение характера поведения исследуемого транспозона при радиационном воздействии показало, что по параметру «мутабельность нестабильного локуса *mini-white*» увеличение дозы хронического облучения в H-E дисгенных условиях приводит к росту частоты транспозиций *hobo*-элементов. Средняя частота нестабильности локуса *mini-white* составила 19,8 (при облуче-

нии 0,42 мГр/ч), 28,5 (при 3,5 м Гр/ч) и 31,6% (при 40,3 мГр/ч), что примерно в 1,8–2,9 раза достоверно выше контроля (10,9%).

По показателю атрофии гонад, с учетом того какая из родительских форм была облучена, обнаружено достоверное увеличение стерильности дисгенных гибридов относительно контроля ($48,9 \pm 3,5\%$) как после облучения материнской линии ($67,0 \pm 5,6\%$), так и после хронического облучения обоих родителей ($83,7 \pm 3,1\%$). Полученные данные свидетельствуют о том, что облучение может усиливать материнский эффект, инициируя определенные процессы в зародышевых клетках самок. Эти процессы, действующие аналогично SOS-ответу клеток бактерий, увеличивают выход повреждений ДНК, приводя, тем самым, к повышению уровня эксцизий мобильных генетических элементов (МГЭ). Более того изменение радиочувствительности дрозофил может быть обусловлено некоторыми особенностями контроля перемещений мобильных элементов. Важную роль в этом играют механизмы цитоплазматической и хромосомной регуляции. В основе цитоплазматического механизма лежит материнский эффект, связанный с накоплением в цитоплазме яйцеклетки белков, контролирующих транспозиционную активность МГЭ. Цитоплазматический тип регуляции преобладает над хромосомным только в условиях радиационно-индуцированной активации транспозонов, когда облученных реактивных самок скрещивают с интактными самцами, имеющие в генотипе полноразмерные копии МГЭ.

В ходе цитогенетического анализа было выявлено, что радиационно-индуцированная частота фрагментации ДНК в клетках эмбрионов и личинок сильно отличается (за исключением *Hikone-R* и E-H-недисгенных особей) и зависит от условий индукции транспозиционной активности. Выраженный эффект был зарегистрирован у необлученных дисгенных и недисгенных *Oregon-R* эмбрионов. После облучения уровень повреждений ДНК снижался примерно 1,5–2 раза, при этом между недисгенными и дисгенными вариантами было выявлено достоверное различие. Такая статистически значимая разница прослеживается и у особей личиночной стадии. Однако в отличие от реакции эмбрионов при дальнейшем влиянии радиационного фактора на личинок количество клеток с поврежденной ДНК возрастает, особенно в дисгенных условиях. Очевидно, на специфику проявления цитогенетических реакций эмбрионов и личинок влияет не только режим облучения, но и момент (время) включения индуцибельных репарационно-рекомбинационных систем, интенсивность которых в условиях облучения тесно связана с процессами транспозиционной активности.

С помощью молекулярно-генетического исследования была изучена структура *hobo* мобильного элемента у дисгенных и недисгенных особей *D. melanogaster*. Результаты ПЦР-анализа показывают, что облучение, особенно при мощностях 3,5 и 40,3 мГр/ч, приводит к индукции как полноразмерного (2000 пн), так и неполноразмерных копий *hobo*-элемента размером 700–1000 пн. Возможно, возникновение новых форм ДНК транспозонов происходит в результате рекомбинаций, частота которых повышается в условиях облучения большей интенсивности. Это может быть одно из проявлений «быстрой адаптации», обусловленное возникновением отдельных дополнительных генетических факторов (транспозонов), ответственных за устойчивость к стресс-

воздействиям. Число их копий увеличивается с повышением дозы ионизирующего излучения (Nothel, 1987).

Хроническое низкоинтенсивное облучение (0,42 мГр/ч) дисгенных потомков в отличие от контрольных и недисгенных вариантов приводит к образованию неполноразмерных копий *hobo*-элемента размером 1000 пн. Считаем, что в дисгенных условиях, когда активность транспозонов максимальна, действие небольшой мощности хронического гамма-излучения может оказаться достаточным для образования дефектных *hobo*-элементов. Последние могут иметь большое значение не только в изменении дисгенного статуса, но и в изменении уровня приспособленности особей, обитающих в неблагоприятных условиях среды.

Таким образом, оценивая полученные данные, можно заключить, что *hobo*-элементы, как «рецепторы стресса», реагируют на действие внешнего хронического облучения и на изменения его интенсивности (мощности). Увеличение числа «копийности» *hobo*-транспозона и возникновение структурно-новых его форм в ответ на облучение зависит от дисгенного статуса животных. Такая индуцированная модификация транспозонной структуры МГЭ может иметь преимущество при формировании адаптационных возможностей организмов в популяциях, испытывающих антропогенное давление среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программой Президиума УрО РАН (12-И-4-2006).

Литература

Салменкова Е. А. Молекулярно-генетические основы процессов адаптации и подходы к их анализу // Генетик., 2013. Т. 49. № 1. С. 94–102.

Шевченко В. А. О генетической адаптации популяций хлореллы к хроническому воздействию ионизирующей радиации // Генетика, 1970. Т. 6. № 8. С. 64–68.

Calvi B. R., Gelbart W. M. The basis for germline specificity of the *hobo* transposable element in *Drosophila melanogaster* // EMBO J. 1994. V. 13. № 7. P. 1636–1644.

International Human Genome Sequencing Consortium: Initial sequencing and analysis of the human genome // Nature. 2001. V. 409. № 6822. P. 860–921.

Largaespada D. A. Generating and manipulating transgenic animals using transposable elements // Reproductive Biol. Endocrinology. 2003. V. 1. P. 1–10.

Ma S., Liu X., Jiao B. et al. Low-dose radiation-induced responses: focusing on epigenetic regulation // Int. J. Radiat. Biol. 2010. V. 86. № 7. P. 517–528.

Nothel H. Adaptation of *Drosophila melanogaster* populations to high mutation pressure: Evolutionary adjustment of mutation rates // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1987. V. 84. № 4. P. 1045–1049.

СРАВНЕНИЕ РАДИОМОДИФИЦИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ГИПЕРИЦИНА И ИОНОЛА У *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Е. А. Юшкова^{1,2}, В. В. Пунегов¹, В. Г. Зайнуллин¹, И. С. Боднар^{1,2}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

² Сыктывкарский государственный университет,

ushkova@ib.komisc.ru

На сегодняшний день особую важность приобретают поиски радиозащитных средств нового типа, способные снижать мутагенное действие облучения и обладающие низкой токсичностью. В этом направлении активно ведутся исследования по тестированию веществ, полученных из природного растительного сырья. Многие традиционные протекторы проявляют свои противолучевые свойства в высоких концентрациях и при облучении в больших дозах, а также имеют нестабильную химическую структуру (Дубинин, 2001).

Изучение биологических свойств гиперического и ионора (ВНТ, butyl hydroxytoluene) исчисляется немалым количеством публикаций. Известно, что гиперичесин – пигмент, содержащийся в зверобое (сем. *Hypericaceae* Juss.), обладает антидепрессантным, антимикробным и фотосенсибилизирующими свойствами, и потому он нашел широкое применение в практической медицине, особенно в противоопухолевой терапии (Agostinis et al., 2002; Mennini, Gobbi, 2004; Saddiqe et al., 2010). Однако современные препараты, содержащие нерастворимый в жидких средах гиперичесин, малоэффективны и обеспечивают существенную эффективность либо совместно с токсическими растворителями (диметилсульфоксидом, N-метил-пирролидоном), либо только в составе водно-масляных эмульсий. Используемый в нашей работе гиперичесин является экспериментальным образцом, обладающим водорастворимыми свойствами и высокой биологической эффективностью.

В отличие от гиперического ионора является синтетическим веществом и хорошо известен в клинических и биологических исследованиях как сильный антиоксидант, агент противоканцерогенного действия (Brekke et al., 1994; Williams et al., 1999) и радиопротектор (Anjaria et al., 2011). Данные свойства ионора проявляются только при его воздействии на организм в невысоких концентрациях. В научных исследованиях ионора применяют в качестве стандартного вещества для сравнения антиоксидантного эффекта.

Цель исследования – оценить эффективность химических соединений (гиперического и ионора), имеющих различное происхождение, при радиационном воздействии на *Drosophila melanogaster* в экспериментах *in vivo*.

Совместное/отдельное влияние изучаемых факторов на дрозофил оценивали по уровню цитогенетических нарушений (ДНК-разрывов), определяемому методом «ДНК-комет» в нейтральной версии рН, и выживаемости особей. В качестве экспериментального материала использовали дрозофил дикого типа (линия *Canton-S*) и мутантов линий *Sodⁿ¹/+* и *Sod^{Delta02}/+*, характеризующихся низким уровнем синтеза Cu/Zn и Mn-супероксиддисмутазы. Питательную сахаро-агаровую дрожжевую среду обрабатывали растворами гиперического и ионора

в разных концентрациях (1, 10, 20 и 100 мкМ), на которую помещали родительские формы исследуемых линий дрозофилы для получения кладок. Общее время экспозиции гиперидина для всех выбранных концентраций было неодинаковым и зависело от анализируемого показателя: для определения частоты повреждений ДНК в соматических клетках дрозофилы экспозицию препаратом проводили в течение 5 суток, для оценки имагинальной выживаемости – 7 суток. Часть тестируемых вариантов подвергали облучению при мощностях экспозиционной дозы 0,42 и 40,3 мГр/ч (источником γ -излучения служил ^{226}Ra (56 мГр/ч)). При хроническом низкоинтенсивном облучении мощностью 0,42 мГр/ч накопленные дозы составили 0,05 Гр (за 5 суток) и 0,07 Гр (за 7 суток), при кратковременном γ -излучении мощностью 40,3 мГр/ч – 1 Гр (за 25 ч). Другую часть культивировали в условиях контроля (без облучения). При этом соблюдали стандартные условия содержания: температура $25 \pm 0,1$ °С, 12-ти часовой режим освещения.

Показано, что биологическая эффективность исследуемых препаратов зависит от генотипа животных. *Sod*-мутанты оказались более чувствительными к действию гиперидина и ионола, об этом свидетельствуют данные оценки частоты повреждений ДНК и выживаемости. При введении в диету дрозофил с низким уровнем синтеза эндогенных антиоксидантов (*Cu/ZnSod* и *MnSod*) гиперидин и ионол наблюдали увеличение числа поврежденных клеток и снижение выживаемости с повышением концентрации веществ. Отличие в действии этих химических компонентов было только у особей нормального фенотипа *Canton-S*, у которых гиперидин, вызывая достоверный цитогенетический эффект в дозах 10-100 мкМ, может благоприятно действовать на динамику выживаемости имаго, увеличивая её уровень. В то время как введение в диету дрозофил ионола не привело к значимому изменению профиля выживаемости и уровня ДНК-разрывов. Генотоксическое действие его наблюдали только при концентрации 10 мкМ.

Несмотря на то, что препараты в основном вызывают генотоксический эффект у интактных *Sod*-генотипов и в меньшей степени у *Canton-S* особей (особенно при действии гиперидина), они могут снижать число клеток с поврежденной ДНК в определенных концентрациях (1 мкМ гиперидина и 100 мкМ ионола), что свидетельствует о положительной эффективности данных препаратов при фоновых значениях радиации.

При воздействия ионизирующего излучения эффективность тестируемых веществ различается и зависит от режима облучения. В условиях влияния хронической низкоинтенсивной радиации (0,42 мГр/ч) наиболее эффективным оказался ионол при всех концентрациях и для всех исследуемых линий, при облучении мощностью 40,3 мГр/ч, наоборот, действие гиперидина выше, чем у ионола (за исключением особей линии *Sod^{Delta02}/+*, развивающихся на питательной среде с ионолом в концентрации 20 мкМ).

Цитогенетический анализ выявил, что при радиационном воздействии ионол и водорастворимая форма гиперидина обладают различными радиомодифицирующими свойствами. Гиперидин при воздействии радиации может выступать в качестве радиосенсибилизатора как в клетках с низкой антиоксидант-

ной активностью, так и в клетках с нормальным их синтезом. Об этом свидетельствуют результаты, показывающие, что для линии *Sodⁿ¹/+* радиочувствительность клеток повышается при действии 100 мкМ гиперицина, для линии *Sod^{Delta02}/+* – при 10 мкМ, для дрозофил дикого типа *Canton-S* диапазон концентраций его влияния больше и составляет 1 мкМ (при мощности 40,3 мГр/ч) и 20-100 мкМ (при 0,42 мГр/ч). Однако ионол на фоне генотоксического эффекта может снижать чувствительность клеток к радиации в зависимости от её интенсивности. Так, независимо от мощности ионизирующего излучения у мутантов *Sodⁿ¹/+* увеличение радиоустойчивости клеток наблюдается практически при всех концентрациях вещества, у *Sod^{Delta02}/+* – при 1–10 мкМ, у особой нормального фенотипа *Canton-S* – только при 20 мкМ. Исключением являются дрозофилы (*Sod^{Delta02}/+*), имеющие дефекты в синтезе Mn-супероксиддисмутазы, у которых при его действии в концентрациях 20 и 100 мкМ наблюдается синергическая реакция.

Наряду с генотоксической активностью исследуемый образец гиперицина в определенных концентрациях (20-100 мкМ) способствует увеличению имагинальной выживаемости дрозофил дикого типа *Canton-S*, развивающихся в условиях хронического облучения (0,42 мГр/ч). Для облученных *Sod*-мутантов характерна обратная реакция, при которой обработка гиперицином в концентрации 10 мкМ приводила к достоверному снижению показателя выживаемости. Радиобиологическая оценка эффективности ионола у исследуемых *sod*-вариантов по сравнению с таковой у линии *Canton-S* (у которой не обнаружено достоверного влияния ВНТ) показала либо значимое уменьшение (у обеих мутантных линий при дозах выше 1 мкМ), либо повышение (только у линии *Sodⁿ¹/+* при низкой концентрации в 1 мкМ) уровня выживаемости хронически облученных животных.

Таким образом, эффективность тестируемых препаратов в различных режимах (хронического/кратковременного, низко-/высокоинтенсивного) воздействия радиации и при различных накопленных дозах неодинакова. Ионол более эффективен при хроническом низкоинтенсивном облучении, водорастворимая форма гиперицина – при кратковременном γ -излучении большей мощности. По цитогенетическому показателю ионол, как эффективный антиоксидант, проявляет умеренную радиозащитную активность при концентрациях, не превышающих 20 мкМ. Гиперицин в зависимости от мощности ионизирующего излучения и заданной концентрации способен вести себя как радиосенсибилизатор. При этом на уровне выживаемости целого организма данные функции препаратов либо утрачиваются, либо изменяются на противоположные. В низких концентрациях (ниже 10 мкМ) исследуемые препараты не токсичны. Модифицирующее действие ионола и гиперицина по отношению к облучению зависит от антиоксидантного статуса животных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН (№ 12-П-34_2009).

Литература

- Дубинин Н.П. Экологическая и космическая генетика. Селекция / Под. ред. А. П. Акифьева, И.Ф. Жумилева. Т. 3. М.: Наука, 2001. 437 с.
- Agostinis P., Vantieghem A., Merlevede W., de Witte P. A. Hypericin in cancer treatment: more light on the way // *Int. J. Biochim. Cell Biol.* 2002. V. 34. № 3. P. 221–241.
- Anjaria K. B., Bhat N. N., Shirsath K. B., Sreedevi B. Differential modifying effects of food additive butylated hydroxytoluene toward radiation and 4-nitro-quinoline 1-oxide-induced genotoxicity in yeast // *J. Environ. Pathol. Toxicol. Oncol.* 2011. V. 30. № 3. P. 189–197.
- Brekke O.-L., Espevik T., Bjerve K. S. 1994. Butylated hydroxyanisole inhibits tumor necrosis factor-induced cytotoxicity and arachidonic acid release // *Lipids.* 1994. V. 29. P. 91–102.
- Mennini T., Gobbi M. The antidepressant mechanism of *Hypericum perforatum* // *Life Sci.* 2004. V. 75. № 9. P. 1021–1027.
- Saddiqe Z., Naeem I., Maimoona A. A review of the antibacterial activity of *Hypericum perforatum* L. // *J. Ethnopharmacol.* 2010. V. 131. № 3. P. 511–521.
- Williams G. M., Iatropoulos M. J., Whysner J. Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives // *Food Chem. Toxicol.* 1999. V. 37. № 9–10. P. 1027–1038.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ НАСЕКОМЫХ С ИНТРОДУЦИРОВАННЫМИ РАСТЕНИЯМИ (НА ПРИМЕРЕ ВИДОВ РОДА *SERRATULA*)

С. В. Пестов, Н. И. Филиппов, К. Г. Уфимцев, В. В. Володин
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
pestov@ib.komisc.ru

В результате многочисленных исследований (Райс, 1986; Дайнен, 1998; Бахвалов и др., 2011) было показано, что вторичные метаболиты выступают в качестве веществ, определяющих трофическую специализацию и защиту растений от неспециализированных фитофагов. Вещества, выступающие в роли аттрактантов и стимуляторов питания, обеспечивают фитофагам поиск кормового растения и разделение экологических ниш насекомых, и, тем самым, снижают напряженность конкуренции. Содержание питательных веществ отражается на таких важнейших биологических характеристиках, как выживаемость, смертность, продолжительность онтогенеза, чувствительность к вирусам и другим патогенам (Бахвалов и др. 2011).

В качестве веществ, обеспечивающих защиту растений от фитофагов, в настоящее время внимание исследователей привлекают фитоэкдистероиды – растительные аналоги гормонов линьки и метаморфоза насекомых. Одним из наиболее перспективных продуцентов фитоэкдистероидов являются представители рода – серпуха (*Asteraceae*, *Serratula*). Выявление особенностей формирования отношений насекомых и экдистероидсодержащих растений в условиях интродукции представляет значительный научный интерес.

В составе консортов растений рода *Serratula* в условиях средней тайги Республики Коми выявлено 72 вида из 7 отрядов и 26 семейств. Наибольшее число видов насекомых являются представителями семейств *Apidae* (22 вида) и *Syrphidae* (17 видов). Значительная часть выявленных насекомых относится к опылителям и играет важную роль в репродукции вида, поскольку все предста-

вители рода *Serratula* относятся к облигатно энтомофильным растениям. Наиболее многочисленными фитофагами серпухи являются листоед *Cassida vibex* L. и тля *Uroleucon jaceae* L. (Пестов и др., 2012; Расова, Пестов, 2013).

На примере повреждения листьев *S. coronata* листоедом *C. vibex* нами показано, что на стадии бутонизации наиболее сильно повреждается второй от поверхности земли лист (рис.). В течение периода вегетации насекомые по мере старения и гибели нижних листьев переходят на листья, расположенные выше. К фазе плодоношения наиболее повреждаемым у серпухи венценосной оказывается четвертый стеблевой лист. Первый лист к фазе плодоношения, как правило, уже отмирает. Максимальное число стеблевых листьев в фазе бутонизации изменяется от 18 до 21 (в среднем 14), и их число остается таким же в фазе плодоношения. Подобное распределение повреждаемости листьев у серпухи венценосной, возможно, зависит от накопления фитоэктистероидов, содержание которых увеличивается с высотой расположения листа (Фитоэктистероиды, 2003).

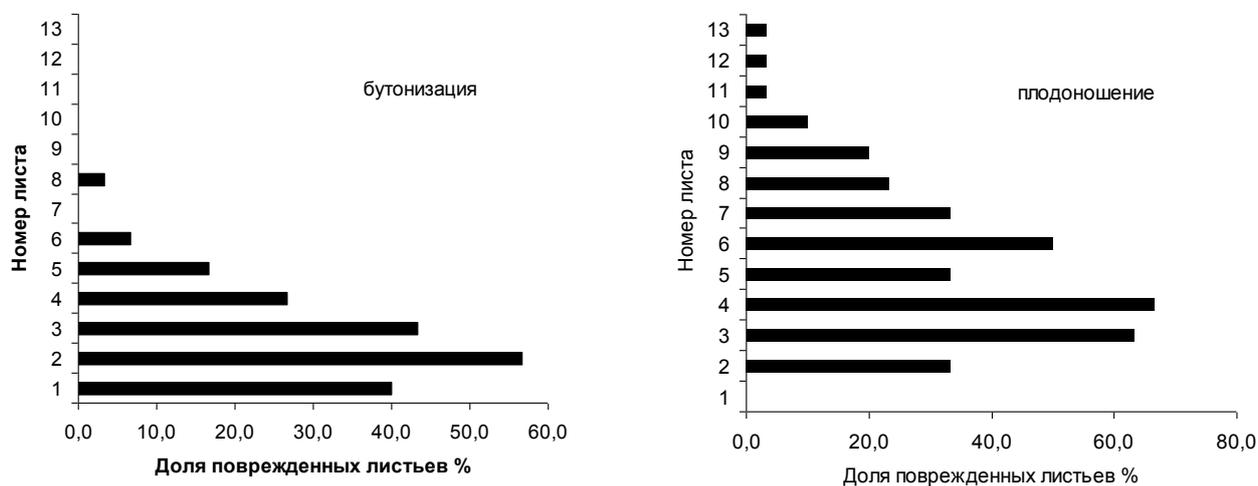


Рис. Повреждение листьев серпухи венценосной листоедом *C. vibex* в фазах бутонизации и плодоношения

По результатам наших наблюдений, процесс роста и развития *C. vibex* неодинаков на разных кормовых растениях (табл. 1). Наибольшая смертность личинок отмечена на бодяке, который не содержит эктистероидов, наименьшая – на серпухе венценосной. Смертность личинок, собранных с бодяка и пересаженных на листья серпухи венценосной, была ниже, чем у личинок, питавшихся на бодяке. При пересаживании личинок с серпухи на бодяк смертность увеличилась незначительно. Прослежено развитие *C. vibex* при пересаживании личинок с бодяка на растения рода *Serratula*: *S. coronata* L., *S. inermis* Gilib. и *S. quinquefolia* M. Vieb. ex Willd. Смертность личинок, при пересаживании их с бодяка на листья *S. inermis* и *S. coronata*, снижалась соответственно с 50,0% до 40,0% и 33,3%, а при переводе на питание листьями *S. quinquefolia* повышалась до 63,2% (табл. 1). Смертность листоеда *C. vibex*, при пересаживании с бодяка на эктистероидсодержащие растения рода *Serratula*, обратно пропорциональна уровню содержания в них эктистероидов. Согласно В.В. Володину и др. (2007),

содержание основного экидстероида 20-гидроксиэкидизона (20E) в листьях растений рода *Serratula* следующее: *S. coronata* – 1,60%, *S. inermis* – 1,59%, *S. quinquefolia* – 0,53%. По нашим наблюдениям, наиболее интенсивно листогрызущими насекомыми повреждаются растения *S. quinquefolia* (18%), а наименее интенсивно – *S. coronata* (1,3%). Вероятно, что степень привлекательности исследуемых растений для фитофагов зависит от соотношения и уровня содержания в них различных биологически активных веществ, в т.ч. экидстероидов, а также от морфологических особенностей растений.

Таблица 1

Характеристики роста и развития листоеда *Cassida vibex* L.

Вариант опыта	Масса куколочки, мг	Масса имаго, мг	Доля погибших личинок, %	Число личинок в опыте
2012 год				
1) <i>C. heterophyllum</i>	20,9	14,1	62,2	37
2) <i>S. coronata</i> => <i>C. heterophyllum</i>	17,9	12,4	28,6	15
3) <i>C. heterophyllum</i> => <i>S. coronata</i>	17,5	11,3	42,9	28
4) <i>S. coronata</i>	16,9	11,7	20,0	25
2013 год				
1) <i>C. heterophyllum</i>	18,0	13,8	50,0	40
2) <i>C. heterophyllum</i> => <i>S. inermis</i>	16,4	12,1	40,0	29
3) <i>C. heterophyllum</i> => <i>S. coronata</i>	17,1	11,9	33,3	31
4) <i>C. heterophyllum</i> => <i>S. quinquefolia</i>	15,9	11,7	63,2	30
5) <i>S. coronata</i>	16,1	11,9	16,7	36

Ранее нами было показано, что максимальная повреждаемость растений *S. coronata* тлей *U. jaseae* наблюдается в конце фазы бутонизации – начале цветения (Пестов и др., 2012). Известно, что тли, питающиеся флоэмным соком растений, избавляются от избытка сахаров, выделяя их в неизменном виде в окружающую среду в составе пади (Курсанов, 1976). Возможно, по тому же механизму могут выводиться и экзогенные экидстероиды, которые, будучи полигидроксилированными циклическими спиртами, имеют заметное структурное сходство с сахарами (Slama, 1993).

ВЭЖХ-анализ пади на содержание экидстероидов показал, что ее качественный состав идентичен таковому в клеточном соке растений серпухи венценосной. На ВЭЖХ-хроматограммах образцов обнаружены пики характерных для растений основных экидстероидов 20-гидроксиэкидизона (20E) и инокостерона (In), содержание которых было минимальным в фазе бутонизации и достигало своего максимума в период плодоношения растений (табл. 2).

Таблица 2

Содержание экидстероидов в пади тлей *U. jaseae*

Фенологическая фаза	Массовая доля экидстероидов, %	
	20E	In
Бутонизация	0,04±0,01	0,01±0,002
Цветение	0,04±0,02	0,01±0,007
Плодоношение	0,22±0,02	0,06±0,006

Обнаружение экдистероидов в составе пади представляет интерес, с одной стороны, для понимания биохимических механизмов устойчивости тлей к экзогенным гормонам линьки, с другой – позволяет поставить вопрос о возможном участии фитоэкдистероидов в трофических цепях.

В процессе интродукции происходит формирование комплекса опылителей из представителей местной фауны. Отмечено, что при питании листоеда *Cassida vibex* на представителях рода *Serratula* достоверно снижается уровень смертности личинок данного жука по сравнению с питанием на местных не содержащих экдистероиды растениях.

Работа выполнена при финансовой поддержке интеграционного проекта (Рег. № 12-и-4-2072) «Ресурсный и биотехнологический потенциал растений Урала и сопредельной территории европейского Северо-Востока России – продуцентов важнейших групп биологически активных веществ» Программы фундаментальных исследований УрО РАН.

Литература

Бахвалов С. А., Колтунов Е. В., Жимерикин В. Н. и др. Влияние энтоморезистентности кормовых растений на динамику массовых видов лесных насекомых-филлофагов // Евразийский энтомол. журнал, 2011. Т. 10. Вып. 3. С. 271–277.

Володин В. В., Володина С. О., Чадин И. Ф., Мартыненко В. А. Экдистероидсодержащие растения: ресурсы и биотехнологическое использование. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 128 с

Дайнен Л. Стратегия оценки роли фитоэкдистероидов как детеррентов по отношению к беспозвоночным-фитофагам // Физиол. растений, 1998. Т. 45. № 3. С. 347–359.

Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растении. М., Наука, 1976. 646 с.

Консортивные связи экдистероидсодержащего растения *Serratula coronata* L. (Asteraceae) / С. В. Пестов, К. Г. Уфимцев, В. В. Володин и др. // Теоретическая и прикладная экология, 2012. № 1. С. 77–82.

Расова Е. Е., Пестов С. В. Биология и экология листоеда *Cassida vibex* L. (Coleoptera, Chrysomelidae) в условиях средней тайги Республики Коми // Молодежь и наука на Севере: Материалы докладов II Всерос. (XVII) молодеж. науч. конф. (в 2-х томах). Т. I. Биологические науки (XX Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии»). Сыктывкар, 2013. С. 116–118.

Райс Э. Природные средства защиты растений от вредителей. М.: Мир, 1986. 184 с.

Фитоэкдистероиды / Под ред. В. В. Володина. СПб.: Наука, 2003. 293 с.

Slama K. Ecdysteroids: insect Hormones, Plant Defensive Factors, or Human Medicine // Phytoparasitica, 1993. Vol 21, № 1. P. 3–8.

ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ПАРУСНИКА *DRIOPA MNEMOSYNE* (LINNAEUS, 1758) (LEPIDOPTERA, PAPILIONIDAE) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

О. И. Кулакова, А. Г. Татаринцев

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
iduna@rambler.ru*

Парусник мнемозина, или черный аполлон (*Driopa mnemosyne*) – евро-центральноазиатский теплолюбивый вид. В Республике Коми он

локально распространен в южной, средней, северной тайге Русской равнины, горно-лесном и подгольцовом поясах Северного Урала до 63° с. ш. (Татаринов, Долгин, 1999).

Региональные популяции парусника относятся к особому подвиду *D. m. timanica* (Eisner et Sedykh, 1964), который был описан из окрестностей г. Ухты (подзона средней тайги Тиманской провинции) и характеризуется относительно мелкими размерами и сильно затемненным крыловым рисунком бабочек.

Парусник *D. mnemosyne* считается редким на большей части своего ареала, поэтому включен во многие национальные и региональные Красные книги, в том числе Российской Федерации, Кировской, Архангельской, Вологодской областей, Ханты-Мансийского и Ненецкого автономных округов, Пермского края. В последней редакции Красной книги Республики Коми (2009) он включен как вид с сокращающейся численностью.

Для эффективной практической охраны, мониторинга состояния популяций и обоснованного придания статуса редкости *D. mnemosyne timanica* большое значение имеет знание особенностей его ландшафтно-биотопического распределения, фенологии, трофических связей и биологии развития на территории Республики Коми.

По типу гигро-биопреферендума это опушечно-лесной и луговой мезофил, заселяющий крупнотравные пойменные луга, разнотравные лесные опушки и поляны. На равнине данный вид тяготеет к карстовым формам рельефа – встречается в основном в районах с возвышенным рельефом (Тиманский кряж, Северные Увалы, Жежим-Парма, Очьпарма, Немская возвышенность и др.), где много скалистых речных берегов, обрывов, выходов известняков и коренных пород. Бабочки имеют небольшой радиус индивидуальной активности, поэтому популяционные группировки вида обычно четко локализованы и изолированы друг от друга.

Цикл развития *D. mnemosyne* моновольтинный. Лёт имаго в республике длится, в общем, со второй декады июня до середины июля, однако сроки зависят от географической широты местности, высоты горных местообитаний и погодных особенностей года. Яйца самки откладывают на почву в местах произрастания и пожухлые листья кормовых растений гусеницы. Зимуют молодые личинки, не покидая яйца. Куколки около двух недель лежат в паутинных коконах на земле, среди камней и сухих листьев.

Основным кормовым растением гусениц *D. mnemosyne* в регионе являются хохлатка дымянкообразная и хохлатка Галлера. У имаго кормовые предпочтения не выражены – бабочки питаются нектаром растений, цветущих в местообитаниях в период их лёта.

Согласно «Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов» (Приказ Минприроды РФ от 6.04.2004 г. № 323) важнейшей предпосылкой для разработки природоохранных мероприятий является анализ лимитирующих факторов и механизмов воздействия, который должен учитывать как биологические особенности видов, так и социально-экономическую специфику региона обитания.

Лимитирующие факторы принято условно делить на прямые и опосредованные. Прямое воздействие на популяционные группировки *D. tnetosyne* может выражаться в форме специального вылова бабочек с коммерческими целями, для пополнения частных энтомологических коллекций. К прямому воздействию относится случайное безвозвратное изъятие особей вида на туристических маршрутах, в рекреационных и промышленных зонах. Опосредованные лимитирующие факторы, влияющие на численность местных популяций парусника, не менее значимы. К данной категории относится, прежде всего, нарушение структуры естественных местообитаний при строительстве и эксплуатации хозяйственных объектов.

Согласно резолюции, принятой на Всемирном конгрессе по охране окружающей среды, состоявшемся в Монреале в 1996 г., многие страны используют категории и критерии Красного списка МСОП на региональном уровне. На территории Республики Коми нами была проведена оценка степени уязвимости популяций *D. tnetosyne* согласно рекомендациям Руководства версии 3.1 (IUCN 2001).

Самые крупные популяционные группировки *D. tnetosyne* находятся в Печоро-Илычском заповеднике, что должно обеспечивать сохранность и естественную динамику их численности. На этой территории, включенной ЮНЕСКО в 1995 г. в список всемирного наследия под названием «Девственные леса Коми», парусник может быть квалифицирован по критериям МСОП как таксон, «вызывающий наименьшие опасения», категория LC.

На Южном Тимане выявленные локальные популяции *D. tnetosyne* формально охраняются в комплексных заказниках «Седьюсский», «Гажаягский», «Чутьинский», «Белая Кедва». Однако о реальной защите вида на этих особо охраняемых природных территориях говорить пока не приходится. Установлено резкое снижение численности локальных популяций черного аполлона на неохраняемых территориях в окрестностях г. Ухты, г. Сосногорска, пос. Троицко-Печорск. Эти территории мы объединяем в один локалитет (по определению МСОП), в котором состояние популяционных группировок *D. tnetosyne* относится к категории VU по критерию B2a,b(iv) – на основе экспертных наблюдений, заключений или прогнозов установлено, что область обитания подвида составляет менее, чем 2000 км² и продолжается снижение количества локалитетов и популяций.

Нет удовлетворительных сведений о численности и встречаемости популяций вида на Среднем Тимане и Западном Притиманье. В данном локалитете в роли лимитирующих факторов могут выступать сенокосение для нужд населения и фермерских хозяйств и разработка бокситовых месторождений. Состояние популяций здесь пока отнесено к категории DD – недостаток данных. В данном локалитете требуется проведение специальных исследований

Представленные оценки, конечно, провизорные, требуются дальнейшие исследования численности и пространственной организации популяций *D. tnetosyne timanica*, однако по ним уже допустимо давать конкретные предложения по присвоению природоохранного статуса *D. tnetosyne* в новой редакции Красной книги Республики Коми. Учитывая, что большая часть попу-

ляционных группировок черного аполлона распространена на особо охраняемой территории Печоро-Илычского биосферного заповедника и характеризуется высокой численностью, можно рекомендовать перевести этот вид из основного списка Красной книги в Приложение 1 – «Перечень объектов растительного и животного мира, нуждающихся в особом внимании...».

В основе мероприятий по сохранению *D. mnemosyne in situ* должен лежать мониторинг численности выявленных популяционных группировок, в том числе на особо охраняемых природных территориях, а также сохранение, восстановление и реконструкция местообитаний. На неохраняемых территориях в местах обитания парусника должно быть ограничено природопользование согласно Федеральному закону «О животном мире». Большое значение имеет эколого-просветительская работа и экологическая пропаганда – парусник должен быть «узнаваем в лицо» даже неспециалистами. В местах, посещаемых людьми, желательна установка предупреждающих аншлагов с изображением вида на разных стадиях развития. Необходимо реальное применение предусмотренных законодательством административных и штрафных санкций к физическим и юридическим лицам в случае нанесения прямого или опосредованного ущерба состоянию природных популяций вида. С сожалением надо признать, что в России по отношению к краснокнижным насекомым они применяются крайне редко.

Литература

Красная книга Республики Коми. 2-е изд. / Под ред. А. И. Таскаева. Сыктывкар, 2009. 791 с.

Татаринов А. Г., Долгин М. М. Булавоусые чешуекрылые. СПб: Наука, 1999. 183 с. (Фауна европейского Северо-Востока России. Т. 7. Ч. 1.).

ДИНАМИКА ФИЛЛОФАГОВ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ В ЗАПОВЕДНИКЕ «НУРГУШ»

Л. Г. Целищева

*Государственный природный заповедник «Нургуш»,
nurgush@zapovednik.kirov.ru*

Результаты мониторинга филлофагов древесно-кустарниковых пород в условиях заповедного режима могут быть использованы в качестве эталона для сравнения, анализа и прогноза природных процессов, происходящих на сопредельных антропогенно измененных и хозяйственно используемых территориях. Исследования были начаты в 2011 г. (Целищева, 2011).

Цель работы – мониторинг членистоногих-филлофагов деревьев и кустарников на территории заповедника «Нургуш» и его охранной зоны.

Задачи: определение комплекса членистоногих-филлофагов древесно-кустарниковых пород, наиболее характерных для заповедника; оценка степени поврежденности листьев в 2011–2014 гг.; выявление обилия филлофагов в естественных условиях обитания.

На территории участка «Нургуш» заповедника «Нургуш» в июле 2011–2014 гг. исследовались филлофаги 13 пород: дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), вяза шероховатого (*Ulmus glabra* Huds.), вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), осины (*Populus tremula* L.), осокоря (*P. nigra* L.), березы пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.), рябины (*Sorbus aucuparia* L.), черемухи (*Padus avium* Mill.), жимолости лесной (*Lonicera xylosteum* L.), бересклета бородавчатого (*Euonymus verrucosa* Scop.), ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), шиповника коричневого (*Rosa majalis* Herrm.).

Материал был собран в хвойно-широколиственных лесах заповедника в кв. 80, 101, 102, 103, 105 и в охранной зоне – кв. 80. В нижней части кроны 10 деревьев или кустарников каждого вида было отобрано методом случайной выборки по 10 листьев (по 100 листьев с каждой породы). Листья собирались на высоте 150–200 см и гербаризировались обычным способом. Живых насекомых ловили в пробирку или морилку для дальнейшей идентификации в лабораторных условиях. Членистоногих определяли по В. И. Гусеву (1984, 1989). В проведении мониторинга филлофагов участвовали студенты 3 курсов химического факультета специальности «экология» ВятГГУ.

Обилие видов оценивалось по балльной шкале: редкий вид – встречены единичные экземпляры в каждой точке; обычный вид – множество встреч по разным точкам; массовый – несколько десятков экземпляров с одного модельного дерева. Сравнение фитопатогенного состояния древесных и кустарниковых растений проводилось на основе интегрального показателя «число повреждений на лист» U_i , который является комплексной оценкой воздействия вредителей на растения:

$$U_i = \frac{\sum n_i}{N}$$

где n_i – число листьев в выборке, поврежденных i -типом повреждения,
 N – общее число листьев в выборке

В результате исследований отмечена высокая суммарная поврежденность листьев разных пород (табл. 1). В большинстве случаев в старовозрастных сообществах заповедника заселенность листьев деревьев и кустарников филлофагами выше, чем в охранной зоне. Наиболее повреждаемыми были липа, осина, дуб, береза; наименее – вяз гладкий, бересклет бородавчатый.

Таблица 1

Показатель поврежденности листьев (U_i) деревьев и кустарников в заповеднике «Нургуш» и его охранной зоне в 2011–2014 гг.

Порода	Место сбора	Число повреждений на лист» U_i			
		2011	2012	2013	2014
Дуб черешчатый	Заповедник, кв. 102	0,88	1,59	0,64	2,81
	Охранная зона, кв. 80	–	1,79	–	0,77
Липа мелколистная	Заповедник, кв. 101	3,06	3,12	1,69	1,97
	Охранная зона, кв. 80	–	2,39	1	1,72
Вяз шероховатый	Заповедник, кв. 103	1,32	1,59	1,09	1,92
	Охранная зона, кв. 80	–	1,88	0,85	1,68
Вяз гладкий	Заповедник, кв. 103	0,79	–	–	–
Осина	Заповедник, кв. 101	1,86	1,41	0,98	–
	Охранная зона, кв. 80	2,95	3,22	2,23	–

Порода	Место сбора	Число повреждений на лист» U _i			
		2011	2012	2013	2014
Осокорь	Заповедник, кв. 105	2,1	–	–	–
Береза пушистая	Заповедник, кв.	2,34	1,45	0,86	2,16
	Охранная зона, кв. 80	1,81	1,99	1,03	1,99
Черемуха	Заповедник, кв. 103	3	1,37	1,89	2,04
	Охранная зона, кв. 80	–	1,89	0,94	1,36
Рябина	Заповедник, кв. 101	2,82	1,13	1,27	–
	Охранная зона, кв. 80	2,63	1,99	–	–
Шиповник коричный	Заповедник, кв. 103	–	1,76	1,67	2,08
	Охранная зона, кв. 80	–	1,09	1,82	–
Жимолость лесная	Охранная зона, кв. 80	1,46	–	–	–
Бересклет бородавчатый	Заповедник, кв. 80	0,64	–	–	–
Ольха черная	Охранная зона, кв. 80	–	1,75	–	–

Примечание: – исследования не проводились.

В настоящее время в список членистоногих-филлофагов внесено 60 видов (табл. 2), среди которых 17 видов акариформных клещей и 43 вида насекомых. Среди насекомых преобладали представители отряда Чешуекрылые (13 видов), в отрядах Равнокрылые (подотряд Тли) и Двукрылые отмечено по 8 видов, Жесткокрылые и Перепончатокрылые – по 7.

Наибольшее количество филлофагов идентифицировано на осине (12 видов) и дубе (11), наименьшее – на вязе гладком (2), а также вязе шероховатом и бересклете (по 3). Некоторые виды повреждали несколько растений, например, рябину и черемуху – черемуховый листоед (*Phytodecta quinquepunctata* Fabr.) и боярышница (*Aporia crataegi* L.), осину и осокорь – широкоспиральная тополевая тля (*Pemphigus protospirae* Licht.). В заповеднике «Нургуш» широколиственные породы (дуб, липа, вяз) находятся на северной границе ареала, поэтому видовой состав их филлофагов менее разнообразен по сравнению с таковым подзоны смешанных лесов (Белова, Белов, 1999).

Таблица 2

Обилие членистоногих-филлофагов древесно-кустарниковых пород в заповеднике «Нургуш» и его охранной зоне в 2011–2014 гг.

Порода	Вид	Обилие филлофагов			
		2011	2012	2013	2014
Дуб черешчатый	<i>Haltica quercetorum</i> Foudr. – дубовый блошак	+	++	+	++
	<i>Eriocrania fastuosella</i> L. – дубовая первичная моль	+	-	-	-
	<i>Nepticula atricapitella</i> Haw. – дубовая моль-малютка	+	+	-	-
	<i>N. ruficapitella</i> Haw. – красноголовая моль-малютка	+	-	-	-
	<i>Tischeria complanella</i> Hb. – дубовая одноцветная моль-минер	+	-	-	+
	<i>Stigmella atricapitella</i> Haw. – дубовая широко-минирующая моль	-	+	-	-

Порода	Вид	Обилие филофагов			
		2011	2012	2013	2014
	<i>Ancylis mitterbacheriana</i> Schiff. – серпокрылая дубовая листовертка	+	-	-	-
	<i>Andricus ostreus</i> Hart. – устрицевидная орехотворка	+	+	+	+
	<i>Diplolepis quercus-folii</i> L. – яблоковидная орехотворка	+	-	-	-
	<i>Neuroterus albipes</i> Schlecht. – лепешковидная орехотворка	+	-	-	-
	<i>Diplolepis longiventris</i> Hart. – орехотворка полосатая волнистая	-	-	+	-
	Липа мелколистная	<i>Eriophyes tetratrichus</i> Nal. – липовый краевой клещик	+	+	+
<i>E. tiliae</i> var. <i>liosoma</i> Nal. – липовый войлочный клещик		++	++	++	++
<i>E. tiliae</i> var. <i>nervilis</i> Nal. – липовый жилковый клещик		+	+	+	+
<i>E. tiliae</i> var. <i>rudis</i> Nal. – липовый рожковидный клещик		+	+	+	+
<i>Coleophora achenella</i> Hein. – крушинная чехликовая моль		+	+	+	++
<i>Caliroa annulipes</i> Klug. – липовый слизистый пилильщик		+	+	+	-
<i>Dasyneura tiliamvolvans</i> Rüb. – липовая краевая галлица		+	+	+	+
Вяз шероховатый	<i>Eriophyes ulmicola brevipunctatus</i> Nal. – вязовый мешетчатый клещик	++	++	++	++
	<i>Colopha compressa</i> Koch. – вязово-осоковая тля	+	+	+	+
Вяз гладкий	<i>Eriophyes ulmicola brevipunctatus</i> Nal. – вязовый мешетчатый клещик	++	*	*	*
	<i>E. ulmicola typicus</i> Nal. – вязовый бородавчатый клещик	+	*	*	*
Осина	<i>Aceria dispar</i> (Nal.) – осиновый непарный клещ	+	-	-	*
	<i>Eriophyes diversipunctatus</i> Nal. – осиновый бородавчатый клещик	+	+	-	*
	<i>Phyllocoptes populi</i> Nal. – осиновый бугорчатый клещик	+	+	+	*
	<i>Pemphigus protospirae</i> Licht. – широкоспиральная тополевая тля	-	+	-	*
	<i>Bysticus populi</i> L. – осиновый трубкаверт	+	-	-	*
	<i>Melasoma tremulae</i> F. – осиновый листоед	+	+	-	*
	<i>Lithocolletes tremulae</i> L. – осиновая моль-пестрянка	+++	+++	++	*
	<i>Phyllotoma jchropoda</i> Kl. – осиновый минирующий пилильщик	+	+	-	*

Порода	Вид	Обилие филлофагов			
		2011	2012	2013	2014
	<i>Harmandia cavernosa</i> Rüb. – осино- вая двусторонняя галлица	+	-	-	*
	<i>Harmandiola tremulae</i> (Winn.) – осино- вая красная галлица	+	+	-	*
	<i>Syndiplosis petioli</i> Kieff. – осиновая черешковая галлица	+	+	+	*
	<i>Saperda carcharias</i> L. – скрипун осино- вый	-	-	-	*
Осокорь	<i>Pemphigus filaginis</i> B.de F. – тополе- во-сушеницевая тля	+	-	-	-
	<i>P. protospirae</i> Licht. – широкоспи- ральная тополевая тля	+	*	*	*
	<i>Lithocolletes comparella</i> Z. – тополе- вая моль-пестрянка	+	*	*	*
	<i>L. popolifoliella</i> Z. – тополевая моль- пестрянка разрисованная	+	*	*	*
	<i>Phytagromiza tridentata</i> Lw. – осино- вая минирующая мушка	+	*	*	*
Береза пушистая	<i>Eriophyes rudis longisetosus</i> Nal. – бе- резовый мешетчатый клещик	+	+	+	-
	<i>Eriophyes rudis typicus</i> Nal. – березо- вый белый войлочный клещик	+	+	+	-
	<i>Glyphina betulae</i> (L.) – березовая раз- ноцветная тля	+	+	-	-
	<i>Elasmotherus interstinctus</i> (L.) – ис- пещренный щитник	+	+	+	+
	<i>Deporaus betulae</i> L. – черный березо- вый трубкаверт	+	-	-	-
Черемуха	<i>Eriophyes padi</i> Nal. – черемуховый галловый клещик	+++	+++	+++	+++
	<i>E. paderineus</i> Nal. – черемуховый войлочный клещик	-	-	+	-
	<i>Rhopalosiphum padi</i> L. – черемуховая тля	+	+	+	+
	<i>Phytodecta quinquepunctata</i> Fabr. – черемуховый листоед	++	+++	++	++
	<i>Aporia crataegi</i> L. – боярышница	-	++	++	-
Рябина	<i>E. goniothorax</i> Nal. var. <i>sorbeum</i> Nal. – рябиновый войлочный клещик	+	-	-	*
	<i>Dentatus sorbi</i> Kalt. – рябиновая тля	+	*	*	*
	<i>Phytodecta quinquepunctata</i> Fabr. – черемуховый листоед	++	++	-	*
	<i>N. aucupariae</i> Frey – рябиновая изви- листая моль-малютка	+	-	-	*
	<i>Aporia crataegi</i> L. – боярышница	-	+	+	*
Шипов- ник ко- ричный	<i>Wachtliella rosarum</i> Hardy - розанная галлица	*	+	+	+
	<i>Rhodites spinosissima</i> Giraud. - игли- стая орехотворка	*	+	+	+

Порода	Вид	Обилие филофагов			
		2011	2012	2013	2014
	<i>Rhodites eglanteriae</i> Hartig. -гладкая орехотворка	*	+	-	-
Жимолость лесная	<i>Eriophyes xylostei</i> Can. – жимолостный клещик	+	*	*	*
	<i>Semiaphis tataricae</i> Aizenb. – верхушечная жимолостная тля	+	*	*	*
	<i>Lithocolletes emberizaepenella</i> Buch. – жимолостная моль-пестрянка	+	*	*	*
	<i>D. periclymeni</i> Rüb. – жимолостевая листовая галлица	+	*	*	*
	<i>Phytogramiza xylostei</i> R.-D. – жимолостная минирующая мушка	+	*	*	*
Бересклет бородавчатый	<i>Eriophyes psilonotus</i> Nal. – бересклетовый волосатый галловый клещик	+	*	*	*
	<i>Aphis evonymi</i> F. – бересклетовая тля	+	*	*	*
	<i>Trachys minuta</i> L. – минирующая златка-крошка	+	*	*	*
Ольха черная	<i>Eriophyes laevis inangulis</i> Nal. Ольховый бугорчатый клещик	*	+	*	*

Примечание: + – редкий вид; ++ – обычный; +++ – массовый; «-» – вид не встречен, * – исследований данной породы в этом году не проводилось.

Определенных закономерностей изменения степени поврежденности листьев за 4 года исследований не прослеживается (табл. 1), в то время как обилие отдельных видов филофагов имело определенную цикличность (табл. 2). Например, листья дуба активно заселялись листоедом *Haltica quercetorum* Foudr. через один год, а яблоковидная орехотворка (*Diplolepis quercus-folii* L.) встречалась только в 2011 г. На липе крушинная чехликовая моль (*Coleophora achenella* Hein.) сильно минировала листья только в 2014 г., в предыдущие годы встречалась единично; наоборот, на осине мины осинового моли-пестрянки (*Lithocolletes tremulae* L.) в массе отмечались в 2011–2012 гг., затем наблюдалось меньшее их количество. На рябине и черемухе паутинные гнезда гусениц боярышницы (*Aporia crataegi* L.) и погрызы листьев около них были многочисленными в 2012–2013 гг., когда был отмечен и пик лета бабочек, в 2014 г. их численность резко уменьшилась. Ежегодно высокое обилие имели черемуховый галловый клещик (*Eriophyes padi* Nal.), липовый войлочный клещик (*E. tiliae* var. *liosoma* Nal.), вязовый мешетчатый клещик (*E. ulmicola brevipunctatus* Nal.), черемуховый листоед (*Phytodecta quinquepunctata* Fabr.).

Таким образом, мониторинговые исследования деревьев и кустарников, проведенные в условиях заповедного режима, показывают высокое видовое разнообразие филофагов, некоторые закономерности изменения обилия отдельных видов и отсутствие сильного фитопатогенного воздействия на кроны деревьев. Полученные результаты свидетельствуют о высоких регуляторных механизмах поддержания стабильности сообществ заповедника.

Литература

Белова Н. К., Белов Д. А. Видовой состав членистоногих фитофагов в насаждениях Москвы // Лесной вестник. М.: МГУЛ, 1999. № 2. С. 151–165.

Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная пром-ть, 1984. 472 с.

Гусев В. И. Определитель повреждений деревьев и кустарников, применяемых в зеленом строительстве. М.: Агропромиздат, 1989. 208 с.

Целищева Л. Г. Филлофаги некоторых древесно-кустарниковых пород заповедника «Нургуш» и его охранной зоны // Труды гос. природ. заповедника «Нургуш». Т. 1. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2011. С. 174–182.

К ФАУНЕ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ЗАКАЗНИКА «БУШКОВСКИЙ ЛЕС»

С. В. Пестов

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

Инвентаризация видовой разнообразия ООПТ является первым этапом на пути развития системы мониторинга состояния этих территорий. Наиболее сложной задачей является выявление видовой состава фауны беспозвоночных животных, в связи с их многочисленностью. В силу их высокого разнообразия они по-разному реагируют в зависимости от факторов окружающей среды, что позволяет использовать их как биоиндикаторов отклика биосистем на антропогенное воздействие.

Одним из трех заказников в системе ООПТ Кировской области является заказник «Бушковский лес» (49°24' с. ш. 57°6' з. д.), который расположен в подзоне смешанных хвойно-широколиственных лесов. В древостое из лиственных пород лесообразующими породами являются липа, осина и береза. Из хвойных пород преобладает ель, реже встречается сосна. Выявление видовой состава беспозвоночных «Бушковский лес» проведено нами во второй декаде июля 2014 г. Насекомых собирали с помощью кошения по траве и кронам древесных растений, осуществляли сбор на цветущих растениях. Скрытноживущих фитофагов (минеров и галлообразователей) определяли по особенностям повреждения ими растений (Гусев, 1984).

Из 52 видов фитофагов отмеченных на территории заказника шесть видов являются полифагами (*Aphrophora alni* Fll, *Lepyronia coleoptrata* L., *Orthotylus marginalis* Reuter, *Carpocoris purpureipennis* DG, *Palomena prasina* L., *Argynnis raphia* L.). Остальные виды являются олигофагами и монофагами на растениях 16 семейств: березовых (*Kleidocerys resedae* Panzer, *Agromyza alnibetulae* Hendel, *Psylla alni* L., *Fenusa dohrnii* Tischbein), бобовых (*Allorhinocoris flavus* Sahlberg), бурачниковых (*Agromyza abiens* Ztt.), жимолостных (*Limenitis camilla* L., *Chromatomyia alpigenae* Hendel), гречишных (*Lycaena virgaureae* L.), злаках (*Maniola jurtina* L., *Thymelicus lineolus* Ochsenheimer), зонтичных (*Aphis podagrariae* Schrank, *Graphosoma lineatum* L., *Papilio machaon* L., *Cheilisia pagana* Mg.), ивовых (*Chaitophorus leucomelas* Koch, *Galerucella lineola* F., *Chlorophanus viridis* L., *Phyllocnistis unipunctella* Stephens, *Pontania vesicator*

Bremi, *Dasineura rosaria* Lw.), кленовых (*Aceria macrochela*, *Periphyllus aceris* L.), крапивных (*Aphis urticata* Gmelin, *Araschnia levana* (L.), крестоцветных (*Pieris napi* (L.), липовых (*Eriophyes leiosoma* Nal., *Phyllonorycter issikii* Kumata), розоцветные (*Eriophyes padi* Nal., *Aphis ulmariae* Schrank, *Byturus tomentosus* DeGeer, *Lyonetia clerkella* L., *Celastrina argiolus* L., *Neptis rivularis* Scopoli), сложноцветных (*Uroleucon jaceae* L., *Galeruca tanacetii* L., *Urophora cardui* L., *Phytomyza lappae* Goureau, *Phytomyza spinaciae* Hendel), яснотковых (*Phyllobrotica quadrimaculata* L.). Своеобразной группой фитофагов являются поллино-нектарофаги из семейства пчелиных: *Megachile circumcincta* Kirby, *Apis mellifera* L., *Bombus hortorum* L. и *B. pascuorum* Scop.

Из обнаруженных видов фитофагов наибольшее биоценотическое значение имеет липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* Kumata. Доля поврежденных этим видом листьев липы в заказнике «Бушковский лес» варьировала от 30 до 100%. Ранее было показано (Ермолаев, Зорин, 2011), что этот вид оказывает негативное влияние на продуктивность и репродуктивные характеристики липовых лесов. Результаты исследования этих авторов позволяют отнести липовую моль-пестрянку к группе экономически значимых филлофагов липы и свидетельствуют о необходимости ведения мониторинга за состоянием ее популяций. Интересной находкой на территории заказника является бабочка *Limenitis camilla* L. Северная граница этого вида проходит по югу Кировской области (Львовский, Могун, 2007).

Из насекомых трофически связанных с грибами определено только два вида двукрылых *Minettia longipennis* F. (Lauhaniidae) и *Suillia* sp. (Heleomyzidae) Разнообразие этой группы очень велико. В Карелии отмечено более 600 видов грибных комаров (Полевой, 2000). Представители этой группы есть также среди отрядов жесткокрылые и чешуекрылые.

В древесине живых и мертвых деревьев развиваются ксилофаги и ксило-сапрофаги. К ксилофагам относятся три вида жуков-усачей: *Stenurella bifasciata* Müll, *Stictoleptura variicornis* Dalman и *Rhagium inquisitor* L. Мертвый жук *Rhagium inquisitor* L. обнаружен нами под корой упавшей пихты около оз. Шайтан. Ксило-сапрофагами являются пластинчатоусые жуки *Protaetia cuprea metallica* Herbst, *Trichius fasciatus* L. и двукрылые *Chloromyia formosa* Scop., *Temnostoma vespiforme* L. Видовое разнообразие сапроксилофагов используется в качестве биоиндикатора хода сукцессионных процессов в экосистемах (Мамаев, 1960; Nieto & Alexander, 2010; Rotheray et al., 2001; Ulyshen et al., 2011).

К группе хищникам относятся 25 видов из 5 отрядов. Из отряда полужесткокрылые самым обычным видом хищников был *Nabis ferus* L. Среди хищных жуков встречались *Malthodes marginatus* Latr., *Rhagonycha fulva* Scop, *Lagriaria hirta* L., *Dolichosoma lineare* Rossi, *Coccinula quatuordecimpustulata* L., *Oedemera femorata* Scop. Этномофагами в отряде перепончатокрылые являются осы *Ancistrocerus* sp. и *Dolichovespula saxonica* F. и муравьи *Formica* gr. *rufa* L. К самой многочисленной группой хищных насекомых относится отряд двукрылые. Это прежде всего мухи-журчалки (*Baccha elongata* F., *Epistrophe grossulariae* Mg., *E. nitidicollis* Mg., *E. ochrostoma* Zett., *Episyrphus balteatus* DG),

Eristalis arbustorum L., *Melanostoma mellinum* L., *Sphaerophoria scripta* L., *Syrphus vitripennis* Mg., *Xanthogramma pedissequum* Harris). Их личинки питаются тлями, а имаго принимает участие в опылении растений на ряду с представителями пчелиных. В почве развиваются личинки слепней, питающиеся различными почвенными беспозвоночными. В период исследований было отмечено два вида *Haematopota crassicornis* Wahlb. и *Tabanus bovinus* L. Низкое разнообразие слепней заказника связано динамикой активности (пик обычно лёта приходится на конец июня – начало июля) и малоблагоприятными для активности слепней погодными условиями летнего периода 2014 г. В почве развиваются также хищные личинки толкунчиков *Empis livida* L. Взрослые насекомые встречаются по пологом леса и на опушках, охотясь за мелкими насекомыми. Личинки мухи *Ilione lineata* Fll. развиваются в наземных моллюсках. К хищникам с широким спектром кормовых объектов относятся представители отряда Mecoptera – *Panorpa communis* L. Факультативным хищником является кузнечик *Tettigonia cantans* Fuessly. К экологической группе паразитов относятся пять видов, отмеченных в заказнике: *Villa hottentotta* L., *Volucella bombylans* L., *V. pellucens* L., *Physocephala rufipes* F., *Sarcophaga carnaria* L. Личинки этих видов развиваются в теле беспозвоночных.

Всего за период наших исследований в заказнике «Бушковский лес» отмечено 91 вид членистоногих из 47 семейств и 9 отрядов. Большинство видов широко распространены в пределах таежной зоны. К опасным вредителям, оказывающим влияние на воспроизводство липовых насаждений, относится липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* Kumata. Для прогноза численности этого вида и оценки негативного влияния его на состояние лесов необходимо ведение мониторинга за состоянием популяций липовой моли-пестрянки.

Автор выражает благодарность специалистам Института биологии Коми НЦ УрО РАН к.б.н., в.н.с. А. Г. Татаринovu и к.б.н., н.с. О. И. Кулаковой и к.б.н., м.н.с. Н. И. Филиппову за помощь в определении отдельных групп насекомых.

Литература

Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная промышленность, 1984. 472 с.

Ермолаев И. В., Зорин Д. А. Экологические последствия инвазии *Phyllonorycter issikii* (Lepidoptera, Gracillariidae) в липовых лесах Удмуртии // Зоол. журн., 2011, Т. 90. Вып. 6. С. 717–723.

Львовский А. Л., Моргун Д. В. Булавоусые чешуекрылые Восточной Европы. М.: КМК, 2007. 443 с.

Мамаев Б. М. Зоологическая оценка стадий естественного разрушения древесины // Известия академии наук СССР. Серия биологическая, 1960. № 4. С. 610–617.

Полевой А. В. Грибные комары (Diptera: Bolitophilidae, Ditomyiidae, Keroplastidae, Diadocididae, Mucetophilidae) Карелии. Петрозаводск: Карельский НЦ, 2000. 84 с.

Nieto A. and Alexander K.N.A. European Red List of Saproxyllic Beetles. Luxembourg: Publications office of the European Union, 2010. 56 p.

Rotheray G. E., Hancock G., Hewitt S., Horsfield D., MacGowan I. The biodiversity and conservation of saproxyllic Diptera in Scotland // Journal of Insect Conservation, 2001. Vol. 5. P. 77–85.

Ulyshen M. D., Pucci Th. M., Hanula J. L. The importance of forest type, tree species and wood posture to saproxylic wasp (Hymenoptera) communities in the southeastern United States // Journal of Insect Conservation, 2011. Vol. 15. P. 539–546.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЛИСТОВОГО АППАРАТА И ВИДОВОГО СОСТАВА ФИЛЛОФАГОВ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В УРБОСРЕДЕ

Н. В. Турмухаметова

*Марийский государственный университет,
bonid@mail.ru*

Ассимиляционные органы растения первыми и в наибольшей степени повреждаются токсическими веществами, содержащимися в воздухе, подвергаются атакам насекомых и патогенных микроорганизмов. Загрязняющие вещества влияют на насекомых-фитофагов как непосредственно, так и опосредованно – через кормовые растения. Воздействие промышленных и иных выбросов на растения изменяет видовой состав растительноядных насекомых (Тарасова и др., 2004).

Цель данной работы – охарактеризовать повреждение листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth) и установить видовой состав насекомых-филлофагов, обитающих в ее кронах, в различных экологических условиях.

Исследование проводили в 2009–2012 гг. в районах г. Йошкар-Олы Республики Марий Эл, различающихся степенью загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами: зоны наименьшего (ООПТ «Сосновая роща»), слабого (селитебная зона) и среднего загрязнения (промышленно-транспортная зона). Изучались деревья среднего возраста онтогенетического состояния. Насекомых собирали в кронах деревьев вручную, методами встряхивания, использования стволовых ловушек (Цуриков, 2004); по характерным повреждениям листьев определяли некоторых насекомых и клещей (Гусев, 1984); рассчитывали относительное обилие дендробионтов (Песенко, 1982). Оценивалась площадь повреждения листовой пластинки (Федорова, Никольская, 1997).

Ранее было установлено, что у особей *B. pendula* в условиях городской среды отмечается увеличение площади поверхности листовой пластинки и прироста побегов ($P < 0,05$), однако без изменения числа структурных элементов на них, что определяется более значительным растяжением междоузлий в процессе видимого роста побега. Возможно, отдельные ингредиенты, содержащиеся в воздухе, оказали стимулирующее влияние на рост листовой пластинки. С другой стороны, с возрастанием антропогенной нагрузки увеличивается показатель флуктуирующей асимметрии листа *B. pendula* ($P < 0,01–0,05$), свидетельствующий о нарушении стабильности развития данного органа (Турмухаметова, 2005). Повышение данного показателя может способствовать снижению эффективности фотосинтетических процессов листа *B. pendula* (Захаров и др., 2000).

Мы попытались отдельно проанализировать листья *B. pendula*, повреждения которых не носят биогенный характер. На таких листьях отмечены точеч-

ные некрозы, сосредоточенные, как правило, около жилок, а также хлороз, усыхание верхушки или краев листовой пластинки. Наблюдаемые точечные повреждения листьев деревьев *B. pendula*, произрастающих в условиях города, могут быть как следствием контакта с атмосферными токсикантами, некрогенной защитной реакцией на проникновение патогенов, а также развиваться вследствие недостатка минеральных элементов. Хотя площадь повреждений листовой поверхности *B. pendula* в окрестностях г. Йошкар-Олы, является очень небольшой (0–5%), однако этот показатель возрастает с увеличением интенсивности антропогенной нагрузки ($P < 0,01–0,05$).

Нами были обнаружены листья *B. pendula* с повреждениями, наносимыми насекомыми с грызущим ротовым аппаратом: выгрызание, объедание, скелетирование, минирование, реже – галлообразование. Повреждения листьев насекомыми с сосущим ротовым аппаратом – клопов и равнокрылых приводило к их сморщиванию и скручиванию. Двухфакторный дисперсионный анализ площади поврежденной ткани листьев *B. pendula* зоогенным способом выявил ее увеличение до 7% в градиенте загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами ($P < 0,05$).

Анализ собранного фаунистического материала (84 вида) позволил отнести 55% видов к фитофагам, 45% – к зоофагам. На долю листогрызущих и высасывающих соки из листьев насекомых приходится 11 и 16%, соответственно. Среди филлофагов *B. pendula* доминируют Coleoptera. В кронах *B. pendula* обнаружены жуки семейств Curculionidae, Apionidae, Attelabidae, Chrysomellidae, Elateridae. Грызущими листья березы повислой являются в основном имаго и личинки долгоносиков. Сосущими листья березы повислой являются представители отряда Homoptera – Aphidoidea, Aphrophoridae, Cicadellidae, Psyllidae, Membracidae, Fulgoridae; представители Hemiptera – Acanthosomatidae, Lygaeidae, Pentatomidae, Miridae. Высасывают соки из листьев *B. pendula* разнообразные клопы и равнокрылые. Небольшое число видов относится к минерам (личинки молей, пилильщиков, златок) – 8% и галлообразователям (клещи и личинки галлиц) – 2%. Доля монофагов Aphidoidea (Homoptera), Cecidomyiidae (Diptera) и Eriophyidae (Acarina) увеличивается в условиях среднего загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами.

При разной степени антропогенной нагрузки изменяются консортивные связи с видом-детерминантом. В условиях среднего загрязнения среды промышленно-транспортными выбросами отмечается уменьшение видового разнообразия филлофагов *B. pendula*. В изученных насаждениях в селитебной и промышленной зонах, по сравнению с насаждениями ООПТ, увеличивается разнообразие и обилие членистоногих (клещей, тлей, личинок галлиц и молей) до 4–5 баллов ($P < 0,05$). Данные группы членистоногих животных ведут скрытый или полускрытый образ жизни и формируют защитные приспособления. Количество насекомых-листогрызов, характерных для естественных лесных массивов, в районах с промышленными и транспортными выбросами сокращается, что может быть обусловлено как островной пространственной структурой городских зеленых насаждений, так и прямым воздействием на насекомых поллютантов, а также ухудшением качества кормового ресурса (Тарасова и др., 2004).

По состоянию листового аппарата деревьев можно судить, с одной стороны, насколько полно растения выполняют свои санитарно-гигиенические функции как озеленители города, с другой стороны, о качестве городской среды, если рассматривать их как объекты мониторинга. Снижению ассимиляционной функции листовой пластинки *B. pendula* в условиях урбанизации способствуют повреждения на листьях, обусловленные энтомогенным и антропогенным факторами, повышение показателя флуктуирующей асимметрии. В условиях среднего загрязнения среды на деревьях березы повислой увеличивается обилие насекомых и клещей, трофически не связанных с поверхностными тканями растения, что можно рассматривать адаптивным механизмом.

Таким образом, исследуя состояние листового аппарата деревьев, видовой состав и относительное обилие насекомых и клещей-филлофагов в естественных и городских условиях, можно судить о качестве среды обитания.

Литература

Гусев В. И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. М.: Лесная пром-ть, 1984. 472 с.

Захаров В. М., Чубинишвили А. Т., Дмитриев С. Г., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Крысанов Е. Ю., Кряжева Н. Г., Пронин А. В., Чистякова Е. К. Здоровье среды: практика оценки. М., 2000. 318 с.

Песенко Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.

Тарасова О. В., Ковалев А. В., Суховольский В. Г., Хлебопрос Р. Г. Насекомые-филлофаги зеленых насаждений городов: Видовой состав и особенности динамики численности. Новосибирск: Наука, 2004. 180 с.

Турмухаметова Н. В. Особенности морфогенеза побегов и феноритмов *Betula pendula* Roth. и *Tilia cordata* Mill. в условиях городской среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2005. 19 с.

Федорова А. И., Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды: Учеб. пособ. Воронеж: ВГУ, 1997. 305 с.

Цуриков М. Н. Гуманные методы исследования беспозвоночных // Запов. справа в Україні. 2004. Т. 9. Вып. 2. С. 52–57.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ФАУНЕ ЦИКАДОВЫХ (HEMIPTERA, CICADINA) УЧАСТКА «ТУЛАШОР» ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ» (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Г. А. Ануфриев

*Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского,
ganufriev@gmail.com*

Исходным этапом изучения состояния биоразнообразия заповедников и других особо охраняемых природных территорий для целей последующей оценки его сохранности (или эффективности охраны) является инвентаризация флоры, фауны, биоценозов этих территорий. Особенно актуальна инвентаризация крупных таксонов, виды которых демонстрируют широкий круг адаптаций к нативному спектру природных условий. Одной из обширных групп насеко-

мых-фитофагов, представленных практически в любом наземном ценозе цветковых растений, являются цикадовые, виды которых различаются биотопическими и пищевыми предпочтениями, способами и местом питания (на корнях, стеблях, листьях; из сосудов проводящей системы, из паренхимных клеток), продолжительностью и фенологическими особенностями жизненных циклов, диапаузирующими фазами развития и другими особенностями биологии и экологии, что делает группу перспективной для мониторинга состояния биоразнообразия; в условиях средней полосы Европейской России группа сопоставима по видовому богатству с гнездящимися птицами.

Изучение фауны и населения цикадовых на участке «Тулашор» заповедника «Нургуш» было начато нами в августе 2012 г., результаты этих исследований опубликованы (Ануфриев, 2013; 2014). В сентябре 2014 г. я имел возможность продолжить исследования, что позволяет охарактеризовать состав фауны в ином фенологическом аспекте, выявить дополнительные для участка и Кировской области виды, а также отчасти проследить сезонные изменения в населении цикадовых; последнее стало возможным благодаря повторным учетам в одних и тех же местах (в пределах тех же географических координат) и в тех же биотопах. В настоящем сообщении отражены лишь данные о впервые найденных на участке видах, сведения по фенологии и населению будут представлены позднее.

Насекомые собирались с 4 по 7 сентября 2014 г.; при сборе и обработке использовались те же приемы, что и в 2012 г; всего было сделано 40 учетов (11 – кошением стандартным энтомологическим сачком, в основном с деревьев и кустарников, 29 – с помощью вакуумного коллектора марки Partner GBV-325), собрано и обработано свыше 1,5 тыс. экземпляров. Определение осуществлялось с использованием ранее указанных (Ануфриев, 2013) источников.

Ниже приводим список вновь выявленных в сентябре 2014 г. видов; они расположены в порядке, принятом в определителе насекомых европейской части СССР (Емельянов, 1964), после порядкового номера в квадратных скобках помещена отсылка на страницу этого определителя, если вид в нем есть; при указании вида в определителе в другом роде последний приведен за принятым здесь названием в круглых скобках; если вид в определителе отсутствует, дается отсылка на страницу, где помещен род, со знаком «-». Даны сведения о заселяемых видом биотопах, а также о встречаемости и относительной численности (если специально не оговаривается, – в 1-минутном учете вакуумным коллектором). Видовые названия сопровождаются следующими пометами: ранее не указывался * – с участка «Тулашор» и его охранной зоны, ** – из Кировской области.

Семейство CIXIIDAE – ЦИКСИИДЫ

1 [343]. *Cixius distinguendus* Kirschbaum, 1868*. Учеты с ивы *Salix aurita* L., березы *Betula pubescens* Ehrh. и осоково-пушицевого травостоя на болоте в верховьях р. Чернушка, а также с молодых осин и одичавшей малины на поляне быв. пос. Тулашор; всего 8 экз. в 6 учетах. Обычно по лиственным лесам среди травостоя под деревьями.

Семейство DELPHACIDAE – СВИНУШКИ

2 [347]. *Stenocranus fuscovittatus* (Stel, 1858)**. Всего 2 экз. в 2 учетах на приручьевом крупноосочнике и на разнотравно-злаковой опушке быв. пос. Тулашор. Обычно по влажным и заболоченным местам с осоками и злаками.

3 [347]. *Kelisia guttula* (Germar, 1818)*. Приручьевой крупноосочник (25 экз. в учете) и разнотравно-злаковая опушка быв. пос. Тулашор (1 экз. в учете). Олигофаг но осоках в сухих и увлажненных местообитаниях.

4 [347]. *Delphacodes venosus* (Germar, 1830)**. Осоково-сфагновое болото с сабельником и вейником в верховьях р. Чернушка (2 экз. в учете); разнотравье с аспектом лютика на просеке по пути в тому же болоту (1 экз. в 0,5-минутном учете); разнотравно-злаковая опушка быв. пос. Тулашор (1 экз. в учете). Тирфобионт, по болотам на злаках среди мхов (сфагнумов и др.); зимуют имаго.

Семейство APHRORHORIDAE – ПЕННИЦЫ

5 [360]. *Peuceptyelus coriaceus* (Fallén, 1826)**. С ели у дороги сев. быв. пос. Тулашор, 1 экз. в учете. Олигофаг на елях, зимуют имаго.

Семейство CICADELLIDAE – ЦИКАДКИ

Подсемейство Idiocerinae

6 [377]. *Idiocerus lituratus* (Fallén, 1806)**. Кошением (10ЧЗ взмахов) с ивы *Salix aurita* L. на болоте в верховьях р. Чернушка, 2 экз. Олигофаг на ивах.

Подсемейство Aphrodinae

7 [381]. *Stroggylocephalus agrestis* (Fallén, 1806)*. Осоково-сфагновое болото в верховьях р. Чернушка, 1 экз. в учете. По-видимому, олигофаг на осоках по влажным лугам и болотам.

Подсемейство Cicadellinae

8 [381]. *Evacanthus interruptus* (Linnaeus, 1758)*. Низкотравный заливной луг с аспектом тысячелистника и погремка в пойме р. Федоровка, 1 экз. в учете. Обычно на лугах, полянах, в редколесьях среди сочного разнотравья.

Подсемейство Typhlocybinae

9 [383]. *Emelyanoviana mollicula* (Voheman, 1845)** (*Dikraneura*). Низкотравный заливной луг по берегу р. Федоровка с аспектом тысячелистника и погремка, 2 экз. в учете. Обычно в сравнительно сухих теплых луговых местообитаниях.

10 [385]. *Kybos virgator* (Ribaut, 1933)**. Кошением с ивы *Salix pentandra* L. в пойме р. Федоровка, 1 экз. Олигофаг на ивах.

11 [388–390-]. *Eupteryx tenella* (Fallén, 1806)**. Левый берег р. Федоровка у разрушенного моста быв. пос. Тулашор, ассоциация клевера ползучего, 2 самки в 0,5-минутном учете.

12 [390]. *Linnavuoriana decempunctata* (Fallén, 1806)*. Болота в верховьях р. Чернушка, кошением с березы *Betula pubescens* Ehrh., 2 экз.; поляна быв. пос. Тулашор, с берез, 4 экз. Олигофаг на березах.

13 [390–392-]. *Edwardsiana salicicola* (Edwards, 1885)* (*Typhlocyba*). Кошением (10ЧЗ взмахов) с ивы *Salix aurita* L. на болоте в верховьях р. Чернушка, 24 экз. Монофаг на иве *Salix aurita* L.

14 [394–396-]. *Zygina* (*Zygina*) sp.**. Опушка поляны быв. пос. Тулашор, кошением с одиночно стоящих сосен и елей, 2 самца и 3 самки в 3 сборах. Для

точного определения вида необходим дополнительный материал. Как известно, восточноевропейские виды подрода трофически связаны с различными травянистыми и кустарниковыми растениями, нередко сосредотачиваются на хвойных деревьях на зимовку.

Подсемейство Euscelinae

15 [396]. *Grypotes puncticollis* (Herrich-Schdffer, 1834)*. Кошением с отдельно стоящих сосен в основном на поляне быв. пос. Тулашор, 7 экз. в 4 сборах. Олигофаг на соснах.

16 [414]. *Macustus grisescens* (Zetterstedt, 1828)*. В учете с осоково-сфагнового болота в верховьях р. Чернушка, 1 самка. Обычно на осоковых и пушицевых болотах, мокрых лугах, в заболоченных редколесьях.

Таким образом, список фауны цикадовых участка «Тулашор» и его охранной зоны дополнился 16 видами и достиг, с учетом ранее опубликованных сведений (Ануфриев, 2013), 102 видов из 4 семейств: Cixiidae – 2, Delphacidae – 8, Aphrophoridae – 5, Cicadellidae – 87 (Agalliinae – 2, Idiocerinae – 5, Iasinae – 1, Aphrodinae – 4, Cicadellinae – 2, Typhlocybinae – 31, Euscelinae – 42). Этот список нельзя считать исчерпывающе полным, т. к. учеты цикадовых были кратковременными и не охватили все фенологические периоды, остались неохваченными весна, начало и середина лета; кроме того, учеты производились не по всей территории участка, а только в местах, доступных с базы заповедника в быв. пос. Тулашор. Впервые из Кировской области указаны 7 видов – *Delphacodes venosus*, *Peuceptyelus coriaceus*, *Idiocerus lituratus*, *Emelyanoviana mollicula*, *Kybos virgator*, *Eupteryx tenella* и *Zygina* (*Zygina*) sp.

В заключение автор благодарит администрацию заповедника «Нургуш» (директора Е. М. Тарасову, зам. директора по научной работе Л. Г. Целищеву) за содействие в проведении настоящего исследования, а также инспекторов участка «Тулашор» Е. Г. Ситникова и Н. С. Бушнова за всемерную помощь в проведении полевых работ.

Литература

Ануфриев Г. А. Фауна цикадовых (Hemiptera, Cicadina) участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» // Труды ГПЗ «Нургуш». 2013. Т. 2. С. 11–21.

Ануфриев Г. А. Население цикадовых (Hemiptera, Cicadina) участка «Тулашор» заповедника «Нургуш» (Кировская область) // Научные исследования как основа охраны природных комплексов заповедников: Матер. Всерос. научно-практ. конф. ... Киров, 2014. С. 6–14.

Емельянов А. Ф. Подотряд Cicadinea (Auchenorrhyncha) – цикадовые // Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 1. Низшие, древнекрылые, с неполным превращением. М.; Л., 1964. С. 337–437.

ПОДЕНКИ И РУЧЕЙНИКИ В МАКРОЗООБЕНТОСЕ р. ИВКИНА

М. Л. Цепелева

*Вятский государственный гуманитарный университет,
marinatsepeleva@mail.ru*

Представители отрядов Ephemeroptera (поденки) и Trichoptera (ручейники) – амфибиотические насекомые, личинки которых обитают в пресных водах. Личинки поденок и ручейников – хорошие индикаторы чистоты вод. Фауна этих отрядов на территории Кировской области, несмотря на имеющиеся публикации (Животный мир..., 1974, 2001; Кочурова, 2006), остается недостаточно изученной.

Цель данной работы – привести сведения о фауне и биотопической приуроченности личинок поденок и ручейников р. Ивкина.

Река Ивкина – приток р. Быстрица, левобережный приток р. Вятка второго порядка, берёт начало с высокой части Вятского Увала вблизи дер. Опаринцы Верхошижемского района. На всём протяжении р. Ивкина течёт в северном направлении. Берега реки крутые, обрывистые, высотой от 1–2 до 5–10 м. Длина реки 104 км, площадь водосбора 1120 км². Русло реки извилистое, шириной от 3–5 до 7–10 м. Глубина в верхнем течении 0,6–0,9 м, в нижнем – 1–2 м. Средняя скорость течения 0,5–0,8 м/с (Каталог рек..., 1991; Природа..., 1996). Донные отложения реки представлены глинистыми, илистыми и песчаными грунтами, заиленными песками с примесью детрита разной степени разложения. Под автодорожными мостами на реке грунты представлены искусственными субстратами – камнями и гравием. По берегам реки встречаются заросли водной и прибрежно-водной растительности: *Fontinalis antipyretica*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton crispus*, *P. pectinatus*, *Alisma plantago-aquatica*, *Sagittaria sagittifolia*, *Phragmites australis*, *Carex sp.*, *Lemna trisulca*, *Polygonum amphibium*.

Гидробиологические пробы на р. Ивкина отобраны осенью (октябрь) 2009 и 2010 гг., весной (май) 2010 г., весной (май) и летом (июль) 2011 г. Сбор материала произведен на шести станциях: ст. 1 – у деревни Самосуды, у автомобильного моста, ст. 2 – у деревни Угор, у автомобильного моста, ст. 3 – в 500 м ниже дачных участков недалеко от пос. Нижнеивкино, ст. 4 – в 400 м выше сброса сточных вод санатория «Нижнеивкино», ст. 5 – в 400 м ниже сброса сточных вод санатория «Нижнеивкино», ст. 6 – в 1000 м ниже деревни Сивая.

Сбор личинок насекомых на исследованных участках произведен по стандартным методикам (Руководство..., 1983). На каждой станции с разных биотопов отобрано по две количественных и одной качественной пробе. Отобранные пробы промывались через капроновое сито с ячейей 0,22 мм (газ № 46). Промытые пробы фиксировали 4 %-ным формалином.

В результате обработки собранного гидробиологического материала отмечено 9 видов из отряда Ephemeroptera, относящиеся к 6 семействам и 11 видов из отряда Trichoptera, относящиеся к 8 семействам (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав и встречаемость личинок поденок и ручейников р. Ивкина

Таксономический состав	Ст. 1			Ст. 2		Ст. 3	Ст. 4				Ст. 5			Ст. 6		
	песок заил. + детрит	гли на	макрофиты	гли на	макрофиты	ил + детрит	песок	песок заил.	песок + гравий	макрофиты	песок заил.	песок заил. + детрит	макрофиты	песок заил.	песок заил. + детрит	макрофиты
Отряд Ephemeroptera																
Сем. Caenidae																
<i>Caenis macrura</i> Steph.		+		+	+	+		+	+		+	+	+	+		
<i>Caenis</i> sp.										+					+	+
Сем. Leptophlebiidae																
<i>Leptophlebia marginata</i> L.						+					+		+			
<i>Paraleptophlebia cincta</i> Retz.													+			
<i>Paraleptophlebia</i> sp.	+		+			+					+		+			
Сем. Baetidae																
<i>Cloeon bifidum</i> (Bengtsson)			+													
<i>Cloeon luteolum</i> Müll.														+		
<i>Cloeon</i> sp.	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Baetis fuscatus</i> L.											+					
<i>Baetis</i> sp.					+	+	+	+			+	+	+		+	
Сем. Ephemeridae																
<i>Ephemerella vulgata</i> L.				+		+	+	+	+			+		+	+	+
Сем. Heptageniidae																
<i>Heptagenia fus-cogrisea</i> Retz.							+						+			
<i>Heptagenia</i> sp.															+	
Сем. Potamanthidae																
<i>Potamanthus luteus</i> L.									+							

Таксономический состав	Ст. 1			Ст. 2		Ст. 3	Ст. 4				Ст. 5			Ст. 6		
	песок заил. + детрит	гли на	макрофиты	гли на	макрофиты	ил + детрит	песок	песок заил.	песок + гравий	макрофиты	песок заил.	песок заил. + детрит	макрофиты	песок заил.	песок заил. + детрит	макрофиты
Отряд Trichoptera																
Сем. Polycentropodidae																
<i>Polycentropus flavomaculatus</i> Pictet	+	+	+		+	+		+		+	+	+	+			
<i>Neureclipsis bimaculata</i> L.													+			
Сем. Sericostomatidae																
<i>Notidobia ciliaris</i> L.	+			+												
Сем. Hydroptilidae																
<i>Hydroptila tineoides</i> Dalman		+														
<i>Ithytrichia lamellaris</i> Eaton			+		+											
Сем. Hydropsychidae																
<i>Hydropsyche angustipennis</i> Curtis							+	+		+	+	+				
Сем. Psychomyiidae																
<i>Lype phaeopa</i> Stephens			+													
<i>Lype</i> sp.					+											
Сем. Limnephilidae																
<i>Anabolia soror</i> McL.													+	+		
Сем. Brachycentridae																
<i>Brachycentrus subnubilus</i> Curtis							+	+		+	+					
<i>Mycrasema</i> sp.																
Сем. Leptoceridae																
<i>Athripsodes bilineatus</i> L.									+		+				+	

Количественные показатели развития фауны поденок и ручейников приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Количественные показатели развития личинок поденок и ручейников
р. Ивкина**

Показатели	Ephemeroptera	Trichoptera
Средняя численность, экз./м ²	146,5	165,8
Доля от общей средней численности зообентоса, %	2,3	2,6
Средняя биомасса, мг/м ²	1452,6	475,3
Доля от общей средней биомассы зообентоса, %	8,7	2,9

В р. Ивкина личинки поденок и ручейников обнаружены на следующих биотопах: песчаном заиленном с детритом, илистом с детритом, песчаном, песчаном заиленном, песчаном с гравием, глинистом и среди зарослей макрофитов.

Личинки поденок были обнаружены во всех пробах. Их наибольшее таксономическое богатство отмечено в нижнем течении р. Ивкина на илистых с детритом, песчаных заиленных и песчаных заиленных с детритом грунтах и в зарослях макрофитов (по 6 видов и форм). На остальных биотопах найдено по 2–3 вида и формы поденок. Максимальная численность личинок поденок – 1960 экз./м² отмечена на песчаном заиленном грунте, максимальная биомасса – 18300 мг/м² – на илистом с детритом. Минимальная численность личинок поденок зарегистрирована на песчаном грунте – 75 экз./м², наименьшая биомасса – на глинистом – 77 мг/м².

Личинки ручейников также имели широкое распространение. Наибольшее количество видов и форм ручейников обнаружено в зарослях макрофитов (8 видов и форм) р. Ивкина, за исключением ст. 6, где в этих биотопах они найдены не были. На остальных грунтах обнаружено по 1-2 вида и формы ручейников. Наибольшая численность (670 экз./м²) и биомасса (2818 мг/м²) личинок ручейников отмечена на илистом с детритом грунте. Минимальные значения численности и биомассы – на песчаном с гравием биотопе – 17 экз./м² и 20 мг/м², соответственно.

Таким образом, в результате проведенных исследований составлен список видов и форм амфибиотических насекомых (поденок и ручейников) р. Ивкина, включающий 9 и 11 видов соответственно. Наибольшую встречаемость имели личинки поденок, средняя биомасса которых в три раза превышала такую личинок ручейников. Наибольшее число видов и форм среди поденок отмечено на илистых с детритом и песчаных грунтах с различной степенью заиления. Личинки ручейников чаще встречались среди зарослей высшей водной растительности.

Литература

- Животный мир Кировской области: в 5 т. Киров, 1974. Т. 2. 522 с.
Животный мир Кировской области (беспозвоночные животные): в 5 т. Киров: Изд-во ВГПУ, 2001. Т. 5. 231 с.
Каталог рек Кировской области. Киров, 1991. 34 с.

Кочурова Т. И. К фауне водных беспозвоночных Кировской области // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: Матер. Всерос. науч. школы. Киров, 2006. С. 77–82.

Природа, хозяйство, экология Кировской области. Киров: Кировский гос. пед. ун-т, 1996. С. 136–186.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 239 с.

ВОЛНЫ ЖИЗНИ ДОМИНИРУЮЩЕЙ ПОПУЛЯЦИИ КРОВОСОСУЩЕГО КОМАРА (*OCLEROTATUS COMMUNIS* DE GEER, 1776) В ПОДЗОНЕ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Е. В. Панюкова, Е. Г. Мадя

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
panjukova@komisc.ru, madi@komisc.ru*

Ochlerotatus communis – массовый в лесных биотопах таежной зоны, моноциклический, автогенный, ранневесенне-летний, политопный вид (Медведев и др., 2010). Данный вид может, по-видимому, играть некоторую роль в циркуляции туляремийного микроба, установлена его естественная зараженность (Гуцевич и др., 1970). В зоне тайги он распространен в заболоченных хвойных лесах и, в частности, в ельниках, где имеет высокую устойчивую численность, составляя в сборах самок до 70 и более процентов. Рассмотрены волны жизни доминирующей в лесных биотопах популяции *O. communis* на примере подтаежной зоны Новгородской области (Кункова (Панюкова), Федорова, 1999). По полученным данным многолетний цикл в графическом выражении представляет волну в виде котла. Популяционными волнами или волнами жизни называют колебания численности особей в природных популяциях. Термин введен в науку русским энтомологом и генетиком С. С. Четвериковым (Четвериков, 1905).

Целью данной работы было изучение популяционных волн *O. communis* для эпидемического прогнозирования (forecast epidemical) в среднетаежных ландшафтах Республики Коми.

Для решения поставленной цели в условиях стационара был выбран ежегодно образующийся при таянии снега временный весенний водоем. В данном водоеме отмечали развитие популяции *O. communis* с апреля по июнь. Размеры водоема варьировали по годам в зависимости от количества талого снега и, в среднем, составляли 21x15x0,5 м в мае. В отдельные годы в конце весны в водоеме отмечался выплод небольшого числа личинок *Aedes cinereus* и *Culex pipiens f. pipiens*. Водоем расположен в понижении рельефа в ельнике-черничнике зеленомошном в окрестностях г. Сыктывкара (61°38' 55" с. ш., 50°44' 01" в. д.). В период с 2005 по 2014 гг. проведено 72 сбора преимагинальных стадий *O. communis*. Ежегодно отслеживали продолжительность периода развития особей данного вида. Использован метод количественных учетов на исчерпание популяции. Сбор личинок и куколок осуществлен ручным способом. За учет брали пять проб стандартной кюветой (18x22) в различных участ-

ках водоема. Сборы вели каждую декаду месяца с момента появления личинок младших возрастов до вылета имаго из водоема. Определение особей до вида осуществляли по живым личинкам, проверяя его достоверность по вылетевшим имаго. Для точного определения видовой принадлежности были изготовлены постоянные и временные микропрепараты гениталий самцов комаров. Результаты определений сверялись с материалами фондовой коллекции Зоологического института РАН. Собранный материал включает более семи тысяч экземпляров личинок, из них большую долю составляли личинки вида *O. communis*. Материалы сборов занесены в электронную базу данных, что позволило накапливать и анализировать многолетние результаты стационарных наблюдений.

В результате проведенных наблюдений нами установлен подъем и спад численности *O. communis* в многолетней популяционной динамике. Начало наблюдений пришлось на временной промежуток спада численности популяций, начало спада, вероятно, началось одним – двумя годами раньше. В течение шести последующих лет отмечалось медленное повышение численности. Пик популяционной численности *O. communis* пришелся на летний период 2010 года. В течение 2011 сохранялся высокий уровень популяционной волны, а в последующие годы отметился резкий спад численности популяции кровососущего комара *O. communis*.

Данное исследование позволило прогнозировать изменение численности доминирующего вида *O. communis* по годам. Работа поддержана грантами РФФИ № 08-04-00216-а и 11-04-00917-а.

Литература

Гуцевич А. В., Мончадский А. С., Штакельберг А. А. Фауна СССР. Насекомые Двукрылые, комары сем. Culicidae // Фауна СССР Т. 3, вып. 4. Л., 1970. Наука. 364 с.

Кункова (Панюкова) Е. В., Федорова В. Г. Волны жизни доминирующей популяции комаров *Aedes communis* лесной зоны Новгородской области // Материалы XXIV межвузовской науч.-практ. конф. по проблемам биологии и медицинской паразитологии. СПб., 1999. С. 63–64.

Медведев С. Г., Айбулатов С. В., Панюкова Е. В. Экологические особенности и распространение *Aedes communis* (De geer, 1776) на территории Северо-Запада Европейской части России // Паразитология, 2010. Т. 44. № 5. С. 441–460.

Панюкова Е. В. Эколого-фаунистические исследования кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) на европейском Северо-Востоке России // Проблемы изучения и охраны животного мира на Севере: Материалы докладов Всерос. конф. с междунар. участием. Сыктывкар, 2009. С. 86–88.

Панюкова Е. Н., Медведев С. Г. Видовой состав и экологические особенности кровососущих комаров рода *Ochlerotatus* (группа видов *communis*) (Diptera: Culicidae) на территории Новгородской области // Паразитология, 2007. Т. 41. № 3. С. 223–239.

Панюкова Е. В. Сезонная динамика популяций кровососущих комаров (Diptera, Culicidae) в подзоне средней тайги Республики Коми // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Вып. VIII. Ч. 2. Киров, 2010. С. 8–11.

Четвериков С. С. Волны жизни (из лепидептерологических наблюдений за лето 1903 г.) // Дневник Зоологического отд. Имп. об-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. М., 1905. Т. III. № 6. С. 1–5.

К ФАУНЕ ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (НЕТЕРОПТЕРА) ЗАПОВЕДНИКА «НУРГУШ»

А. Н. Зиновьева¹, Л. Г. Целищева²

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
zinovjeva@ib.komisc.ru

² Государственный природный заповедник «Нургуш»,
tselishchevalg@mail.ru

Государственный природный заповедник «Нургуш» был организован в Кировской области в 1994 г. В настоящее время он состоит из двух участков. В Котельничском районе в пойме р. Вятки, занятой хвойно-широколиственными лесами, расположен участок «Нургуш», площадью 5634,2 га, с охранной зоной – 7998 га. В Нагорском районе находится участок «Тулашор», включающий старовозрастные темнохвойные среднетаежные леса, его площадь 17815,5 га, охранная зона занимает территорию 17566,1 га. Первые сведения о полужесткокрылых участка «Нургуш» содержатся в работе Н. Н. Ходырева, Л. Г. Целищевой, А. А. Гришиной (2004), где указано 54 вида из 20 семейств, позднее этот список был дополнен еще 11 видами (Гришина, Целищева, 2006; Зиновьева, Целищева, 2008; Целищева, 2011, 2013).

Работа основана на материалах, собранных Л. Г. Целищевой в 2008, 2013 и 2014 гг. Клопов отлавливали методом кошения энтомологическим сачком, часть материала собрана почвенными ловушками. На участке «Нургуш» почвенные ловушки (п. л.) были установлены на территории заповедника в шести биотопах: липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый у протоки на оз. Кривое, кв. 102; дубовый лес чино-подмаренниково-снытево-клеверный на берегу оз. Нургуш, кв. 103; ивняк горцево-двуклесточниково-осоковый на песчаном берегу р. Вятка, кв. 119; разнотравно-злаковый мятликово-таволгово-костровый луг на берегу оз. Нургуш, кв. 102; осиново-липовый лес хвощево-будрово-снытевый, кв. 101; злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый на берегу р. Прость, кв. 100 (в тексте названия этих биотопов сокращены). Всего собрано и определено 650 экз. клопов. Ниже приводится аннотированный список, включающий название вида, биотопическую приуроченность, а также участок заповедника, где собран материал. Новые для заповедника виды отмечены *.

Семейство Nepidae – Водяные скорпионы

1. *Nepa cinerea* Linnaeus, 1758. Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 20.06-01.07.2008 – личинки, 10.10-20.10.2013 – 1♂.

Семейство Naucoridae – Плавты

2. *Ilyocoris cimicoides* (Linnaeus, 1758). Нургуш: осиново-липовый лес, п. л., 29.09-10.10.2013 – 1♀. Обычный.

Семейство Gerridae – Водомерки

3. *Gerris lacustris* (Linnaeus, 1758). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 29.09-10.10.2013 – 1♀; осиново-липовый лес, п. л., 02.07-12.07.2013 – 1♀; Тулашор: кв. 24, р. Федоровка, устье р. Синюг, 03.08.2013 – 2♂, 1♀, 3 личинки.

Семейство Saldidae – Прибрежные клопы

4. **Chartoscirta cincta cincta* (Herrich-Schaeffer, 1844). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 10.06-19.06.2013 – 1♂.

5. **Chartoscirta elegantula elegantula* (Fallén, 1807). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 20.06-01.07.2008 – 1♀; Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, берег р. Федоровка, п. л., 01.08-5.08.2013 – 1♂.

6. **Saldula c-album* (Fieber, 1859). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 02.07-12.07.2013 – 1♀. Встречается в околотоводных биотопах.

7. **Saldula fucicola* (J. Sahlberg, 1870). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 10.06-02.07.2008 – 3♂, 4♀, 02.07.-12.07.2013 – 10♂, 5♀, 12.07-30.07.2013 – 7♂, 9♀, 08.08-20.08.2013 – 3♂, 1♀. Обычный.

Семейство Tingidae – Кружевницы

8. **Acalypta carinata* (Panzer, 1806). Нургуш: осиново-липовый лес, п. л., 29.07-08.08.2008 – 1♂.

9. **Derephysia foliacea* (Fallén, 1807). Нургуш: липово-дубовый лес, п. л., 30.07-08.08.2013 – 2♂; дубовый лес на берегу оз. Нургуш, п. л., 29.07-08.08.2008 – 3♂, 08.08-20.08.2013 – 1♀; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 12.07-18.07.2013 – 1♂; луг на берегу р. Прость, п. л., 12.07-18.07.2013 – 1♀; Тулашор: кв. 24, берег р. Федоровка, устье р. Синюг, 02.08.2013 – 1♂; охранная зона, просека между кв. 48 и 49, мелколиственный лес, п. л., 26.07-27.07.2012 – 5♀.

Семейство Nabidae – Хищники-набиды

10. **Himacerus boops* (Schjødte, 1870). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 18.07-30.07.2013 – 1♀; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 18.07-30.07.2013 – 1♂.

11. *Nabis flavomarginatus* Scholtz, 1847. Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 08.08-20.08.2013 – 1♂; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 30.08-10.09.2013, 1♂, ивняк на песчаном берегу р. Вятки, п. л., 30.07-08.08.13 – личинки 5-го возраста. Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♂.

Семейство Anthocoridae – Цветочные клопы

12. **Temnostethus gracilis* Horváth, 1907. Нургуш: липово-дубовый лес, п. л., 10.08.2013 – 1♀.

Семейство Miridae – Слепняки

13. *Adelphocoris quadripunctatus* (Fabricius, 1794). Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, высокий берег р. Федоровка, 27.07.2012 – 1♂, 1♀.

14. **Adelphocoris seticornis* (Fabricius, 1775). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 11.07-22.07.2008 – 1♀. Обычный.

15. **Charagochilus gyllenhalii* (Fallén, 1807). Нургуш: дубовый лес на берегу оз. Нургуш, п. л., 29.05-10.06.2013 – 1♀.

16. **Lygus rugulipennis* Poppius, 1911. Тулашор: охранная зона, кв. 49, елово-березовый лес, на тропе к р. Пожмашер, 27.07.2012 – 1♂. Обычный.

17. *Lygus wagneri* Remane, 1955. Тулашор: кв. 24, берег р. Федоровки, устье р. Синюг, елово-мелколиственный лес, 02.08.2013 – 1♀; охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♂.

18. **Polymerus unifasciatus* (Fabricius, 1794). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 19.06-02.07.2013 – 1♂, 2♀; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 02.07-

18.07.2013 – 1♂, 2♀; охранная зона, кв. 80, луг на берегу р. Прость, 04.07.2013 – 1♂, 2♀; кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♀.

19. *Polymerus nigrita* (Fallén, 1807). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 02.07-12.07.2013 – 3♀; охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 17.06.2013 – 1♂.

20. **Stenotus binotatus* (Fabricius, 1794). Нургуш: охранная зона, окр. с. Боровка, луг, 24.06.2012 – 2♂, 1♀; Тулашор: охранная зона, кв. 49, елово-березовый лес, на тропе к р. Пожмашер, 27.07.2012 – 2♀; кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♀. Обычный.

21. *Leptopterna dolabrata* (Linnaeus, 1758). Нургуш: кв. 92-93, луг у кордона на оз. Нургуш, 21.06.2012 – 1♂; охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 17.06.2013 – личинки.

22. **Leptopterna ferrugata* (Fallén, 1807). Нургуш: охранная зона, окр. с. Боровка, луг, 24.06.2012 – 1♂; кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 3♀; кв. 80, луг на берегу р. Прость, 04.07.2013 – 1♀.

23. *Stenodema calcarata* (Fallén, 1807). Нургуш: кв. 80, разнотравно-злаковый луг у р. Прость, 04.07.2013 – 1♀; Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♂.

24. **Stenodema holsata* (Fabricius, 1787). Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, 25.07.2012 – 1♂. На лугах. Обычный.

25. **Euryopicoris nitidus* (Meyer-Dür, 1843). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 11.07-22.07.2008 – 1♀. Обычный.

26. **Halticus apterus apterus* (Linnaeus, 1758). Нургуш: кв. 102-103, луг около кордона на берегу оз. Нургуш, 30.05.2012 – 3♂; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 19.06-02.07.2013 – 3♂, 1♀; 02.07-30.07.2013 – 15♂, 6♀, 20.08-30.08.2013 – 6♂, 10♀, 30.08-10.09.2013 – 8♂, 7♀; луг на берегу р. Прость, п. л., 19.06-02.07-30.07.2013 – 22♂, 9♀, 08.08-20.08.2013 – 18♂, 16♀; дубовый лес на берегу оз. Нургуш, п. л., 02.07-12.07.2013, 08.08-20.08.2013 – 4♂, 2♀, осиново-липовый лес, п. л., 10.09-20.09.2013 – 1♀; Тулашор: кв. 23-24, просека в елово-мелколиственном лесу, 03.08.2013 – 1♂, 1♀. Массовый.

27. *Labops sahlbergii* (Fallén, 1829). Нургуш: кв. 102-103, луг около кордона на берегу оз. Нургуш, 21.06.2012 – 1♀; луг на берегу оз. Нургуш, 30.07-8.08.2013 – 1♀; луг на р. Прость, п. л., 11.07-22.-7.2008 – 3♂, 3♀, Обычный.

28. **Globiceps flavomaculatus* (Fabricius, 1794). Нургуш: охранная зона, кв. 42, ур. Бойня, луг на берегу р. Вятка, 27.06.2012 – 1♂. Обычный.

29. **Pilophorus cinnamopterus* (Kirschbaum, 1856). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 02.07-12.07.2013 – 2♂, 1♀.

30. **Pilophorus confusus* (Kirschbaum, 1856). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 18.07-20.08.2013 – 2♂, 2♀. На ивах.

31. **Chlamydatus pulicarius* (Fallén, 1807). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 18.07-30.07.2013 – 1♂. Обычный.

32. **Chlamydatus pullus* (Reuter, 1870). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 02.07-12.07.2013, 20.08-30.08.2013 – 3♂, 1♀.

33. **Criocoris quadrimaculatus* (Fallén, 1807). Нургуш: охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 17.06.2013 – 1♂.

34. **Monosynamma bohemani* (Fallén, 1829). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятка, п. л., 12.07-30.07.2013 – 2♀. На ивах. Обычный.

35. **Plagiognathus arbustorum* (Fabricius, 1794). Нургуш: луг на берегу р. Прость, 18.07-30.07.2013 – 1♀. Обычный.

36. *Plagiognathus chrysanthemi* (Wolff, 1804). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, 18.07-30.07.2013 – 1♀; луг на р. Прость, п. л., 18.07-30.07.2013 – 1♀; охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на р. Прость, 04.07.2013 – 1♂.

Семейство Lygaeidae – Наземники

37. *Nithecus jacobaeae* (Schilling, 1829). Нургуш: охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 04.07.2013 – 1♀; Тулашор: охранная зона, кв. 49, елово-березовый лес, на тропе к р. Пожмашер, 27.07.2012 – 1♀. Обычный.

38. **Kleidocerys resedae resedae* (Panzer, 1797). Нургуш: осиново-липовый лес, п. л., 19.06-12.07.2013 – 2♀.

39. **Ishnodemus sabuleti* (Fallén, 1826). Тулашор: кв. 24, берег р. Федоровка, устье р. Синюг, 03.08.2013 – 1♂.

40. **Drymus brunneus brunneus* (R.F. Sahlberg, 1848). Нургуш: липово-дубовый лес, п. л., 10.09-20.09.2013 – 1♂, 3♀; дубовый лес, п. л., 01.05-10.05.2008 – 1♀; осиново-липовый лес, п. л., 20.08-27.08.2008 – 5♂, 8♀, 30.07-20.10.2013 – 1♂, 17♀; ивняк на песчаном берегу р. Вятки, п. л., 18.07-30.07.2013 – 2♀; Тулашор: кв. 24, берег р. Федоровки, устье р. Синюг, 02.08.2013 – 1♂.

41. **Scolopostethus pictus* (Schilling, 1829). Нургуш: ивняк на песчаном берегу р. Вятки, п. л., 19.06-02.07.2013 – 1♀; осиново-липовый лес, п. л., 30.07-10.09.2013 – 2♂, 2♀.

42. **Scolopostethus pilosus pilosus* Reuter, 1875. Нургуш: липово-дубовый лес, п. л., 22.05-24.05.2013 – 1♂; дубовый лес, п. л., 19.05-10.06.2013 – 3♀; осиново-липовый лес, п. л., 02.07-12.07.2013 – 1♂; луг на берегу р. Прость, п. л., 08.08-20.08.2013 – 2♀; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 12.07-18.07.2013 – 1♀.

43. **Pterotmetus staphyliniformis* (Schilling, 1829). Тулашор: охранная зона, кв. 49, елово-березовый лес, на тропе к р. Пожмашер, 27.07.2012 – 1♂.

44. **Megalonotus chiragra* (Fabricius, 1794). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 20.06-01.07.2008 – 1♂.

45. *Rhyrachromus pini* (Linnaeus, 1758). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, 19.06-02.07.2013 – 2♀; луг на берегу р. Прость, п. л., 20.06-01.07.2008 – 1♀, 02.07-12.07.2013 – 2♀, 08.08-20.08.2013 – 1♂.

46. **Stygnocoris sabulosus* (Schilling, 1829). Нургуш: луг на оз. Нургуш, п. л., 19.06.-02.07.2013 – 1♂; луг на берегу р. Прость, п. л., 30.08-10.10.2013 – 7♂, 4♀.

Семейство Pyrrhocoridae – Красноклопы

47. *Pyrrhocoris apterus* (Linnaeus, 1758). Нургуш: осиново-липовый лес, п. л., 10.06-02.07.2013 – 3♂; охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 04.07.2013 – 1♂.

Семейство Rhopalidae – Булавники

48. **Rhopalus subrufus* (Gmelin, 1790). Нургуш: охранная зона, кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 04.07.2013 – 1♀; Тулашор: кв. 23-24, просека в елово-мелколиственном лесу, 03.08.2013 – 1♀.

49. *Stictopleurus crassicornis* (Linnaeus, 1758). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 02.07-12.07.2013 – 1♀; Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♂.

50. **Myrmus miriformis* (Fallén, 1807). Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка; 05.08.2013 – 1♀. Обычный.

Семейство Coreidae – Краевики

51. *Coreus marginatus marginatus* (Linnaeus, 1758). Нургуш: луг на берегу р. Прость, п. л., 19.06-02.07.2013 – 1♂, 1♀; луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 29.05-10.06.2013 – 2♂; охранная зона, кв. 42, ур. Бойня, луг на берегу р. Вятка, 27.06.2012 – 1♂; кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 14.06.2013 – 1♀.

Семейство Acanthosomatidae – Древесные щитники

52. *Elasmucha grisea grisea* (Linnaeus, 1758). Нургуш: дубовый лес на берегу оз. Нургуш, п. л., 29.05-10.06.2013 – 1♂, 1♀.

Семейство Scutelleridae – Щитники черепашки

53. *Eurygaster testudinaria testudinaria* (Geoffroy, 1785). Нургуш: охранная зона, кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♀; кв. 80, разнотравно-злаковый луг на берегу р. Прость, 04.07.2013 – 1♀; Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♂.

Семейство Pentatomidae – Настоящие щитники

54. **Neottiglossa pusilla* (Gmelin, 1790). Тулашор: просека между кв. 31 и 32, сосново-елово-мелколиственный лес, 26.07.2012 – 1♂.

55. *Carpocoris purpureipennis* (De Geer, 1773). Нургуш: охранная зона, кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♂; Тулашор: охранная зона, кв. 49, б. п. Тулашор, луг на берегу р. Федоровка, 05.08.2013 – 1♀.

56. *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758). Нургуш: луг на оз. Нургуш, п. л., 29.05-19.06.2013 – 10♂; охранная зона, кв. 80, луг на р. Прость, 12.06.2013 – 1♂; кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♀; Тулашор: охранная зона, просека между кв. 48 и 49, мелколистственный лес, 26.07-27.07.2012 – 1♀.

57. *Holcostethus strictus vernalis* (Wolff, 1804). Нургуш: кв. 102-103, луг на берегу оз. Нургуш, 30.05.2012 – 1♂; охранная зона, кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♂, 1♀.

58. *Palomena prasina* (Linnaeus, 1761). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 29.05-10.06.2013 – 1♀; охранная зона, кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 12.06.2012 – 1♀.

59. **Eysarcoris aeneus* (Scopoli, 1763). Нургуш: луг на берегу оз. Нургуш, п. л., 08.08-20.08.2013 – 1♀; охранная зона, кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♂.

60. *Eurydema oleracea* (Linnaeus, 1758). Нургуш: окр. с. Боровка, луг, 24.06.2012 – 1♀.

61. *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758). Нургуш: охранная зона, кв. 42, луг в окр. оз. Простенская Яма, 20.06.2012 – 1♀; кв. 80 луг на берегу р. Прость, 05.07.2012 – 1♀.

Таким образом, фауна полужесткокрылых заповедника «Нургуш» насчитывает 100 видов клопов из 23 семейств, среди которых впервые для заповедника отмечено 37 видов из восьми семейств. В общий список нами не включены ошибочно указанные *Gerris caucasicus* и *Alloeotomus germaricus* (Ходырев, Целищева, Гришина, 2004). Новыми для фауны Кировской области являются *Saldula fucicola*, *Himacerus boops*, *Temnostethus gracilis*, *Pilophorus cinnamopterus*, *Chlamydatus pullus*, *Ishnodemus sabuleti*, *Drymus brunneus*, *Pterotmetus staphyliniformis*, *Stygnocoris sabulosus*.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 13-04-00660-а).

Литература

Гришина А. А., Целищева Л. Г. Полужесткокрылые заповедника «Нургуш» // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. науч.-практ. конф. Киров, 2006. С. 63.

Зиновьева А. Н., Целищева Л. Г. Новые виды полужесткокрылых в фауне Кировской области // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. науч.-практ. конф. Киров, 2008. С. 45–46.

Ходырев Н. Н., Целищева Л. Г., Гришина А. А. Видовой состав водных и наземных Heteroptera (Hemiptera) – Полужесткокрылых заповедника «Нургуш» // Научные чтения памяти проф. В. В. Стачинского. Смоленск, 2004. С. 286–289.

Целищева Л. Г. Результаты использования ловушек Мёрике в эколого-фаунистических исследованиях насекомых // Актуальные проблемы региональной экологии и биодиагностика живых систем: Матер. XI Всерос. науч.-практ. конф.-выставки инновац. эколог. проектов с междунар. уч. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 490–495.

Целищева Л. Г. Филлофаги некоторых древесно-кустарниковых пород заповедника «Нургуш» и его охранной зоны // Тр. Гос. природ. зап. «Нургуш». Т. 1. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2011. С. 174–182.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АМБЛИСЕЙУСА СВИРСКИ

М. В. Черемисинов¹, Н. Г. Нагонюк²

¹ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

² ООО «Пригородное» Республика Коми

Во всем мире отмечается быстрое развитие производства сельскохозяйственной продукции в защищенном грунте. Расширяется ассортимент выращиваемых растений, кроме традиционных овощных культур (огурец, томаты, сладкий перец), возделываются баклажаны, комплекс зеленных культур, земляника, бахчевые, а также многие виды цветов и декоративных растений.

Цель исследований: изучить применения Амблисейуса свирски против трипса, тепличной белокрылки и обыкновенного паутинного клеща на культуре огурца в защищенном грунте.

Хищный клещ Амблисейус (*typhlodromips*) свирски относится к семейству фитосеид (*Phytoseiidae*), отряду паразитиформных (*Parasitiformes*).

Хищный клещ Амблисейус свирски является эффективным естественным врагом таких вредителей, как белокрылка, трипс и паутинный клещ. Амблисейуса свирски можно применять круглый год, и он легко адаптируется к высоким температурам (Банников и др., 1996; Бондаренко, Глущенко, 1984).

Самка Амблисейуса свирски в день съедает до пяти личинок трипса. При хорошем питании ее численность возрастает в девять раз по сравнению с амблисейусом кукумерис (исследование проводила компания Koppert на растениях огурца). Это делает хищника более эффективным в борьбе с трипсом. Амблисейус свирски в основном ест яйца и личинки белокрылки. Выпуски энтомофага целесообразно проводить как только в ночное время температура достигнет +15 °С, а днем температура превышает +20 °С. На всех этапах развития хищник очень подвижен и активен.

Выпуски хищника производят на стадии половозрелых самцов и самок. Соотношение хищник - жертва – от 1:1 до 1:5, в зависимости от плотности популяции вредителя. Оптимальная норма выпуска клеща на 1 га сельскохозяйственных культур составляет от 500 тыс. до 2 млн. самок (от 8 до 33 л субстрата с размноженным хищным клещом).

Для подсчета паутинного клеща площадь теплицы была разбита на делянки, на которых выявлялась наибольшая степень повреждения растений и фиксировалась наивысшая численность вредителя. Определение степени повреждения клещом: проводилось на делянках. Наличие вредителя на растениях учитывалось путем наложения рамки 5х5 см на пораженные участки листа и определяет степень повреждения согласно шкале.

Для построения графиков, в таблицу заносятся данные со всех ловушек, которые находятся в теплице. Теплица делится на равные части, в каждой части развешиваются мониторинговые ловушки. Одна для учёта численности белокрылки другая, для учёта трипса. На площади 1,28 га таких ловушек по 28. Если численность вредителей со всей площади (со всех ловушек) достигает 500, то это превышение ЭПВ. Для принятия каких-либо мер нужно рассматривать каждое место, где висит ловушка, по отдельности, так как количество вредителя в одном месте может находиться больше, а в другом меньше.

Анализируя данные можно отметить, что все три вредителя на культуре огурца (белокрылка, паутинный клещ и трипс начали появляться после 10 недели учетов).

В 2012 г. при использовании химических обработок количество белокрылки колебалось от 20–450 особей. Максимально число особей белокрылки было отмечено на 34 неделе, что превысило ЭПВ. Далее после химической обработки численность вредителя стала снижаться.

В 2013 г. в теплице при использовании биологического метода – энтомофага Амблисейуса свирски, белокрылка появилась лишь на 17 неделе и до конца сезона ее численность не превысила ЭПВ. С 19 по 31 неделю количество белокрылки было минимальным и составило 22–91штук. К концу сезона числен-

ность белокрылки при использовании энтомофага на 37 неделе составило 150 особей.

В 2012 г. при применении химического метода против паутинного клеща численность колебалась от 25 до 400 особей к 37 неделе. Паутинный клещ появился на 19 неделе. Поэтому было принято решение о применении химических обработок для того, чтобы не допустить более сильного повреждения растений.

В 2013 г. при применении Амблисейуса свирски обыкновенный паутинный клещ появился лишь на 21–24 неделе, и его численность составила 40 особей. До конца сезона он не наносил ущерба производству, количество его составило 80 особей.

В теплице количество трипсов в 2012 и 2013 гг. было незначительным относительно белокрылки и паутинного клеща.

На основании приведенных данных видно, что трипс в 2012 г. появился на 18–19 неделях количество его составило 5 особей. Максимальное количество трипса отмечалось на 31 неделе 38 особей.

В 2013 г. против трипса был применен Амблисейус. Трипс начал появляться только с 25 недели вегетации (5 особей) не в значительном количестве и максимально был сдержан до конца сезона количество его составило 25 экземпляров.

В 2012 г. защита растений огурца в основном была основана на химическом способе, в 2013 г. – на биологическом методе, а именно выпуске Амблисейуса свирски.

Благодаря своевременному выпуску энтомофага численность популяции вредителей не превысила ЭПВ и специалистам по защите растений не пришлось применять химические средства защиты растений. Применение химических средств защиты растений в теплицах крайне нежелательно, так как продукцию собирают 2–3 раза в неделю, срок ожидания выдержать невозможно и пестициды не успевают разложиться (Доброхотов, 1990).

Выводы. 1. Проведение фитосанитарного мониторинга в блочных теплицах позволило выявить на ранних сроках вредителей огурца: белокрылка, паутинный клещ, табачный трипс и принять необходимые меры защиты.

2. Хищный клещ Амблисейус свирски является эффективным врагом таких вредителей, как белокрылка, трипс и паутинный клещ.

3. Амблисейуса свирски можно применять круглый год, и он легко адаптируется к высоким температурам. У него высокая репродуктивная способность, высокая степень активности в поиске источника питания.

Литература

Банников А. Г., Вакулин А. А., Рустамов А. К. Основы экологии и охрана окружающей среды. М.: Колос, 1996. 416 с.

Бегляров Г. А., Сучалкин Ф. А. Методические указания по биологическому методу борьбы с табачным трипсом в защищенном грунте. М., 1985. 26 с.

Бондаренко Н. В., Глушенко А. Ф. Практикум по биологической защите растений. М.: Колос, 1984. 206 с.

Доброхотов С. А. Опыт разведения хищного клеща амблисейуса в теплицах // Интегрированная защита сельскохозяйственных растений. Л., 1990. С. 9–10.

**К ФАУНЕ ЦВЕТОЧНЫХ КЛОПОВ
(HETEROPTERA, ANTHOCORIDAE)
ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗАПОВЕДНИКА**

Н. Н. Винокуров¹, В. Б. Голуб², А. Н. Зиновьева³

¹ *Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,*

² *Воронежский государственный университет,*

³ *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

n_vinok@mail.ru, v.golub@inbox.ru, aurika_z@mail.ru

Южно-Уральский государственный природный заповедник организован в 1979 г. с целью сохранения уникальных природных комплексов Южного Урала – горнотаежных темнохвойных лесов, горных тундр, субальпийских лугов, горных болот. Общая площадь заповедника составляет 252,8 тыс. га, более 90% которого находится в Белорецком районе Республики Башкортостан, в Катав-Ивановском районе Челябинской области расположен участок площадью 24,2 тыс. га (Флора и растительность..., 2008). Энтомофауна Южно-Уральского заповедника изучена недостаточно. Более полные сведения имеются о чешуекрылых, жесткокрылых и двукрылых. К числу наименее изученных отрядов насекомых относятся полужесткокрылые. Цветочные клопы – небольшое семейство, насчитывающее в мировой фауне около 600 видов из 100 родов, в Азиатской части России выявлено 49 видов из 12 родов (Винокуров и др., 2010). Мелкие (1,3–4,3 мм), слегка уплощенные, с нежными покровами насекомые, встречаются в галлах тлей и свертках листоверток, в цветах, кронах, на коре и под корой деревьев, в подстилке, муравейниках. На территории Республики Башкортостан ранее был отмечен лишь один вид *Xylocoris galactinus* (Бианки, Кириченко, 1923). В литературе также имеются сведения о нахождении 4 видов антокорид в Ильменском заповеднике (Аглямзянов, Лагунов, 1994) и 10 видов в Оренбургской области (Кириченко, 1954; Péricart, 1972).

Работа основана на материалах, собранных в июле – августе 2014 г. авторами данного сообщения. Клопов отлавливали энтомологическим сачком методом кошения по травянистой растительности, кронам деревьев и кустарников (Кержнер, Ячевский, 1964). Список 7 видов антокорид приводится для заповедника впервые. Наименования таксонов и последовательность их расположения в списке указаны согласно Каталогу палеарктических полужесткокрылых (Péricart, 1996).

Семейство ANTHOCORIDAE Fieber, 1836

1. *Acomporis pugnatus* (Fallén, 1807)

Материал: гора Малый Ямантау, 4 км В пос. Реветь, 802 м (N 54°11', E 57°40'), 30.VII-6.VIII (Винокуров, Зиновьева), 9 ♀; хр. Юша, г. Дунган-Сунган, 1030 м (N 54°04', E 57°52'), 8.VIII (Голуб), 1 ♂.

Голарктический вид, обитает на *Pinus sylvestris* и *Abies sibirica*.

2. *Anthocoris limbatus* Fieber, 1836

Материал: окр. пос. Реветь (N 54°11', E 57°37') – берег р. Малый Инзер, 285 м, центральная усадьба, 309 м, 1.VII-3.VIII (Винокуров), 1 ♂, 3 ♀; окр. дер.

Бердагулово, остепненный склон, 425 м (N 54°09', E 57°46'), 7.VIII (Винокуров), 1 ♂.

Трансевразиатский вид, живет на лиственных деревьях. Зоофаг, питается тлями и червцами (Элов, Кержнер, 1977).

3. *Anthocoris nemorum* (Linnaeus, 1761)

Материал: гора Малый Ямантау, 4 км В пос. Реветь, 724 м (N 54°11', E 57°40'), 6.VIII (Винокуров, Зиновьева), 1 ♂, 1 ♀; р. Реветь, 16 км СВ пос. Реветь, кордон «хутор Низамкина», 502 м (N 54°17', E 57°47'), разнотравный луг, 1.VIII (Зиновьева), 2 ♀; р. Реветь, 15 км СВ пос. Реветь, 479 м (N 54°16' E 57°45'), 1.VIII (Голуб), 1 ♀; окр. пос. Реветь, дорога на гору Малый Ямантау, 1.3 км В. усадьбы заповедника, 510 м (N 54°10', E 57°38'), 2.VIII (Голуб, Зиновьева), 2 ♀; окр. дер. Бердагулово, остепненный склон, 425 м (N 54°09', E 57°46'), 7.VIII (Зиновьева), 1 ♀; хр. Юша, гора Дунган-Сунган, 1030 м (N 54°04', E 57°52'), 8.VIII (Винокуров, Голуб, Зиновьева), 1 ♂, 4 ♀.

Трансевразиатский вид, на деревьях и кустарниках, разнотравных лугах, обычен в травостое.

4. *Temnostethus gracilis* Horváth, 1907

Материал: гора Малый Ямантау, 4 км В пос. Реветь, 724 м (N 54°11', E 57°40'), 6.VIII (Винокуров), 3 ♀; окр. дер. Бердагулово, остепненный склон, 425 м (N 54°09', E 57°46'), 7.VIII (Зиновьева), 1 ♀.

Голарктический вид, обнаружен на черемухе (*Padus avium*), зоофаг, предпочитает тлей и щитовок (Кержнер, Ячевский, 1964).

5. *Tetraphleps aterrima* (J. Sahlberg, 1878)

Материал: гора Малый Ямантау, 4 км В пос. Реветь, 802 м (N 54°11', E 57°40'), 30.VII-6.VIII (Винокуров, Голуб, Зиновьева), 4 ♂, 14 ♀; окр. пос. Реветь, ручей по дороге на гору Малый Ямантау, 510 м (N 54°10', E 57°38'), 2.VIII (Зиновьева), 1 ♂, 1 ♀; р. Реветь, 16 км СВ пос. Реветь, кордон «хутор Низамкина», 502 м. (N 54°17', E 57°47'), 1.VIII (Голуб), 2 ♀; р. Реветь, 15 км СВ пос. Реветь, 479 м (N 54°16', E 57°45'), 1.VIII (Голуб), 4 ♀; хр. Юша, г. Дунган-Сунган, 1030 м. (N 54°04', E 57°52'), 8.VIII (Винокуров, Голуб, Зиновьева), 1 ♂, 3 ♀; правый берег р. Малый Инзер, 2 км СЗ пос. Реветь, 375 м (N 54°11', E 57°36'), 9-10.VIII (Винокуров, Голуб), 1 ♂, 1 ♀.

Трансевразиатский вид, встречается на хвойных – *Pinus sylvestris*, *Abies sibirica*, *Picea obovata*.

6. *Orius minutus* (Linnaeus, 1758)

Материал: гора Малый Ямантау, 4 км в пос. Реветь, 802 м (N 54°11', E 57°40'), 30.VIII (Зиновьева), 2 ♀; окр. пос. Реветь (N 54°11', E 57°37') – центральная усадьба, 285 м.; левый берег р. Малый Инзер, 297 м, 31.VII, 10.VIII (Зиновьева), 3 ♀; р. Реветь, 16 км СВ пос. Реветь, кордон «хутор Низамкина», 502 м (N 54°17', E 57°47'), 1.VIII (Винокуров, Зиновьева), 3 ♀; хр. Юша, г. Дунган-Сунган, 1030 м (N 54°04', E 57°52'), 8.VIII (Голуб), 1 ♀.

Голарктический вид, на разнотравных лугах, в травостое.

7. *Orius niger* (Wolff, 1811)

Материал: окр. пос. Реветь (N 54°11', E 57°37'), 300 м, 31.VII-10.VIII (Винокуров, Голуб), 7 ♂, 17 ♀; гора Малый Ямантау, 4 км В пос. Реветь, 802 м (N

54°11', E 57°40'), 30.VII (Винокуров, Голуб, Зиновьева), 3 ♂, 5 ♀; дорога на гору Малый Ямантау, 1.3 км В усадьбы заповедника, 510 м (N 54°10', E 57°38'), 2.VIII (Зиновьева), 3 ♀; р. Реветь, 16 км СВ пос. Реветь, кордон «хутор Низамкина», 502 м (N 54°17', E 57°47'), 1.VIII (Винокуров, Голуб, Зиновьева), 2 ♂, 8 ♀; р. Реветь, 15 км СВ пос. Реветь, 479 м (N 54°16', E 57°45'), 1.VIII (Зиновьева), 4 ♀; окр. дер. Бердагулово, остепненный склон, 425 м (N 54°09', E 57°46'), 7.VIII (Голуб), 1 ♀.

Мультирегиональный полизональный вид. Встречается на разнотравных лугах, обычен в травостое. Зоофаг, питается тлями, трипсами, листоблошками, паутиными клещами, их личинками и яйцами, отмечено питание соком растений (Гидаятв и др., 1980).

Авторы выражают искреннюю благодарность директору заповедника Ф. Х. Алибаеву, зам. директора, к.б.н. Ю. П. Горичеву и научному сотруднику, к.б.н. В. Н. Алексееву за помощь в организации полевых работ. Исследования поддержаны грантами РФФИ № 13-04-00660 и № 14-04-11015.

Литература

Аглямзянов Р. С., Лагунов А. В. Фауна полужесткокрылых Ильменского заповедника (Heteroptera, Insecta) // Материалы по фауне и флоре Челябинской области. Миасс, 1994. Вып. 3. С. 34.

Бианки Л. В., Кириченко А. Н. Практическая энтомология, вып. IV. Насекомые Полу-жесткокрылые. М.-Петроград, 1923, LXXVI. 320 с.

Винокуров Н. Н., Канюкова Е. В., Голуб В. Б. Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) Азиатской части России. Новосибирск: Наука, 2010. С. 55–63.

Гидаятв Д. А., Драполюк И. С., Атакишиева А. М. Хищные полужесткокрылые Anthocoridae (Heteroptera) Азербайджана // Изв. АН АзССР, 1980, № 5. С. 88–91.

Кержнер И. М., Ячевский Т. Л. Отряд Hemiptera (Heteroptera) – Полу-жесткокрылые, или клопы // Определитель насекомых европейской части СССР / Под ред. Г. Я. Бей-Биенко. М.-Л: Наука, 1964. Т. I. С. 655–845.

Кириченко А. Н. Обзор настоящих полужесткокрылых районов среднего и нижнего течения р. Урала и волжско-уральского междуречья // Труды ЗИН АН СССР. 1954. Вып. 16. С. 286–320

Элов Э. С., Кержнер И. М. Полу-жесткокрылые семейства Anthocoridae, Cimicidae и Microphysidae (Heteroptera) Монгольской Народной Республики // Насекомые Монголии. Л.: Наука, 1977. Вып. 5. С. 203–220.

Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповедника / Под ред. Б. М. Миркина. Уфа. Гилем, 2008. 516 с.

Péricart J. Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region / Eds. B. Aukema, Chr. Rieger. Amsterdam, 1996. Netherlands Entomol. Soc.; Vol. 2. P. 108–141.

Péricart J. Hémiptères Anthocoridae, Cimicidae et Microphysidae de l'Quest-paléarctique. Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen, 7. Masson, Paris, 1972. iv. 404 p.

ЗАВИСИМОСТЬ ДЫХАТЕЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА МЕДОНОСНОЙ ПЧЕЛЫ ОТ СОДЕРЖАНИЯ КИСЛОРОДА В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ

Е. К. Еськов, М. Д. Еськова

*Российский государственный аграрный заочный университет,
ekeskov@yandex.ru*

Многие виды насекомых выживают в течение некоторого времени в условиях гипоксии, что влияет на изменение их физиологического состояния и выражается в замедлении роста, нарушении функционирования эндокринных желез и др. (Woldring et al., 1978). У взрослых рабочих особей медоносной пчелы кратковременный углекислотный наркоз ускоряет процессы физиологического старения (Skowronek, Jauch, 1974; Еськов, 1995).

Однако медоносная пчела приспособлена к жизни при пониженной концентрации, что обусловлено жизнью в укрытиях. В пчелином гнезде содержание CO_2 всегда превышает атмосферную норму. Несколько процентов достигает внутригнездовая концентрация CO_2 в течение зимовки и летом при резких похолоданиях (Еськов, 1995, 2003).

Настоящей работой предпринято изучение влияния разных уровней гипоксии на величину дыхательного коэффициента у взрослых и развивающихся пчел.

Исследование выполнено на взрослых рабочих особях и их личинках. Взрослых пчел отбирали из гнезд пчелиных семей в сетчатую клетку, помещаемую в цилиндрическую герметически закрываемую камеру объемом 90 см^3 с двумя штуцерами (входным и выходным). Личинок помещали в такую камеру вместе с участками сотов, в которых проходило их развитие. В течение каждого измерения в камере находилось примерно по 100 взрослых или развивающихся особей, которых после завершения опытов пересчитывали и индивидуально взвешивали на торсионных весах.

Поскольку активность метаболизма подвержена влиянию термофактора, камера рабочими пчелами или личинками в процессе исследований находилась в суховоздушном термостате ТС-80. Отклонение в нем температуры от заданной не превышало $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$. Для контроля реальной температуры использовали электротермометр с микротермодатчиком HEL-705, находившемся в камере. Это требовалось потому, что изолированные группы пчел агрегируются и регулируют температуру в своих скоплениях (Еськов, 1995).

Воздушную среду в измерительной камере прокачивали ротационным насосом со скоростью 3 л/мин через последовательно соединенные входные и выходные штуцеры газоанализаторов. Перед началом каждого цикла измерений активности потребления пчелами O_2 и выделения CO_2 , после герметизации камеры и установления в ней заданной температуры, производили прокачку внешним воздухом, что позволяло начинать измерения с исходного значения газовой среды, соответствующей или близкой к атмосферной. В ряде случаев O_2 в камере частично замещали N_2 .

Концентрацию CO_2 в воздушной среде, прокачиваемой через камеру с подопытными насекомыми, контролировали датчиком TGS 4161 (США). Содержание O_2 определяли анализатором МН 5121 (Белоруссия), действие которого основано на использовании парамагнитных свойств кислорода. Количество потребляемого O_2 и CO_2 , выделяемого подопытными насекомыми, рассчитывали с учетом объемов измерительных систем и их соединений, а также той части прокачиваемых воздушных объемов, которые занимали тела взрослых или развивающихся пчел и соты.

Личинки. Недостаток кислорода отражался на изменении активности метаболизма и дыхательного коэффициента (табл.). При оптимальной температуре для развития личинок, находящейся на уровне $33 \pm 0,5$ °С, понижение содержания O_2 в воздушной среде от 19,5 до 60,4 сопровождалось уменьшением потребления этого газа в среднем в 1,65 раза ($P > 0,99$). Этому сопутствовало увеличение значения дыхательного коэффициента в 1,52 раза ($P > 0,99$).

Таблица

Влияние гипоксии на потребление кислорода и дыхательный коэффициент у личинок рабочих пчел старшего возраста и разновозрастных взрослых особей, содержащихся при $33 \pm 0,5$ °С (кислород воздуха частично замещали азотом)

Содержание O_2 , %	Дыхательный коэффициент		Потребление кислорода ($\text{см}^3/\text{г}\cdot\text{ч}$)	
	личинки	взрослые пчелы	личинки	взрослые пчелы
$18,3 \pm 0,5$	$1,74 \pm 0,17$	$1,91 \pm 0,12$	$1,37 \pm 0,18$	$11,2 \pm 0,42$
$12,5 \pm 1,2$	$2,66 \pm 0,19$	$2,56 \pm 0,21$	$0,83 \pm 0,13$	$4,55 \pm 0,21$

Гипоксия обладает выраженным прологированным эффектом, выражающимся в ингибировании активности метаболизма. Так, личинки, содержащиеся в течение 40–60 мин при $33,5$ °С и 8–14%-ной концентрации O_2 , через два часа пребывания в нормальной воздушной среде потребляли $0,37 \pm 0,08$ $\text{см}^3/\text{г}\cdot\text{ч}$, что почти в пять раз меньше физиологической нормы. За указанное время не происходило восстановления до нормы и дыхательного коэффициента, значение которого находилось на уровне $1,05 \pm 0,06$.

Взрослые пчелы. Недостаток O_2 в газовой среде влияет на понижение активности метаболизма пчел. Уменьшению насыщения вдыхаемого воздуха кислородом сопутствует снижение его потребления (табл.). В частности, при понижении концентрации кислорода примерно на 6% (от 17,8–18,8%) его потребление пчелами снижалось в среднем в 2,5 раза ($P > 0,99$), а дыхательный коэффициент возрастал в 1,34 раза ($P > 0,95$).

Выводы. 1. Адаптируясь к жизни в укрытиях, медоносная пчела приобрела высокую толерантность к гипоксии, достигающей у пчел особенно высоких уровней в зимних скоплениях.

2. Медоносная пчела реагирует снижением общего газообмена на замещение кислорода воздуха азотом или диоксидом кислорода. Взрослые и развивающиеся особи сходно реагируют на недостаток кислорода. Но при прочих равных условиях гипоксия сильнее ингибирует метаболизм у взрослых пчел по отношению к развивающимся особям.

Литература

- Еськов Е. К. Экология медоносной пчелы. Рязань: Русское слово. 1995. 392 с.
- Еськов Е. К. Индивидуальные и социальные адаптации медоносной пчелы к зимовке // Успехи совр. биологии. 2003. Т. 123. № 4. С. 383–390.
- Skowronek W., Jaycox E. K. Wpływ dwutlenku węgla na pszczoły robotnice // Pszczelnicze zeszyty nauk. Pulawy. 1974. V.18. P. 107–119.
- Woldring J. P., Clifford C. W., Roe R. M., Beckman B. R. Effect of CO₂ and apoxia on feeding, growth, metabolism, water balance, and blood composition in larval female house crickets, *Acheta domesticus* // J. insect. Physiol. 1978. V. 24. № 6–7. P. 499–509.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ДНК ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ ИЗ ПОПУЛЯЦИЙ, ОБИТАЮЩИХ В ПОЧВЕ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

А. В. Канева^{1,2}, *Т. А. Майстренко*¹, *Е. С. Белых*¹,
*И. О. Велегжанинов*¹, *Я. И. Пылина*^{1,2}, *Д. М. Шадрин*^{1,2}

¹ Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
canewa.anuta@yandex.ru

² Сыктывкарский государственный университет

Многие исследователи для оценки состояния почвы в условиях радиоактивного и химического загрязнения используют изменение генетического аппарата (уровень повреждений ДНК) почвенных беспозвоночных (Zheng, 2013; Fujita, 2014). Дождевые черви являются удобными объектами для оценки изменений в окружающей среде, потому что эти почвенные животные малоподвижны и устойчивы к данным изменениям (Гиляров, 1985). Повреждения ДНК можно рассматривать как надежные маркеры действия радиационных и химических факторов на состояние почвенных организмов, поскольку они возникают задолго до проявления эффектов на высших уровнях организации живого (популяция, сообщество).

Целью настоящего исследования являлась оценка генотоксических эффектов у дождевых червей *Aporrectodea caliginosa* Savigny и *Lumbricus rubellus* Hoff. из популяций, в течение многих поколений заселяющих территории с техногенно повышенным содержанием в почвах тяжёлых естественных радионуклидов и тяжёлых металлов.

Исследования проводили на дождевых червях, собранных на трёх участках вблизи пос. Водный (Республика Коми), где в течение 25 лет осуществлялась добыча радия из пластовых вод (Иевлев, 2011).

Мощности амбиентного эквивалента дозы в воздухе участков 1 и 2 составили 0,1–5,4 и 2,5–10,5 мкЗв/ч соответственно, а на контрольном участке среднее значение этого показателя соответствует естественному радиационному фону данного региона (ЕРФ = 0,1 мкЗв/ч).

Концентрации ²²⁶Ra на участках 1 и 2 выше соответствующих значений на контрольной территории в 42 и 287 раз.

При расчете Z_c использовали концентрации тяжелых металлов (As, Pb, Cd, Zn, Cr, Cu), достоверно превышающие контрольные значения. Проведенная

экологическая оценка состояния почв показала, что степень загрязнения почвы тяжелыми металлами на участке 1 соответствует допустимому уровню загрязнения ($Z_c = 13$), а участка 2 – опасному уровню загрязнения ($Z_c = 77$).

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что наиболее загрязненным тяжелыми металлами и радионуклидами является участок 2, загрязнение которого обусловлено складированием отходов по добыче радия из пластовых вод и привозной урановой руды. Концентрации радионуклидов и тяжелых металлов на контрольном участке соответствуют региональным фоновым значениям (Атлас почв Республики Коми).

Для уточнения видовой принадлежности исследуемых видов провели баркодирование 6 особей *Aporrectodea caliginosa* и 3 особей *Lumbricus rubellus*, морфологически отнесенных к данным видам, с использованием секвенирования высоковариабельного фрагмента последовательности гена цитохромоксидазы I. Генетический анализ подтвердил, что исследуемые животные принадлежат к указанным выше видам.

Для оценки уровня повреждений ДНК в целомических клетках дождевых червей использовали щелочную (Tice, 2000) и нейтральную версии метода ДНК-комет (Olive, 1993) с некоторыми изменениями. Щелочная и нейтральная версии метода позволяют определить уровни однонитевых разрывов/щелочнолабильных сайтов и двунитевых разрывов соответственно.

На первом этапе мы оценили уровни однонитевых и двунитевых повреждений ДНК дождевых червей *A. caliginosa* и *L. rubellus*, обитающих на участках с разным уровнем загрязнения и контрольном участке. Установлено, что уровни повреждений ДНК *A. caliginosa*, регистрируемых с помощью щелочной версии метода (А) и нейтральной версии (Б), на трех исследуемых участках достоверно не отличаются друг от друга (рис. 1.1). Аналогичные исследования проведены нами на дождевых червях *L. rubellus*. Показано, что уровни однонитевых (А) и двунитевых повреждений ДНК (Б) на участках с разным уровнем техногенного загрязнения также достоверно не отличаются (рис. 1.2). Отсутствие достоверных различий в уровне как однонитевых, так и двунитевых повреждений ДНК может свидетельствовать об адаптации дождевых червей к обитанию в условиях хронического загрязнения почвы тяжелыми металлами и радионуклидами.

Для оценки вклада радиоадаптации в возможную адаптацию дождевых червей *A. caliginosa* к существованию в условиях загрязнения почвы тяжелыми естественными радионуклидами и тяжелыми металлами проведен эксперимент с дополнительным острым облучением в дозе 4 Гр. Целью данного эксперимента являлось определение уровня однонитевых повреждений ДНК через 1, 5, 30, 60 и 240 минут после облучения и оценка эффективности работы систем репарации ДНК дождевых червей, обитающих на контрольном участке и наиболее загрязненном участке 2.

Показано, что у дождевых червей *A. caliginosa*, обитающих на участке 2, уровень однонитевых повреждений ДНК снизился до фонового уровня, установленного в предыдущем эксперименте, уже через 5 минут после облучения в дозе 4 Гр. В остальные временные промежутки после облучения уровень по-

вреждений ДНК достоверно не отличался от контроля. У дождевых червей с контрольного участка уровень повреждений ДНК оставался достоверно выше фонового уровня через 1, 5, 30 и 60 минут, а снизился до спонтанного уровня только через 240 минут.

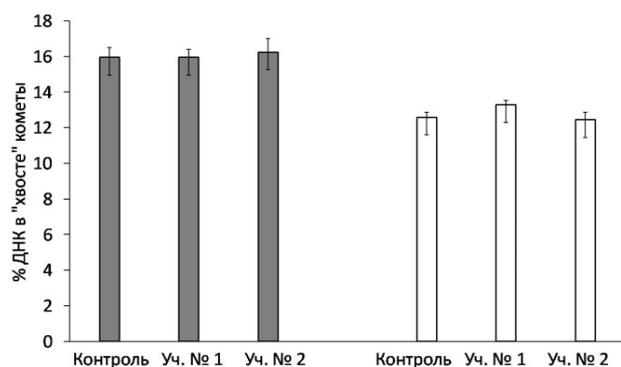


Рис. 1.1. Уровни однонитевых (А) и двунитевых (Б) повреждений ДНК дождевых червей *Aporrectodea caliginosa*, обитающих на участках с разным уровнем загрязнения почвы

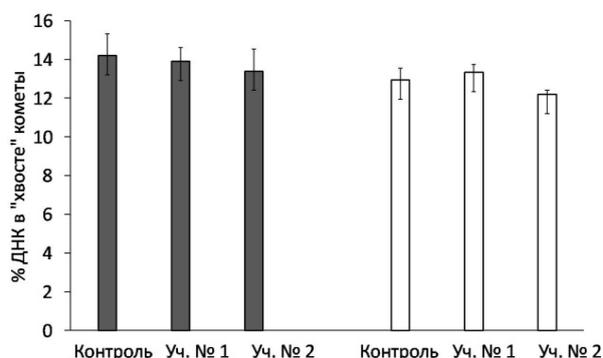


Рис. 1.2. Уровни однонитевых (А) и двунитевых (Б) повреждений ДНК дождевых червей *Lumbricus rubellus*, обитающих на участках с разным уровнем загрязнения почвы

Для сравнения эффективности работы систем репараций у дождевых червей с различающихся уровнем техногенного загрязнения территорий, изучили динамику репарации повреждений ДНК дождевых червей с этих участков (рис. 1.3).

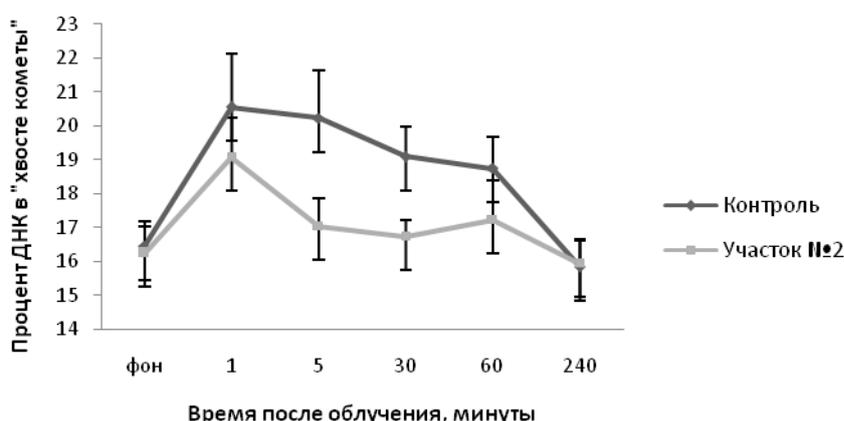


Рис. 1.3 Уровни однонитевых повреждений ДНК дождевых червей *Aporrectodea caliginosa* через разные временные промежутки после облучения

Через 1 минуту после облучения уровни однонитевых повреждений ДНК у дождевых червей с участка 2 и контроля значительно повысились относительно фоновых значений, установленных в предыдущем эксперименте, но это различие было недостоверно. Однако при снижении в клетках обеих групп животных уровня повреждений через 5 и 30 минут после облучения степень

нарушений у животных с участка 2 оказывается достоверно ниже по сравнению с червями, собранными на контрольном участке. Различия уровней поврежденных ДНК в клетках животных с разных участков вновь становятся недостоверными спустя 60 минут после облучения, а через 240 минут – практически равны фоновым значениям. Такая динамика изменения уровня повреждений ДНК свидетельствует о более эффективной работе системы репараций у дождевых червей с загрязненного участка. Таким образом, с помощью дополнительного острого облучения показано, что скорость репарации повреждений ДНК в клетках червей *A. caliginosa*, обитающих на участке 2, значительно выше, чем у червей из контрольной популяции.

Сходные результаты по адаптации организмов к условиям хронического техногенного загрязнения были получены, например, в исследованиях под руководством Е. Б. Григоркиной о влиянии радиоактивного загрязнения на ведущих оседлый образ жизни обыкновенных слепушонок *Ellobius talpinus*. Выявлено, что процент микроядер в клетках костного мозга животных, обитающих на загрязненном участке и контроле, достоверно не отличаются. Учеными изучена адаптивная реакция (по микроядерному тесту) и зарегистрирован адаптивный ответ, что является убедительным доказательством развития генетической радиоадаптации (Григоркина, 2010). Однако, японские ученые, изучившие повреждения ДНК дождевых червей, обитающих вблизи АЭС Фукусима, не выявили адаптационных изменений к повышенному уровню радиоактивности (Fujita, 2014).

Таким образом, можно предположить, что для формирования адаптации необходима смена десятков поколений и возникают они в популяциях малоподвижных или оседлых организмов. В настоящее время данные по адаптационным возможностям организмов к условиям хронического техногенного загрязнения среды обитания малочисленны, противоречивы и эта проблема требует дальнейшего изучения.

Литература

- Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г. В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.
- Гиляров М. С., Криволицкий Д. А. Жизнь в почве. М.: Молодая гвардия. 1985. 97 с.
- Григоркина Е. Б. Эффекты малых доз: адаптивный ответ у грызунов (*Ellobius talpinus* Pall.), обитающих в среде, загрязненной радионуклидами // Доклады Академии наук, 2010. Т. 430. № 4. С. 560–567.
- Иевлев А. А. Водный промысел в Коми АССР – предтеча атомной промышленности Советского Союза. // Военно-исторический журнал, 2011. № 2. С. 45–47.
- Fujita Y., Yoshihara Y., Sato I., Sato S. Environmental radioactivity damages the DNA of earthworms of Fukushima Prefecture, Japan // Eur J Wildl Res, 2014. V. 60. P. 145–148.
- Zheng K., Liu Z., Li Y., Cui Y., Li M. Toxicological responses of earthworm (*Eisenia fetida*) exposed to metal-contaminated soils // Environmental Science and Pollution Research, 2013. V. 20. P. 8382–8390.
- Tice R. R., Agurell E., Anderson D., Burlinson B. Single cell gel / Comet assay: guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing // Environ Mol Mutagen, 2000. V. 35. P. 206–221.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОЙ ФАУНЫ НА ЛУГАХ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ РАДИАЦИИ (РЕСПУБЛИКА КОМИ, пос. ВОДНЫЙ)

А. А. Колесникова, А. А. Таскаева, Т. Н. Конакова, А. А. Кудрин
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
kolesnikova@ib.komisc.ru

Существование и развитие некоторых природных популяций растений и животных происходит в условиях постоянного влияния повышенного радиационного фона. По этой причине изучение разнообразия, численности и структурной организации сообществ почвенных беспозвоночных в условиях хронического радиационного воздействия, а также мониторинг их состояния является актуальным. Почвенные беспозвоночные являются исключительно благодарным объектом радиоэкологических исследований: велика их видовая насыщенность, разнообразны экологические связи, эти животные наиболее чувствительны к действию радиации, так как в пищевых цепях они являются конечными звеньями и могут концентрировать многие радионуклиды (Криволуцкий, 1994).

Исследования проведены в 2012–2014 гг. на территории с повышенным фоном радиации, образованной в результате деятельности с 1931 по 1957 гг. предприятия по добыче и производству радия из пластовых вод и отходов урановой руды. Радиационную ситуацию в пос. Водный, пользуясь терминологией «Норм радиационной безопасности» (1999), можно охарактеризовать наличием локальных радиоактивных загрязнений, которые являются последствиями прежней деятельности и образованы специально сконцентрированными природными радионуклидами. Локальные радиоактивные загрязнения в окрестностях поселка обусловлены присутствием в почвах и грунтах повышенных концентраций тяжелых естественных радионуклидов (ТЕРН) ^{226}Ra (радий-226, период полураспада – 1600 лет), ^{238}U (уран-238, период полураспада – $4,47 \cdot 10^9$ года) и продуктов их распада.

Для исследования были выбраны луговые участки с повышенным (луг 1, дозовая нагрузка 20–25 мкГр/ч) и естественным (луг 2, дозовая нагрузка 0,6 мкГр/ч) фоном радиации. Злаково-разнотравный луг 1 расположен на второй надпойменной террасе р. Ухта. Исходно до начала работ по добыче радия на этом участке сформировалась дерново-луговая почва. Естественный растительный покров этого участка был полностью уничтожен в результате производственной деятельности радиохимического завода и последующей дезактивации территории песчано-гравийной смесью. Восстановление растительности происходило в течение 60 лет в результате самопроизвольного зарастания территории характерными для данных физико-географических и климатических условий видами. Злаково-разнотравный луг 2 расположен в сходных с радиоактивно загрязненной площадкой эдафотопических условиях, на второй надпойменной террасе правого берега р. Ухты вблизи устья р. Яреги. Здесь сформировалась дерново-подзолистая почва (Евсеева и др., 2012).

В 2012 и 2014 гг. отбор почвенных проб на нематод и микроартропод проводили случайным образом пробоотборником площадью $5 \times 5 \text{ см}^2$ на глубину 5 см в 8-кратной повторности на каждом участке, на мезофауну – $25 \times 25 \text{ см}^2$ на глубину 10 см в 10-кратной повторности. В 2013 г. на каждой пробной площади $20 \times 20 \text{ м}$ был проведен отбор по сетке 25 почвенных образцов размером $5 \times 5 \text{ см}$ (на нематод) и $10 \times 10 \text{ см}$ (другие беспозвоночные). На всех исследуемых участках были отобраны и подготовлены в соответствии с ГОСТами 17.4.3.01-83, 28168-89, 17.4.4.02-84, 29269-91 почвенные образцы для количественного химического анализа. Содержание химических элементов в почве и рН почвенного раствора определяли методами АЭС ИСП (ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98) и потенциометрии (ГОСТ 26423-85) в аккредитованной лаборатории Экоаналит. Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica 6.0. Для оценки связи между признаками применяли пошаговый регрессионный анализ, при котором вычисляли коэффициент регрессии (коэффициент Beta), как количественную меру регрессии, коэффициент детерминации (R^2) в качестве меры адекватности регрессионной модели статистическим данным, для оценки значимости использовали критерий Фишера (F). Предварительно данные подвергались $\text{Log}_{(n+1)}$ трансформации для нормализации выборки. Также рассчитывали индекс агрегированности Мориситы (I_m) для группировок беспозвоночных, указывающий на вероятность того, что случайно выбранные точки из одной популяции попадают в тот же исследуемый квадрат.

Нематоды луга 1 представлены 32 родами с общей численностью $282 \pm 74 \text{ экз./100 см}^3$, нематоды луга 2 включали 25 родов с общей численностью $212 \pm 43 \text{ экз./100 см}^3$. На участке с повышенным радиационным фоном (луг 1) доминировали рода *Diphtherophora*, *Aphelenchus*, *Clarcus*, *Eudorylaimus*, *Anaplectus*, *Cephalobus*, *Tylenchorhynchus*. На контрольном участке преобладали рода *Mesodorylaimus*, *Enchodelus*, *Eudorylaimus*, *Dorylaimoides*, *Rhabditis*. На загрязненном лугу 1, по сравнению с контрольным участком (луг 2) среди нематод увеличивалось относительное обилие микотрофов, хищников и паразитов, уменьшалась численность политрофов. Основу населения микроартропод на лугу 1 составили *Oribatei* ($17,7 \pm 7,5 \text{ тыс. экз./м}^2$), на контрольном лугу 2 наибольшей численности достигали *Collembola* ($11,5 \pm 1,9 \text{ тыс. экз./м}^2$). Численность *Mesostigmata* была невысокой на обоих участках ($2,2 \pm 0,5 \text{ тыс. экз./м}^2$ – на лугу 1, $4,8 \pm 1,2 \text{ тыс. экз./м}^2$ – на лугу 2). На загрязненном лугу 1 отмечено семь, на контрольном лугу 2 – десять видов коллембол. На обоих участках доминирующим видом являлся *Parisotoma notabilis*. Высокого уровня обилия на лугу 1 достигали виды *Folsomia bisetosa* и *Isotomiella minor*, на лугу 2 – *Isotomiella minor*, *Friesea mirabilis*, *Mesaphorura krausbaueri*. На загрязненном лугу 1 преобладали представители почвенной и полупочвенной жизненной формы, поверхностно-обитающие формы отсутствовали. На контрольном лугу 2 относительное обилие почвенных коллембол составило 58%, а поверхностно-обитающих форм – 20%. Крупные беспозвоночные на обоих лугах представлены 10 таксономическими группами. Причем таксономический состав мезофауны загрязненного луга 1 и контрольного луга 2 практически не различались, но на лугу 1 высокого относительного обилия достигали Thysanoptera (45 %), а на лугу 2

доминировали дождевые черви (60%). Общая численность мезофауны выше на загрязненном лугу 1 ($846 \pm 100,2$ экз./м²), что объясняется высокой численностью трипсов. Общая численность мезофауны на лугу 2 составила $298 \pm 40,8$ экз./м². На лугу 1 с повышенным радиационным фоном относительное обилие хищников и сапрофагов в составе мезофауны значительно ниже по сравнению с фоновым лугом 2. Одновременно на загрязненном лугу 1 отмечалось увеличение доли фитофагов в составе мезофауны.

Почвенные беспозвоночные представляют собой весьма универсальный тест-объект для определения изменений, происходящих в экосистемах в результате антропогенного воздействия. Микроартроподы и дождевые черви рекомендованы как самые надежные индикаторы радиоактивного загрязнения. Нами обнаружены определенные отличия в составе и численности отдельных групп беспозвоночных между участками. Но в группировках нематод свойственных для антропогенно измененных территорий изменений не отмечено. Наиболее сильные отличия между фоновым и импактным участками присущи коллемболам, несмотря на то, что они относительно устойчивы к радиоактивному загрязнению. Так, на импактном участке появляется *Folsomia bisetosa*, увеличивает свое обилие *Protaphorura bicampata*. Для мезофауны характерны перестройки трофической структуры сообществ, проявляющиеся в увеличении численности фитофагов на импактном участке. На этом же участке увеличивается общая численность мезофауны. Отличающиеся реакции рассмотренных групп беспозвоночных объясняются их биологическими особенностями и устойчивостью к радиации. Особенность исследуемого района в том, что повышенный радиационный фон здесь сопряжен с химическим воздействием, и на данный момент утверждать, какой из факторов превалирует, достаточно трудно. Но анализ данных методом множественной пошаговой регрессии показал, что на импактном лугу воздействие ионизирующего излучения на группировки орибатид первично, тогда как численность других групп зависела от содержания тяжелых металлов в почве и кислотности верхних почвенных горизонтов.

Исследования проведены при поддержке гранта Правительства Республики Коми и РФФИ (13-04-98847) и международного проекта STProjects-060 «Последствия хронического воздействия повышенного радиационного фона и химически токсичных веществ на организмы, популяции и сообщества животных и растений».

Литература

Евсеева Т. И., Белых Е. С., Майстренко Т. А. и др. Латеральное распределение радионуклидов уранового и ториевого рядов в антропогенно измененных почвах на территории складирования отходов радиевого производства // Радиационная биология. Радиоэкология, 2012. Т. 52. № 1. С. 103–112.

Криволицкий Д. А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М: Наука, 1994. 272 с.

Нормы радиационной безопасности (НРБ-99) СП-2.6.1.758-99. Минздрав России, 1999.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПАРАЗИТОЗЫ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

Д. Д. Бучко, К. Г. Погосян, Л. Ф. Хабибулина,
И. И. Окулова, О. Б. Жданова

Кировская государственная медицинская академия

Диктиокаулез – болезнь, возникающая вследствие поражения диких травоядных жвачных легочными геогельминтами семейства *Dictyocaulidae* класса нематод разных видов, которые развиваются без промежуточного хозяина (Wilson, 1990; Anderson, 2000; Lucius, Loos-Frank, 2008; Mehlhorn, 2008).

Гельминтозы составляют очень большую группу паразитарных болезней, которые приводят к тяжелому течению заболеваний, потере веса, упитанности и даже гибели животного, что особенно характерно для молодых животных. Гельминтозные заболевания вызываются многими видами паразитов с разной локализацией их в организме животного: в желудке, головном мозге, легких и др. (Малышев, 1970).

Наиболее полно описана этиология заболевания на примере домашних животных: коров, овец, лошадей (Anderson, 2000). Считается, что из диких животных к диктиокаулёзу восприимчивы благородные, пятнистые, белохвостые и северные олени, антилопы, буйволы, верблюды, косули, лани, лоси, тапиры, серны, зубры и другие копытные (Горегляд, 1971; Hove et al., 1988; Stefancikova, 1994; Фуртиков и др., 1990). Однако особенности развития болезни у диких жвачных изучены недостаточно. Чаще всего это заболевание поражает молодняк, особенно в вольерах или при высокой плотности популяции вида (Горегляд, 1971; Mehlhorn, 2008). Наиболее сильно инфекцией поражаются животные в летне-осенний период, когда может наблюдаться многократное перезаражение (Stefancikova, 1994; Mehlhorn, 2008).

Паразит имеет некоторые морфологические отличия от других представителей рода: у *Dictyocaulus eckerti* тело нитевидное, беловатого цвета 18,9–65 мм длины. Ротовое отверстие без губ, окружено двумя рядами симметрично сидящих сосочков и кутикулярным кольцом, на дне ротовой полости выдается небольшой зуб. Хвост самки заострен; вульва на середине тела. Хвост самца снабжен половой бурсой с двумя равными, желтыми, ноздреватыми спикулами, небольшим продолговатым рульком. В отличие от других представителей диктиокаулюсов у *Dictyocaulus eckerti* дорсальные ребра на вершине расщеплены на три лопасти, наружно дорсальное ребро на вершине утолщено; среднелатеральные и заднелатеральные срослись на всем протяжении; переднелатеральное ребро на конце пуговчато утолщено; вентральные ребра срослись у основания, но расщеплены па большей части длины: спикулы 0,204–0,260 мм длины. Яйца у диктиокаулюсов светло-серые, слегка эллипсоидной формы, содержат личинку. Длина яиц 0,068–0,092 мм при ширине 0,044–0,050 мм (Скрябин и др., 1954). Инвазия *D. eckerti* распространена в основном на Кольском полуострове, Камчатке и в Ненецком автономном округе, в Республике Саха (Якутия) и Большеземельной тундре в республике Коми и на севере Кировской области.

У молодняка текущего года рождения взрослых диктиокаулюсов обнаруживали в возрасте 3–4 мес, т.е. развитие гельминта в Кировской области завершается приблизительно за 65–80 сут. В легких оленей гельминты перезимовывают, т. е. продолжительность их жизни составляет свыше 8–9 мес. При заражении животных поздно летом и осенью личинки в организме оленей впадают в состояние анабиоза и только весной достигают половой зрелости.

При попадании в организм животного, заглоченные с водой и травой инвазионные личинки диктиокаулюсов травмируют слизистую оболочку тонкого отдела кишечника, далее личинки проникают в брыжеечные лимфатические узлы, там вновь линяют, затем мигрируют по лимфатическим путям, попадают в кровь и заносятся в легочные капилляры, откуда проникают в альвеолы и бронхи (Скрябин и др., 1954).

Большинство личинок вылупляются в дыхательных путях, поэтому они часто могут закупоривать просветы бронхов, вследствие чего возникает ателектаз преимущественно в каудальных долях легких, а при сильной инвазии происходит закупорка крупных бронхов, трахеи или гортани. При попадании в легкие личинки становятся половозрелыми червями, где и размножаются (Anderson, 2000).

Первыми симптомами заражения являются кашель, тахипноэ и выделения из носа (Verhoeff et al., 1988). В дальнейшем у животных прогрессирует угнетение, исхудание, развивается общая анемия, что может приводит их к гибели (Литвинов и др., 2002).

Заболевание часто ассоциируется с фунгальными инфекциями (Скрябин и др., 1954).

У лосей диктиокаулез в форме миллиарной бронхопневмонии встречается редко, поэтому актуальным является проведение описания болезни.

В научно-опытном хозяйстве института ФБГУ ВНИИОЗ им. Б. М. Житкова при научном отстрелелосе было проведено патологоанатомическое исследование легких путём визуального осмотра его поверхности, пальпации и разреза паренхимы. Было диагностировано поражение легких личинками диктиокаул. Наблюдаемые нами патологические нарушения заметно отличались от описанных при поражении протостронгилидами и другими паразитами (Rapaouova-Pencheva, Alexandrov, 2010). Для микроскопического исследования были отобраны кусочки из пораженных участков на границе со здоровой тканью. Материал для дальнейшего гистологического исследования был зафиксирован в 10% водном растворе нейтрального формалина. Изготовление парафиновых гистологических срезов толщиной 5–7 мкм проводили по общепринятым стандартным методикам. Срезы окрашивали гематоксилином Майера и эозином (Меркулов, 1969).

При макроскопической диагностике нами установлено, что легочная плевра была гладкой, блестящей, не утолщенной, полупрозрачной. Объем верхушечных, сердечных и диафрагмальных долей легкого не изменен. Цвет легких с поверхности и на разрезе пестрый: верхушечные и сердечные доли были окрашены преимущественно в бледно-розовый цвет, а в частях каудальных до-

лей легких, примыкающих к диафрагме, были отмечены отдельные участки серо-белогои темно-красного цвета.

Участки серо-белого цвета возвышались над поверхностью легкого под плеврой, имели округло-овальную форму, разный размер (от 2–3 до 4–6 см в диаметре), плотную консистенцию. Обнаруженные очаги поражения легочной ткани соответствовали гранулёмам, которые располагались случайным образом в паренхиматозной ткани легкого. При их разрезе поверхность была умеренно влажной, кусочки тонули в воде.

Участки поражения темно-красного цвета незначительно возвышались над поверхностью легкого под плеврой, соответствовали по площади отдельным долькам легкого или группам прилегающих долек, имели тестоватую консистенцию и размер от 1 до 4 см в диаметре, и на разрезе они были темно-красного цвета. Кусочки пораженного легкого глубоко плавали в воде. Эти участки соответствовали очаговой (лобулярной) острой гиперемии и пятнистым кровоизлияниям. Интерстициальная ткань легкого местами была неравномерно утолщена, сероватого цвета, за счет этого рисунок большинства долек легкого просматривался четко.

Слизистая оболочка средних и крупных бронхов была гладкой, блестящей, не утолщенной, серо-розового цвета. Просвет бронхов чистый, но в некоторых средних и мелких бронхах отмечалось небольшое количество слизи вязкой консистенции серого цвета. Лимфатические узлы в легких были увеличены в объеме, с поверхности и на разрезе серого цвета с синеватым оттенком, в состоянии патологии. Рисунок ткани не выражен, а поверхность разреза была умеренно влажная.

При микроскопическом исследовании пораженной ткани легкого стенки альвеол, бронхиол были утолщены за счет гиперплазии клеточными элементами: большим количеством лимфоидных клеток и эозинофилов, а также единичными нейтрофилами, гистиоцитами. Часть альвеол была сдавлена, просвет их сужен за счет разрастания молодой соединительной ткани. Отдельные альвеолы находились в состоянии компенсаторной альвеолярной эмфиземы.

Местами обнаруживали скопления личинок диктиокаулюсов. На гистосрезах в разных плоскостях личинки имели форму, от удлиненно-овальной до округлой и окрашивались гематоксилином-эозином в синевато-розовый цвет.

Отдельные мелкие и средние бронхи имели признаки катарального воспаления: слизистая оболочка бронхов утолщена, с большим количеством бокаловидных клеток. Это является одним из диагностических признаков диктиокаулеза (Nicholls et al., 1979; Schnieder et al., 1991). В просвете бронхов находилась слизь в виде сеточки сине-фиолетового цвета с примесью единичных нейтрофильных лейкоцитов, эозинофилов, лимфоидных клеток, макрофагов, клеток десквамированного бронхиального эпителия и личинки диктиокаулюсов, перерезанных в разных плоскостях. Подслизистая и перибронхиальная соединительная ткань находилась в состоянии воспалительного отека.

Миграция личинок в легкие и обратно происходит через лимфатическую систему (Anderson, 2000), поэтому воспалительные процессы очень активно

наблюдаются при диктиокаулезе. Выраженная эозинофилия является прямой реакцией на поражение паразитическими червями (Schnieder, 1991; Porth, 2004).

При микроскопическом исследовании гранулём была отмечена значительная клеточная гиперплазия паренхимы лимфоидными клетками (формирование лимфоидных узелков, нейтрофильными лейкоцитами, эозинофилами, гистиоцитами, личинками диктиокаулюсов с кальцификацией и лимфоидной гиперплазией и с некротическими участками. Вокруг скоплений паразитов разрасталась соединительная ткань. Считают, что развитие грануломы начинается со стадии созревания взрослых червей и активно проявляется вокруг яиц личинок (Wilson, 1990). Вокруг внедрившихся паразитов, происходит разрастание грануляционной ткани, богатой макрофагами и гигантскими клетками инородных тел. Исход – склероз, рубцевание с формированием фиброзной капсулы вокруг паразита. Организм не может разрушить паразита и старается отгородиться от него. Бывает обусловлена массивной инвазией в бронхах. Такое паразитарное поражение дыхательных путей встречается относительно редко. Болеют либо молодые и ослабленные животные, либо доза проглоченных личинок очень велика.

Таким образом, данные изменения являются классическими для милиарной формы бронхопневмонии, которая может быть диффузной или очаговой. В ходе исследования установлено наличие многочисленных гранулём при диктиокаулезе. Были обнаружены очаги острой гиперемии и пятнистые кровоизлияния в паренхиме легкого, признаки катарального воспаления в мелких и средних бронхах, клеточные инфильтраты в интерстициальной ткани легкого. Мы считаем, что данные изменения свидетельствуют о заглатывании животным большого количества личинок. Что еще раз подтверждается тем, что личинки диктиокаулюсов были выявлены в стенках альвеол, мелких и средних бронхов и в большом количестве – в гранулёмах. Данная форма до недавнего времени не регистрировалась в лесной зоне Кировской области. Однако безудержная вырубка лесов и отсутствие грамотного восстановления зеленых массивов приводит к появлению огромного количества территорий с кустарниками, мелкими лужами, где происходит накопление инвазивного начала.

Таким образом, ветеринарные специалисты, наряду с биологами-охотоведами должны проводить разъяснительные беседы с представителями фирм, занимающихся лесозаготовками об опасности бесконтрольной вырубке лесов, в т.ч. распространения диктиокаулеза для парнокопытных Кировской области, который может привести к массовой гибели молодняка лося и в результате принять форму экологической катастрофы.

Литература

- Горегляд Х. С. Болезни диких животных. М., Наука. 1971. 304 с.
Литвинов В. Ф., Карасёв Н. Ф., Пенькевич В. А. Болезни диких животных. Минск, 2002. С. 306.
Мальшев К. Г. Болезни охотничье-промысловых животных. Якутск: Восточно-Сибирское кн. изд. 1970 С. 173.
Меркулов Г. А. Курс патолого-гистологической техники. Л.: Медицина, 1969. 326 с.

- Скрябин К. И., Шихобайлова Н. П., Жульц Р. С., Диктиокаулиды, гелигмозоматиды и оллуланиды животных // Основы нематодологии. Т. 2. М., 1954.
- Фертиков В. И., Сонин М. Д., Рыковский А. С., Егоров А. Н. Гельминты диких копытных национального парка «Завидово» и лесной зоны России. Тверь, 1999. 80 с.
- Anderson R. C. Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission. New York: CABI Publishing, 2000. 650 p.
- Hoeve J., Joachim D. G., Addisson E. M. Parasites of moose (*Alces alces*) from an Agricultural Area of Eastern Ontario // Journal of Wildlife Diseases. 1988. V24 (2). P. 371–374.
- Lucius R., Loos-Frank B. Biologie von Parasiten. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag 2008. 552 s.
- Mehlhorn H. (Ed.) Encyclopedia of Parasitology. Berlin -Heidelberg Springer-Verlag 2008 1573 p.
- Nicholls J. M., Clayton H. M., Duncan J. L., Buntain B. Lungworm: (*Dictyocaulus arnfieldi*) infection in donkeys // Veterinary Record. 1979. V.104(25). P. 567–570.
- Nicholls J.M, Clayton H.M., Duncan J.L., Buntain B. Lungworm: (*Dictyocaulus arnfieldi*) infection in donkeys // Veterinary Record. 1979. V. 104 (25). P. 567–570.
- Panayotova-Pencheva M. S., Alexandrov M. T. Some pathological features of lungs from domestic and wild ruminants with single and mixed protostrongylid infections // Veterinary Medicine International. 2010, 9 pp. doi:10.4061/2010/741062
- Porth C. M. Pathophysiology: Concepts of Altered Health States. Lippincott Williams & Wilkins 2004. 1493 p.
- Schnieder T., Kaup F. J., Drommer W. Morphological investigations on the pathology of *Dictyocaulus viviparus* infections in cattle // Parasitological Research. 1991. V. 77(3). P. 260–265.
- Stefanciková A. Lung nematodes of chamois in the Low Tatra National Park, Slovakia // Journal of Helminthology. 1994. V. 68(4). P. 347–351.
- Verhoeff J., Wierda A., Boon J. H. Clinical signs following experimental lungworm infection and natural bovine respiratory syncytial virus infection in calves // Veterinary Record. 1988. V. 123(13). P. 346–350.
- Wilson R. A. Pulmonary immune responses to parasites // Parasites: immunity and pathology: the consequences of parasitic infection in mammals / Ed. J. M. Behnke. London – New York: Taylor & Francis. 1990. P. 173–205.

СОСТОЯНИЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ДИКИХ ЖИВОТНЫХ ЗООАНТРОПОНОЗАМИ И ЭПИЗООТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

И. Л. Ожегина, Л. В. Кондакова
Вятский государственный гуманитарный университет

Болезни диких животных относятся к проблемам мирового уровня, они представляют угрозу, как для самих диких животных, так и эти болезни могут поражать домашних животных и наносить вред здоровью человека. К наиболее опасным болезням следует отнести бешенство, сибирскую язву, африканскую чуму свиней, бруцеллёз, трихинеллёз, туляремию, эпизоотическую геморрагическую болезнь оленей, губкообразные энцефалопатии, клещевые энцефалиты, грипп А, ящур, хламидиоз и др., а также многочисленные гельминтозы, которые в большинстве своем являются зооантропонозами и способны снизить численность популяции диких животных и нанести значительный экономический ущерб (Эпизоотологический ..., 1986; Сидорова, Сидоров, 2004; Ведерников и др., 2005).

Бешенство – смертельное заболевание, оно входит в первую пятёрку наиболее опасных болезней, общих для человека и животных. Этот вид заболеваний известен людям более 3000 лет, но справиться с данным зооантропонозом человечество так и не смогло. В настоящее время бешенство регистрируется в 108 странах. В мире от бешенства ежегодно погибает 35–55 тыс. человек и более 1 млн. животных.

В Российской Федерации, по данным Россельхознадзора, в 1996–2006 гг. зарегистрировано 28766 больных бешенством животных, в том числе 11433 диких ($39,7 \pm 0,3\%$), относящихся к 26 таксонам. Расчетное количество заболевших бешенством лисиц, енотовидных собак, волков и корсаков в 1996–2006 гг. составляло в России ежегодно 13,3 тыс. При этом $36 \pm 0,3\%$ от общей заболеваемости или $91,7 \pm 0,3\%$ от заболеваемости диких зверей пришлось на лисицу. Рост заболеваемости лисицы в стране стал наблюдаться с 1996 г. В 2004–2006 гг. доля бешеных диких животных в ряде субъектов РФ достигала 70–100% (Калужская, Смоленская, Тверская, Кировская, Нижегородская, Курганская области, Марий Эл, Удмуртия, Чувашия, Саха-Якутия). В 1996–2006 гг. самой неблагополучной по бешенству лисиц была Курская область (4 бешеных лисицы на 1000 кв. км). Крайне неблагополучны Липецкая, Орловская, Белгородская, Московская, Калужская, Тульская, Воронежская, Тамбовская, Пензенская области. Среди бешеных волков и лисиц ветеринарными лабораториями выявляется примерно каждый десятый, а среди енотовидных собак и корсаков – каждый сотый из заболевших зверей. Бешенство диких животных было выявлено в эти годы в 46 субъектах Российской Федерации. В 2004–2006 гг почти во всех Федеральных округах РФ наблюдалась осенне-зимняя активизация бешенства животных. В 2007 г. в структуре заболеваемости животных в РФ 48,1% случаев приходилось на диких плотоядных, в основном на лисиц (Ведерников, 1969; Ведерников и др., 1974; Черкасский, 1985; Ведерников, 1987; Черкасский и др., 1993; Бакулов, 2002; Обзор ..., 2002; Сидорова и др., 2004; Сидорова и др., 2007; Сидорова и др., 2008).

В 1969–2006 гг. в России бешенством заболело 486 человек, ежегодно погибало в среднем 13 человек (Сидорова, Сидоров, 2004). В 2013 году в России умерло 6 человек с диагнозом бешенство. В январе 2014 г. зарегистрирован случай смерти от бешенства ребёнка 8 лет в Челябинской области.

На территории Кировской области в 2013 г было зарегистрировано 5 случаев бешенства животных. В 2014 г ситуация крайне осложнилась: зарегистрировано 27 случаев бешенства (в 25 случаях у лисиц и в 2 – у кошек) в 5-ти районах: Зуевском, Малмыжском, Фалёнском, Сунском, Нагорском.

Общий экономический ущерб от данного заболевания в РФ исчисляется сотнями миллионов рублей. Противоэпизоотические мероприятия проводятся согласно санитарным и ветеринарным правилам «Профилактика и борьба с различными болезнями, общими для человека и животных». Они обязательны для выполнения на всей территории Российской Федерации. В соответствии с этими правилами во всех населённых пунктах Кировской области все собаки и кошки, независимо от их принадлежности, подлежат обязательной профилактической иммунизации против бешенства. Однако проведение профилактических вакци-

наций против бешенства проходит с трудом, без соответствующего понимания владельцев животных.

Ветеринарной службой Кировской области в 2013 г. вакцинировано против бешенства более 280 тыс. животных, в том числе собак и кошек – более 100 тыс. За 4 месяца 2014 г. на территории области привито против бешенства домашних и сельскохозяйственных животных 142 тыс. С 2006 г. на территории Кировской области проводится широкомасштабная вакцинация диких плотоядных животных. В 2014 г. проведены очередные мероприятия по раскладке вакцин для оральной иммунизации диких плотоядных животных, разложено 408 тыс. доз вакцины на территории 29 районов Кировской области.

Африканская чума свиней (АЧС), африканская лихорадка, – высококонтагиозная вирусная болезнь свиней, характеризующаяся лихорадкой, цианозом кожи и обширными геморрагиями во внутренних органах. Относится к списку А, согласно Международной классификации заразных болезней животных. Для человека африканская чума свиней опасности не представляет. Возбудитель африканской чумы свиней – ДНК-содержащий вирус семейства *Asfarviridae*, рода *Asfivirus*. Высокоустойчив к факторам среды: сохраняется в диапазоне pH от 2 до 13, длительное время – от недель до месяцев – сохраняется в продуктах свиного происхождения, не подвергнутых термической обработке (солёные и сырокопчёные пищевые изделия, пищевые отходы, идущие на корм свиньям). Вирус устойчив к высушиванию и гниению; при температуре 60 °С инактивируется в течение 10 минут. Механическими переносчиками вируса могут быть птицы, люди, домашние и дикие животные, грызуны, накожные паразиты (некоторые виды клещей, зоофильные мухи), бывшие в контакте с больными и павшими свиньями (Инструкция ..., 1974).

В настоящий момент, по данным Международного эпизоотического бюро, на территории четырех стран Евросоюза зарегистрировано уже 124 очага заболевания. Африканская чума свиней стремительно распространяется по территории Евросоюза, охватывая новые территории и страны. В 2013 году АЧС регистрировалась в Белоруссии, в 2014 году АЧС зарегистрирована в Литве, Польше и Украине.

С начала эпизоотии (2007 год) на территории РФ зарегистрировано 656 случаев АЧС. Вспышки АЧС наблюдаются не только на юге и северо-западе страны, но и в центре России, заболевание зарегистрировано в 36 субъектах РФ. За 2013 год выявлено около 200 случаев, впервые АЧС была зарегистрирована в 5 субъектах: Белгородская, Волгоградская, Псковская, Смоленская, Тамбовская области. По прогнозам на 2014 год распространение АЧС в России будет продолжаться и охватит всю территорию европейской части РФ. Ущерб от прямых потерь на ликвидацию вспышек АЧС составил более 2 млрд. рублей, уничтожено более 1 млн. свиней, косвенные потери – около 30 млрд. рублей (Информационный ..., 2002). Для сохранения эпизоотического благополучия по АЧС на территории Кировской области ежеквартально проводятся заседания чрезвычайной противозооотической комиссии при Правительстве Кировской области с целью актуализации ситуации по АЧС и принятию соответствующих мер по недопущению возникновения заболевания. В рамках мо-

ниторинга за 2013 г. проведено более 4600 исследований проб материала от свиней и диких кабанов на АЧС, 352 пробы продукции, содержащей свинину, из неблагополучных по АЧС регионов. За истекший период 2014 года исследовано более 1300 проб материала, результаты отрицательные. Кировская область благополучна по АЧС, но угроза возникновения заболевания расценивается как высокая.

Сибирская язва. Одна из опаснейших инфекционных болезней, общих для человека и животных. Характеризуется острым течением, признаками септицемии, тяжелой интоксикацией, образованием карбункулов. Экономический ущерб складывается из высокой летальности заболевших животных (до 90–100%). Возбудитель (*Bacillus anthracis*) – неподвижная, грамположительная, спорообразующая аэробная палочка. Во внешней среде при доступе кислорода и +15...+42 °С происходит спорообразование. Споры не погибают в разлагающемся трупном материале, годами сохраняются в воде, десятками лет – в почве. Источниками возбудителя инфекции являются больные животные. Наиболее восприимчивыми к сибирской язве считаются домашние животные. К сибирской язве восприимчив и человек. Сибирская язва относится к почвенной инфекции. Заражение происходит чаще на пастбищах алиментарным путем. Сибирская язва регистрируется чаще всего в летний период, реже – зимой, при поедании животными инфицированного корма. На особом контроле ветеринарных служб и санитарно-эпидемиологического надзора в РФ находятся места захоронения в прошлом павших животных от сибирской язвы. В настоящее время сибирская язва протекает в виде спорадических случаев, летальность до 100%. случаев заболеваний сибирской язвой зарегистрированных на территории Кировской области в настоящее время не обнаружено (Санитарные ..., 1996; Инструкция, 1982).

Бруцеллёз – хроническая инфекционная болезнь животных, проявляющаяся чаще всего абортами и задержанием последа, орхитами, рождением нежизнеспособного молодняка и бесплодием, но преимущественно протекающая без клинических признаков. Бруцеллёзом так же болеют и люди. Наиболее широко (энзоотически) болезнь распространяется среди овец, коз, крупного рогатого скота и свиней, являющихся основными резервуарами инфекции. Источниками инфекции являются больные животные (Инструкция ..., 1982).

По данным Россельхознадзора в Российской Федерации происходит ухудшение эпизоотической обстановки по бруцеллезу. Так, на 01 января 2011 г. в Субъектах РФ оставалось 117 неблагополучных пунктов по бруцеллезу крупного рогатого скота. В 2011 г. на территории Российской Федерации выявлено 177 новых неблагополучных пунктов по бруцеллезу крупного рогатого скота.

В 2011 г. выявлено 18 новых неблагополучных пунктов по бруцеллезу мелкого рогатого скота, в том числе по 4 пункта в Республике Хакасия и Ставропольском крае, 3 пункта в Орловской области, по 2 пункта в Тульской области и Республике Дагестан, по 1 пункту в Оренбургской, Брянской и Иркутской областях.

Следует отметить, что в 2010 г. были зарегистрированы неблагополучные пункты по бруцеллезу овец в Нижегородской области и Удмуртской Республи-

ке ранее благополучных по бруцеллезу мелкого рогатого скота. Причиной возникновения заболевания животных бруцеллезом явился несанкционированный ввоз овцеголовья из других субъектов России без согласования с органами исполнительной власти субъекта РФ в области ветеринарии (Информационный ..., 2002).

Трихинеллез представляет опасность для диких плотоядных, его контроль у домашних свиней осуществляется почти во всем мире, что значительно снижает инцидентность болезни у человека и частично у диких животных.

Зоонозные болезни, т.е. болезни животных, которые могут поражать человека, представляют все большую угрозу. Источником приблизительно 60% существующих патогенных организмов человека и более 75% патогенных организмов, появившихся за последние два десятилетия, являются животные. Более того, такие новые факторы, как рост мобильности населения, изменение климата, перемещение животных и продуктов животного происхождения, благодаря международной торговле, вырубка лесов, урбанизация и новые социальные привычки, такие как все более популярное содержание дома экзотических животных, способствуют беспрецедентному увеличению количества контактов между дикими животными, домашними животными и человеком. Легальная и нелегальная торговля дикими животными, будучи рынком, который оценивается минимум в 6 миллиардов долларов США, продолжает расти быстрыми темпами и способствует диссеминации новых патогенных организмов и появления новых болезней в мировом масштабе. Появление нового заболевания грипп кур – классическая чума птиц в хозяйствах ведет к катастрофическим убыткам. Грипп А поражает кур, индюшек, цесарок и многие виды домашних и диких птиц и, в зависимости от вирулентности подтипа вируса, может вызывать болезнь от симптоматической до сверхострой формы со 100%-ной летальностью. Многочисленные публикации свидетельствуют о вспышках и распространении возбудителя гриппа птиц среди воробьев, ворон, скворцов, майна, уток-крякв, ржанковых чаек, лысух, нырков, гусей, буревестников, куропаток, перепелов, бакланов, вьюрков, соколов, ястребов и многих других (Санитарные ..., 2002).

Надзор за болезнями диких животных должен считаться таким же важным, как надзор и контроль болезней домашних животных. Дикие животные зачастую выступают в роли индикаторных животных в отношении болезней и, таким образом, позволяют осуществлять эффективное управление и контроль этих болезней у домашних животных. Однако управление болезнями диких животных и их контроль представляют много трудностей. Проводить мониторинг болезней диких животных намного сложнее, чем домашних животных. Для диких животных не существует границ, они могут передвигаться на большие расстояния. Особенно это касается перелетных птиц или млекопитающих, которые сезонно перемещаются с континента на континент или через океаны. Отбор проб можно производить только в течение очень короткого промежутка времени и на выбранном участке кормления и размножения. Поэтому раннее обнаружение и ответные действия на вспышку болезни требуют больше времени. Все эти факторы делают надзор за болезнями диких животных во всем мире

более проблематичным, но, конечно, они не уменьшают важность программ по надзору.

Проблемы диких животных не решаются сами собой. Несмотря на то, что необходимо осуществлять мониторинг патогенных организмов у диких животных, мероприятия, проводимые под руководством ветеринарных служб, должны быть в первую очередь, сосредоточены на популяции домашних животных и это будет способствовать охране здоровья диких животных (Инструкция ..., 1982).

Весьма важным видом деятельности является санитарный контроль международной торговли домашними и дикими животными и продуктами животного происхождения в соответствии со стандартами МЭБ, признанными Всемирной Торговой Организацией, а также контроль ненадлежащего перемещения инвазивных видов и нежелательных животных. Инвазивные виды домашних животных угрожают многим экосистемам. Когда популяции инвазивных диких животных и домашних животных, которые стали дикими или полудикими, угрожают естественной экосистеме, важно контролировать демографию таких популяций, которые могут служить высоко активным резервуаром для многочисленных патогенных организмов.

Крайне важным мероприятием по снижению болезней диких животных и их негативного воздействия на диких и домашних животных, также как и человека, является эпизоотологический мониторинг болезней диких животных, в процессе которого накапливается многолетняя информация о показателях, характеризующих уровень численности и плотности населения вида в разных местах обитания. Кроме того, использование человеком или домашними животными продукции охоты, полученной от диких животных, невозможно без ветеринарно-санитарной экспертизы и поэтому возникает необходимость организации эпизоотологического мониторинга и разработки его научно-обоснованной методологии.

Литература

- Бакулов И. А. Ветеринарная газета. 2002. № 6. С. 3–6.
- Ведерников В. А. Бешенство // Эпизоотология. М.: Сельхозиздат, 1969. С. 1937–1942.
- Ведерников В. А. и др. Бешенство животных в Российской Федерации // Вакцинация. М., 2005. № 1. С. 9–11.
- Ведерников В. А. Современная эпизоотология бешенства: Дис. ... д-ра ветеринар, наук. М., 1987. 454 с.
- Ведерников В. А. Современные особенности эпизоотологии бешенства и проблема прогнозирования эпизоотической ситуации // III Всесоюзная конференция по эпизоотологии: тез. докл. Новосибирск, 1991. С. 8–9.
- Ведерников В. А., Седов В. А., Ивановский Э. В.. Бешенство животных. М.: Колос, 1974. 111 с.
- Инструкция о мероприятиях по предупреждению и ликвидации африканской чумы свиней, утвержденная Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 27 марта 1974 г.
- Инструкция о мероприятиях по профилактике и ликвидации бруцеллеза животных, утвержденная Главным управлением ветеринарии Министерства сельского хозяйства СССР 30 декабря 1982 г. № 115-6а.

Информационный бюллетень Минсельхоза РФ, 2002.

Обзор эпизоотической ситуации бешенства в Российской Федерации в 2000 году и прогноз на 2001 год / В. А. Ведерников и др. // Ветеринарная патология. 2002. № 1. С. 52–58.

Санитарные правила СП 3.1.089-96. Ветеринарные правила ВП 13.3.1320-96 «Профилактика и борьба с заразными болезнями, общими для человека и животных. Сибирская язва» (утв. Департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ и Госкомсанэпиднадзором РФ 31 мая, 18 июня 1996 г.

Сидорова Д. Г., Сидоров Г. Н. Бешенство животных и человека в России во второй половине XX – начале XXI веков // Актуальные проблемы микробиологии и инфекционной патологии животных: Матер. Всерос. конф. Омск, 2004. С. 425–438.

Сидорова Д. Г., Сидоров Г. Н. Дикие млекопитающие и заболеваемость людей и животных бешенством на территории России за последние 30 лет // Пищевые ресурсы дикой природы и экологическая безопасность населения: Матер. междунар. конф. Киров, 2004. С. 217–220.

Сидорова Д. Г., Сидоров Г. Н., Колычев Н. М., Ефимов В. М. Эпизоотический процесс бешенства: роль диких млекопитающих, периодичность // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. № 12. С. 69–75.

Сидорова Д. Г., Сидоров Г. Н., Колычев Н. М., Полещук Е. М. К вопросу о прогнозировании эпизоотического процесса при бешенстве на территории России // Ветеринарная патология. 2007. № 3. С. 17–23.

Сидорова Д. Г., Сидоров Г. Н., Полещук Е. М. Природные очаги бешенства в России в XX – начале XXI веков // Ветеринарная патология. 2004. № 3. (10). – С. 86–101.

Черкасский Б. Л. и др. Бешенство в Российской Федерации в 1991–2002 гг. // Здоровье населения и среда обитания. 1993. № 3. С. 11–14.

Черкасский Б. Л. Эпидемиология и профилактика бешенства. М.: Медицина, 1985. 287 с.

Эпизоотологический словарь-справочник / И. А. Бакулов и др. М.: Россельхозиздат, 1986. 188 с.

ЗАРАЖЕННОСТЬ ДИКИХ НАЗЕМНЫХ ЖИВОТНЫХ ЛИЧИНКАМИ ТРИХИНЕЛЛ НА ТЕРРИТОРИИ ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА (ЧАО)

Л. А. Букина, А. П. Леонтьева

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
L.bukina5@gmail.com*

Трихинеллез относят к природно-очаговым зоонозным заболеваниям. В условиях Крайнего севера в поддержание очага участвуют специфические для данной геоклиматической зоны относительно немногочисленные виды животных.

Первые сведения об обнаружении трихинелл у наземных животных на Чукотке изложены в публикации Н. И. Овсюковой (1963). Изучение гельминтов собранных от 331 особей разных видов семейства псовых в зимние месяцы 1962–1963 гг. учеными Чукотской гельминтологической экспедиции позволило выявить трихинелл у 265 (80,0%) зверей (Козлов и др., 1963; Овсюкова, 1963; Козлов, Березанцев, 1968). По данным авторов, заражение трихинеллами крупных наземных хищников, таких как белый и бурый медведи, лисица, дикий песец находится в прямой зависимости от того, насколько часто им удается нахо-

дить выбросы моря в виде трупов или туш морских млекопитающих (Овсюкова, 1963, 1982). Н. И. Овсюковой (1966) была установлена наиболее высокая зараженность у бурого медведя (58%). Н. П. Лукашенко с соавторами (1970) обнаружили трихинелл у дикого белого песца 18,2%, рыжей лисицы 15,5% и у одного, исследованного авторами, бурого медведя. Анализ литературы показал, что за последние 30 лет исследований по зараженности диких животных этим гельминтозом на территории Чукотки не проводилось.

Целью настоящего исследования явилось изучение зараженности личинками трихинелл и определения запаса инвазионного потенциала диких животных на территории Чукотки.

Сбор биологического материала осуществлялся на протяжении нескольких полевых сезонов на территории прибрежных поселков ЧАО. Наземные животные были добыты как морскими зверобоями, так и штатными охотниками промысловиками. Объектами настоящей работы были представители отряда хищных (*Carnivora*) следующих семейств: медвежьи (*Ursidae*), псовые (*Canidae*) и куньи (*Mustelidae*). Зараженность животных личинками трихинелл определяли методом переваривания проб мышц в искусственном желудочном соке (ИЖС) с помощью аппарата АВТ. Определяли точное количество личинок трихинелл в грамме мышечного фарша (лич/г) путем их подсчета в гельминтологической камере Мигачевой-Котельникова. Для оценки качественных и количественных показателей зараженности хозяев определяли экстенсивность инвазии (ЭИ), индекс обилия. Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета Statistica 6.0.

Анализ полученных данных показал, что зараженность личинками трихинелл по различным видам животных колеблется от 69,6% до 100% (табл.).

Таблица

Зараженность диких плотоядных животных мышечными трихинеллами

Виды животных	Количество исследованных особей	Количество зараженных особей	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии, лич./г
Медведь бурый <i>Ursus arctos</i>	15	12	80,0	46,9±2,2
Лисица <i>Vulpes vulpes beringiana</i>	23	16	69,6	37,0±1,7
Песец белый <i>Alopex lagopus</i>	5	3	60,2	11,3±0,6
Волк <i>Canis lupus</i>	7	5	71,4	4,4±0,3
Росомаха <i>Gulo gulo</i>	5	5	100,0	49,9±2,4
Всего	55	41	74,5	37,4±1,8

Дикие плотоядные животные северных регионов адаптированы к суровым арктическим условиям и характеризуются высокой экологической пластичностью, позволяющей им выжить в экстремальных условиях. В короткий летний период они придерживаются морских побережий, последние в этот период становятся основными охотничьими угодьями и привлекают различных видов животных, которые находят здесь многочисленные выбросы моря в виде трупов наземных и морских животных. Среди исследованных животных наибо-

лее высокая экстенсивность инвазии зарегистрирована у росوماхи и бурого медведя. Основу питания росوماхи в летний период составляют падаль, нередко остатки добычи волков и медведей, зайцеобразные, многочисленные микромаммалии, личинки насекомых, растительные корма, снулую рыбу, различных птиц и т. д. В зимний период росوماха может преследовать стада северных оленей, загоняя их по глубокому снегу, часто следует за стаями волков, лисиц, рысей, отнимая у них добычу или подбирая остатки, съедает попавшихся в капканы зверьков. Вероятность заражения трихинеллами у этого хищника очень велика, что и показали проведенные исследования. Вторую позицию по экстенсивности инвазии занимает бурый медведь. В последние годы, по словам коренных жителей прибрежных населенных пунктов, численность бурого медведя существенно возросла. Его стали часто регистрировать не только в тундре и на побережье, но и вблизи поселков, у балков. Третью позицию занимает волк. На Чукотке обитает самый крупный – полярный волк. Так же как и росوماха, волк питается разнообразной пищей, но в отличие от росوماхи волк может охотиться вблизи поселений человека, поедая отбросы, нападая на собак, часто коцует вместе с табунами диких и домашних северных оленей, принося немалый ущерб отрасли.

Велика роль в эпизоотологии трихинеллеза основных объектов пушного промысла охотников – любителей и профессионалов - дикого песца и лисицы. Источником инвазии этих видов животных в большей степени являются природные корма – мышевидные грызуны, падаль (трупы, туши). Возможным источником инвазии является приманка, которую охотники часто используют для привлечения диких животных.

В условиях ЧАО циркуляция трихинелл осуществляется за счет трофико-хорологических связей сообщества животных-хозяев семейства: псовых, медвежьих и куньих. Для оценки роли видов-хозяев этих семейств в эпизоотологии трихинеллеза мы произвели расчеты по определению запасов инвазионных элементов (личинок трихинелл) (Ромашов и др., 2006). Оценивая инвазионный потенциал в популяциях представителей семейств нами установлено, что наиболее высокая численность ларвальной микропопуляции трихинелл у медвежьих свыше 9,6 млрд. личинок трихинелл. Несколько ниже этот показатель установлен у псовых (лисица, песец и волк) более 710 млн. экземпляров личинок. На третьей позиции показатели ларвальной численности микропопуляции трихинелл у куньих – росوماхи более 51,9 млн. экземпляров личинок.

Следовательно, главными резервуарами инвазионных элементов трихинеллезной инвазии в условиях Чукотки являются крупные наземные хищники (бурые медведи, лисицы, дикие песцы, волки и росوماхи). Основными экологически значимыми путями передачи трихинелл между популяциями паразита и хозяина в природных экосистемах Чукотки являются некрофагия, хищничество и каннибализм.

Литература

Козлов Д. П., Овсюкова Н. И., Радкевич Ж. П. Гельминтофауна животных семейства Canidae Чукотского полуострова // Гельминты человека, животных и растений и борьба с ними. К 85-летию К.И.Скрябина. 1963. С. 66–70.

Козлов Д. П., Березанцев Ю. А. Обнаружение трихинеллёза у моржа на территории Советского Союза // М.-Труды гельминтологической лаборатории. 1968. Т. XIX. С. 86–89.

Лукашенко Н. П. О трихинеллезе животных на Чукотке // Мед. паразитол. и паразитар. болезни. 1970. № 6. С. 682–687.

Овсюкова Н. И. К изучению гельминтофауны млекопитающих Чукотского полуострова // Труды ВИГИС. 1963. Т. 10. С. 1–15.

Овсюкова Н. И. Гельминты и основные гельминтозы млекопитающих Чукотки: дис. ... канд. вет. наук. М., 1966. 155 с.

Овсюкова Н. И. Географическая изменчивость некоторых паразитарных заболеваний животных Севера Дальнего Востока // Промысловые звери РСФСР. 1982. С. 206–215.

Ромашов Б. В., Василенко В. В., Рогов М. В. Трихинеллез в Центральном Черноземье (Воронежская область): экология и биология трихинелл, эпизоотология, профилактика и мониторинг трихинеллеза. Воронеж, 2006. 181 с.

ПАРАЗИТЫ ЛОСЕЙ И ИХ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА

О. В. Масленникова

Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

olgamaslen@yandex.ru

У лосей Кировской области в настоящее время обнаружено 13 видов гельминтов: 3 вида личинок ленточных червей (цестод), 3 вида трематод и 7 видов нематод, обитающих в различных органах и тканях. В желудке и печени обитают сосальщики (тип Плоские черви – Plathelminthes, класс Trematoda), нематоды (тип Круглые черви – Nematelminthes) чаще обитают в желудочно-кишечном тракте. Личинки ленточных червей (класс Cestoda) имеют вид пузырей.

Почти у каждого лося можно обнаружить тонкостенные пузыри, заполненные жидкостью, размером от 0,5 см до величины гусиного яйца. Количество их может быть от 1 до 20 и более у одного лося. Встречаются они чаще на сальнике, реже брыжейке, печени, матке. Это личинки самого распространенного ленточного червя – *Taenia hydatigena*, называемые тонкошейным цистицерком. При сильном заражении лосих данным паразитом у них регистрируется яловость. Тонкошейный цистицерк очень часто встречается и у домашних животных – овец, коров, коз, свиней. Личинки цестоды не отличаются высокой устойчивостью. В летнее время в трупe они теряют жизнеспособность через 2 суток, в холодильнике – через 3 суток, при замораживании – в течение суток.

На легких, реже печени лося встречаются пузыри с очень плотной непрозрачной оболочкой, которые могут почковаться наружу или вовнутрь. Это эхинококковые пузыри – личинки ленточного червя эхинококка – *Echinococcus granulosus* (3–6 мм в длину). Они встречаются у лосей гораздо реже тонкошейного цистицерка (нами были зарегистрированы в Оричевском и Подосиновском районах). Лоси с пораженными легкими чаще становятся жертвой волков.

В сердце, мышечной ткани лося иногда встречаются небольшие беловатые включения в виде маленьких пузырьков диаметром до 0,5 см. Это тоже личинки ленточного червя – *Taenia krabbei*, называемые тарандным цистицерком. В 1972 г. они впервые были обнаружены в Кировской области, а в 80-х годах прошлого столетия ветслужбой области зарегистрированы уже во всех районах. У лося преимущественно личинки поселяются в сердце и значительно меньше в скелетной мускулатуре. В 1995–1996 гг. на территории охотхозяйства Вятской государственной сельскохозяйственной академии (ВГСХА) из 8 исследованных лосей у 7 в сердце были обнаружены личинки этого ленточного червя (финны). Зараженность была небольшой – 2,4 (1–5,5) личинок в 1 кг сердечной мышцы. Максимально в сердце лося мы находили до 32 личинок, но при этом большинство финн было покрыто известковой капсулой и при помещении их в раствор желчи признаков жизни не проявляли, то есть они были погибшие (Масленникова, 2013). В настоящее время финноз у лосей встречается реже. Тарандный цистицерк – это широко распространенный паразит северного оленя.

Окончательными хозяевами тонкошейного и тарандного цистицерка, а также эхинококка являются псовые – чаще волки и собаки. При поедании этих пузырей у них в тонком отделе кишечника развиваются ленточные черви, зрелые членики которых, заполненные яйцами, хозяева с фекалиями выделяют во внешнюю среду. Когда эти яйца с травой попадают в желудочно-кишечный тракт лося, из яиц выходят шестикрючные зародыши – онкосферы, они проникают в стенку кишечника и с током крови разносятся в различные органы, где из них развиваются пузыреобразные личинки - цистицерки. В каждом пузырьке находится сколекс и шейка паразита.

В печени лосей регистрируются 2 вида сосальщиков, длиной 3–7 мм. Чаще это *Parafasciolopsis fasciolaemorpha* – типичный обитатель печени лосей, регистрируется у лосей в пойменных угодьях, реже ланцетовидный сосальщик – *Dicrocoelium lanceatum*. Заражение лосей парафасциолезом происходит при поедании травы с моллюсками. Дикроцелиозом лоси заражаются при поедании травы с муравьями.

В жизненном цикле трематод (сосальщиков) всегда первым промежуточным хозяином являются водные или наземные брюхоногие моллюски, в печени которых личинки сосальщиков не только проходят три стадии развития: спороциста, редия и церкарий, но и размножаются при этом, так как спороциста и редия являются партеногенетическими самками. Поэтому при попадании всего лишь одного мирацидия, вышедшего из яйца сосальщика, в моллюска, из печени моллюска во внешнюю среду выходят сотни церкариев.

Развитие *Dicrocoelium lanceatum* происходит с участием двух промежуточных хозяев – наземных брюхоногих моллюсков (более 40 видов), и муравьев рода *Formica*. В муравье развиваются метацеркарии сосальщика. Человек также может заразиться дикроцелиозом, но для этого ему необходимо съесть травинку с муравьем, зараженным метацеркариями трематоды.

Для человека паразиты лося не опасны, но все пораженные органы лосей, все обнаруженные пузыри должны утилизироваться, а не скармливаться собакам и не оставляться в угодьях. Пузыри с печени осторожно вырезают и уни-

чтожают (лучше путем сжигания), а печень можно использовать в пищу. Легкое с пузырьками можно предварительно хорошо сварить и лишь после этого использовать в качестве корма для собак. Человек не может заразиться от печени, пораженной сосальщиками, но сильно пораженные участки печени все-таки лучше в пищу не употреблять.

У лосей, добытых в сентябре на реву, на шкуре можно обнаружить насекомых без крыльев – это кровососки, эктопаразиты лосей. У лосей также паразитируют в течение 9–11 месяцев личинки подкожного и носоглоточного оводов. При поражении подкожным оводом на шкуре при съемке можно обнаружить дыры на спине. Личинки носоглоточного овода могут вызвать смерть лося от удушья (Масленникова, 2013 а).

Таким образом, непосредственно паразиты лося не могут вызвать заражения человека, но при поедании зараженных органов охотничьими собаками, последние могут стать опасными для человека.

Литература

Масленникова О. В. Гельминты диких животных на северо-востоке Европейской части России. Lambert Academic Publishing –Saarbrücken, 2013. 153 с.

Масленникова О. В. Паразиты диких животных, опасные для человека. Учебное пособие по зоологии для студентов биологического факультета направления 020400 – Биология. - Киров: Вятская ГСХА, 2013 а. 20 с.

ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ЦЕРКАРИЙ ТРЕМАТОД МОЛЛЮСКОВ СЕМЕЙСТВА *PLANORBIDAE RAFINESQUE* ВОДОЕМОВ УЗБЕКИСТАНА

У. А. Шакарбаев

*Институт генофонда растительного и животного мира АН РУз,
ushakarbaev@mail.ru*

Моллюски семейства Planorbidae широко расселены по земному шару, освоили самые разнообразные места обитания: от постоянных до эфемерных водоемов, от пресных до солоноватых вод. Широкое распространение и экологическое разнообразие сыграли решающую роль в становлении планорбид в качестве промежуточных хозяев трематод (Азимов, 1986; Акрамова, 2011).

Исходя из важности этой группы беспозвоночных в трансмиссии трематод позвоночных животных, вполне актуально комплексное изучение фауны церкарий и распространения в экологических условиях Узбекистана.

Цель настоящей работы – определение видового разнообразия церкарий, развивающихся в моллюсках семейства Planorbidae в водоемах реки Сырдарьи и их роль в трансмиссии трематод-паразитов животных и человека.

Работа проводилась в весенний, летний и осенний периоды 2000–2013 гг. в дельтовых и пойменных водоемах Сырдарьи, территориально охватывающих Ташкентскую, Сырдарьинскую и Джизакскую области Узбекистана. Обследованы как естественные, так и искусственные водоемы и водохранилища. Стационарные (экспериментальные) исследования зараженности моллюсков про-

водились на территории пойменных водоемов рек Сырдарьи, Ангрена и Чирчика, а также, водохранилища «Туябугиз» (Ташкентская область). Личиночные стадии трематод исследовали с применением паразитологических методов (Гинецинская, 1968). Для выявления моллюсков, зараженных личинками трематод, их рассаживали по одному в небольшие стаканчики и наблюдали за выходом из них зрелых церкариев. Затем эти моллюски вскрывались под биноклем. Измерение церкариев и партенит проводилось на объектах, фиксированных 10%-ным формалином. Обнаруженные личинки трематод зарисовывались. Определение церкарий проводилось по методам, предложенным авторами (Акрамова, 2011; Гинецинская, 1968; Mukherjee, 2007). Для удобства изучения церкарий приводим схему их измерения.

Особенности биологии церкарий (суточный ритм выхода из моллюска-хозяина, их таксисы, продолжительность жизни) изучали в лабораторных условиях при температуре воды +25–30 °С.

На территории обследованных водоемов обнаружено 5 видов моллюсков семейства Planorbidae: *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758), *Gyraulus ehrenbergi* (Beck, 1837), *Gyraulus gredleri* (Bielz) Gradler, 1853, *Anisus septemgyratus* (Rossmassler, 1835) и *Anisus spirorbis* (Linnaeus, 1758).

Фауна исследуемых моллюсков в водоемах Сырдарьи оказалась довольно однообразной, но в качественном и количественном отношении они распределены неодинаково. Это, по всей вероятности, обусловлено экологическими факторами – температурой, временем года, растительностью, скоростью течения, рН воды и характером грунта.

По плотности заселения моллюсками наиболее богатыми являются небольшие пойменные водоемы со слабым течением. Пойменные водоемы р. Сырдарьи мелководные и маловодные, хорошо прогреваемые. Здесь, обычно, много водоплавающих птиц. Видовое разнообразие прудовиков представлено девятью видами. В некоторых участках плотность популяции моллюсков достигает 110–130 экз. на 1 м². Очевидно, все это благоприятствует заражению моллюсков и позвоночных хозяев соответствующими стадиями трематод.

Моллюски, обитатели небольших водоемов со слабым течением, заросших водной растительностью или с глинистым дном и большим количеством гниющих органических веществ, как показали наши наблюдения, оказались зараженными личинками трематод.

Количественный и качественный состав церкарий, у различных видов моллюсков, значительно колеблется. Зараженность моллюсков колебалась в пределах 0,2–1,4% (табл.).

В целом, у исследованных видов сем. Planorbidae зарегистрировано 9 видов церкарий. Как показывают данные таблицы, по разнообразию фауны церкарий и их роль в жизненных циклах трематод, особое место в водоемах Сырдарьи занимают широко распространенные виды *Pl. planorbis* и *A. septemgyratus*. Они и являются основными источниками заражения рыб, птиц и млекопитающих трематодами. Церкарии видов сем. Bilharziellidae вызывают церкариозы у человека (Гинецинская, 1968).

Разнообразие фауны церкарий, обнаруженных в моллюсках Planorbidae водоемов реки Сырдарьи включает 9 видов, мариты которых являются паразитами рыб, амфибий, птиц и млекопитающих.

Таблица

Церкари трематод, зарегистрированные в моллюсках Planorbidae

Церкарии	Зараженность моллюсков, %				
	<i>Pl. planorbis</i>	<i>G. ehrenbergi</i>	<i>G. gredleri</i>	<i>A. septemgyratus</i>	<i>A. spirorbis</i>
Сем. Paramphistomidae: <i>Calicophoron calicophorum</i>	1,2	–	–	0,8	1,0
<i>C. erschovi</i>	0,8	0,2	0,5	–	–
Сем. Notocotylidae: <i>Notocotylus attenuatus</i>	0,9	–	–	–	–
Сем. Echinostomidae: <i>Echinostoma revolutum</i>	0,5	–	–	0,9	–
<i>Echinoparyphium aconiatum</i>	0,8	–	–	–	–
<i>Skrjabinoeces similis</i>	0,5	–	–	–	–
Сем: Bilharziellidae: <i>Bilharziella polonica</i>	1,4	–	–	0,6	–
<i>Dendritobilharzia loossi</i>	–	–	–	–	1,3
<i>Gigantobilharzia acotylea</i>	–	–	–	1,1	–

Развитие и распределение церкарий, в рассматриваемых водоемах, как во времени, так и в пространстве, обусловлено динамикой развития моллюсков. Большое значение для формирования фауны церкарий и функционирования системы «моллюск-личинки» является наличие позвоночных: рыб, земноводных, птиц и млекопитающих, многие из которых являются вторыми промежуточными или дефинитивными хозяевами трематод. Совокупность указанных факторов обеспечивает функционирование паразитарной системы и расселение сосальщиков в исследуемом регионе.

Литература

- Азимов Д. А. Трематоды – паразиты животных и человека. Ташкент: Мехнат, 1986. 128 с.
- Акрамова Ф. Д. Трематоды бильгарциеллиды, их происхождение и эволюция: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Ташкент, 2011. 46 с.
- Гинецинская Т. А. Трематоды, их жизненные циклы, биология и эволюция. М.: Наука, 1968. 411 с.
- Mukherjee R. P. Fauna of India and the adjacent countries. Part III. Larval trematodes. Distome furcocercous cercariae. Koikata: Zoological Survey of India, 2007. P. 1–157.

ПОИСК БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОМАТЕРИАЛОВ-МАРКЕРОВ ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Л. А. Кискина, О. М. Плотникова
Курганский государственный университет,
plotnikom@yandex.ru

В наше время наиболее остро стоит вопрос загрязнения окружающей среды неизвестными ранее веществами – антропогенное загрязнение. Все живые организмы вынуждены адаптироваться к возникшим условиям существования. При адаптации любых организмов так или иначе изменяется обмен веществ. Для человечества важно уметь отслеживать уровень загрязнения окружающей среды, чтобы во время успеть принять адекватные меры и не допустить пагубного необратимого влияния на здоровье человека.

Объектом нашего исследования стали ничем не примечательные черви, выползающие на поверхность после дождя, играющие важнейшую роль в почвообразовании, создавая плодородную почву. Они поглощают все органические отходы, превращая их в бесценный гумус. Активное применение современных технологий химизации и агротехники в сельском хозяйстве в современном мире приводит к гибели дождевых червей. Нас заинтересовал вопрос о возможности использования дождевых червей в качестве биомаркеров загрязнения почвы.

Целью нашей работы было исследование изменений биохимических показателей экстракта из дождевых червей после влияния некоторых загрязняющих веществ неорганической и органической природы.

Эксперимент проводили с дождевыми красными червями из экологически чистого района. Подготовка отловленных червей для исследования проводилась путем выравнивания условий их содержания. Черви месяц жили в домашних условиях при комнатной температуре в глубоком горшке с поддоном, подкорм (мякоть яблока и банана) и полив (отстоянная водопроводная вода) осуществлялся 1 раз в 3–4 дня. Затем отобранные для эксперимента черви изолировались из почвы в гидрогель. Дождевые черви помещались в емкости с гидрогелем: опытная группа червей – в гидрогель с раствором исследуемого загрязняющего вещества (10^{-3} моль/л) неорганической (ацетат свинца) и органической (глифосат) природы, а контрольная группа – в гидрогель с дистиллированной водой. Через двое суток червей вынимали и замораживали. Затем растирали с мелким стеклом, фильтровали, центрифугировали.

В качестве биохимических показателей были взяты протеин и альбумин в виду исключительной значимости белков для любых живых организмов и холинэстеразную активность. Холинэстеразная система принимает непосредственное участие в ответе на любой стресс в живых системах, обеспечивая состояние повышенной функциональной активности (Картавых, 2007; Козловская, 1990; Тонкоглас, 1980).

В полученном экстракте определяли концентрацию белка биуретовым методом, альбумина с бромкрезоловым зелёным и холинэстеразную активность по активности в реакции гидролиза бутирилтиохолина.

Полученные данные в эксперименте (табл.) указывают, что дождевые черви могут служить биомаркерами токсического воздействия глифосата и ацетата свинца.

Таблица

Содержание протеина, альбумина и холинэстеразная активность в экстракте дождевых червей, содержащихся в присутствии ацетата свинца и глифосата

Токсикант	Протеин, г/л	Альбумин, г/л	Холинэстераза, Е/л
Ацетат свинца	5,6	9,0	171
Глифосат	12,4	2,6	0
Контроль – вода	16,7	10,5	274

В экстракте дождевых червей при воздействии раствора глифосата относительно дождевых червей, пребывавших в дистиллированной воде, содержание альбумина понизилось на 75%, протеина на 26%, а холинэстеразная активность снизилась до минимума. При воздействии ацетата свинца содержание альбумина понизилось на 14%, протеина на 67%, а холинэстеразная активность – на 38%.

Полученные результаты показывают, что холинэстеразная активность падает, что говорит о состояниях, связанных со снижением уровня (холинэстераза синтезируется в клетках совместно с альбуминовой фракцией).

Таким образом, можно предположить, что достаточно высокие концентрации ацетата свинца и глифосата могут приводить к уменьшению концентрации белков вплоть до критического уровня, а дождевых червей можно использовать как биомаркеры токсического воздействия загрязняющих веществ различной природы.

Литература

Картавых Т. Н., Подковкин В. Г. Влияние излучения линии электропередачи на холинэстеразную активность у двустворчатых моллюсков // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. 2007. № 8 (58). С. 80–88.

Козловская В. И., Мензикова О. В., Чуйко Г. М., Майер Ф. Л. Холинэстеразы водных животных // Физиология, биохимия и токсикология пресноводных животных. Л.: Наука, 1990. С. 42–66.

Тонкоглас В. П. Роль холинергической системы в развитии стрессовой реакции // Нервные и эндокринные механизмы стресса. Кишинев: Штиинца, 1980. С. 185–194.

СЕКЦИЯ 3 ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНУЗИЙ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ПОЙМЕННЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ГПЗ «НУРГУШ»

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

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

kaf_eco@vshu.kirov.ru

Изучение альгофлоры заповедных территорий сохраняет свою актуальность. Водоросли и цианобактерии (ЦБ) являются активной частью почвенной микрофлоры. Изучение их количественных характеристик дает более полное представление об их развитии, степени участия в почвенных процессах (Алексахина, Штина, 1984). Количественные показатели водорослей зависят от абиотических и биотических факторов: температуры, освещенности, влажности, характера наземной растительности, почвенной фауны. Видовые и количественные характеристики водорослей являются одним из диагностических признаков типа почвы. Изучение альгофлоры заповедных территорий является актуальным.

Исследование проведено в федеральном государственном учреждении «Государственный природный заповедник «Нургуш».

Цель исследования: изучение количественных характеристик и флористического состава альгофлоры пойменных биоценозов ГПЗ «Нургуш».

Пробы почв были отобраны осенью 2013 и летом 2014 гг. в шести пойменных биогеоценозах заповедника: злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволговый; разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый; осиново-липовый лес хвоцево-будрово-снытевый; липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый; дубняк чинно-подмаренниково-снытево-клеверный; ивняк горцево-двукисточниково-осоковый. Почвенные образцы отбирались с глубины 0-5 см. Отбор проб и изучение видового и количественного состава альгофлоры проводили в соответствии с требованиями микробиологических исследований (Штина, Голлербах, 1976; Домрачева, 2005).

В почвенных пробах, взятых осенью (10. 11. 2013г.) в изучаемых биогеоценозах был выявлен 41 вид почвенных водорослей и цианобактерий (ЦБ), в том числе Cyanobacteria – 14, Chlorophyta – 9, Bacillariophyta – 12, Xanthophyta + Eustigmatophyta – 6 (рис. 1). Преобладали представители отделов Cyanobacteria (*Leptolyngbya angustissima*, *Phormidium autumnale*, *Phormidium molle*) и Bacillariophyta (*Navicula pelliculosa*, *Nitzschia palea*, *Pinnularia borealis*, *Hantzschia amphioxys*).

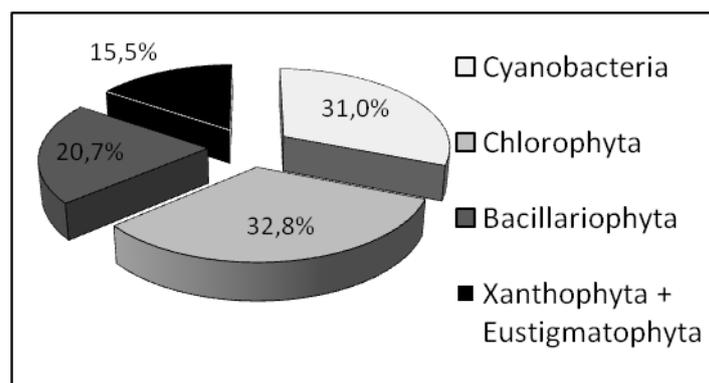


Рис. 1. Таксономический состав почвенных водорослей ГПЗ «Нургуш» в осенний период

Численность почвенных водорослей, за исключением осиново-липового леса, была представлена диатомовыми водорослями, при этом количество водорослей в 1 г. абс. сух. почвы составляло от 27 до 140 тыс. кл. По сравнению с другими типами пойменных биогеоценозов численность диатомовых водорослей в ивняке оказалась самой высокой и составила 140 тыс. кл. на 1 г. почвы. Высокая численность клеток водорослей отмечена и в пойменном злаково-разнотравном лугу. Наименьшие числовые показатели диатомей наблюдались в дубовом и липово-дубовом фитоценозах. В осиново-липовом лесу по числовым и видовым характеристикам доминировали представители отдела Cyanobacteria, количество клеток которых достигало 391 тыс. кл. в 1 г. абс. сух. почвы. В состав доминирующих форм входили виды: *Leptolyngbya angustissima*, *Phormidium boryanum*, *Phormidium autumnale*, *Borzia trilocularis* (Кондакова, Пирогова, 2014).

Летом (17.06.2014 г.) при качественном анализе проб пойменных биогеоценозов было выявлено 58 видов почвенных водорослей и цианобактерий, из них Cyanobacteria – 18, Chlorophyta – 19, Bacillariophyta – 12, Xanthophyta + Eustigmatophyta – 9 (рис. 2).

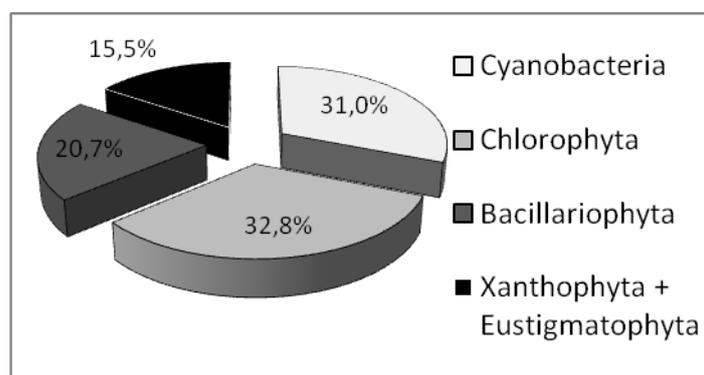


Рис. 2. Таксономический состав почвенных водорослей ГПЗ «Нургуш» в летний период

Доминирующие виды представлены в таблице 1, количественные характеристики альгофлоры почв пойменных биоценозов в летний период приведены в таблице 2.

Таблица 1

**Виды-доминанты пойменных биоценозов ГПЗ «Нургуш»
в летний период 2014 г.**

Тип фитоценоза	Виды-доминанты	Общее число видов
Пойменный злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволгвый	<i>Leptolyngbya angustissima</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium boryanum</i> , <i>Chlamydomonas globosa</i> , <i>Klebsormidium nitens</i> , <i>Stichococcus bacillaris</i> , <i>Xanthonema exile</i> , <i>Botrydiopsis eriensis</i> , <i>Eustigmatos magnus</i> , <i>Navicula pelliculosa</i>	47
Пойменный разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Klebsormidium nitens</i> , <i>Xanthonema exile</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>	38
Осиново-липовый лес хвощово-будрово-снытевый	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Stichococcus bacillaris</i> , <i>Xanthonema exile</i> , <i>Eustigmatos magnus</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>	25
Липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Stichococcus minor</i> , <i>Xanthonema exile</i> , <i>Botrydiopsis eriensis</i>	20
Дубняк чинно-подмаренниково-снытево-клеверный	<i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium molle</i> , <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Stichococcus bacillaris</i> , <i>Xanthonema exile</i> , <i>Navicula pelliculosa</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>	26
Ивняк горцево-двуклосточниково-осоковый	<i>Leptolyngbya angustissima</i> , <i>Leptolyngbya foveolarum</i> , <i>Phormidium autumnale</i> , <i>Phormidium molle</i> , <i>Bracteacoccus minor</i> , <i>Klebsormidium flaccidum</i> , <i>Luticola mutica</i> var. <i>mutica</i> , <i>Hantzschia amphioxys</i>	36

Общими для всех изучаемых биогеоценозов являлись виды: *Phormidium autumnale*, *Stichococcus bacillaris*, *Xanthonema exile*, *Navicula pelliculosa* и *Hantzschia amphioxys*.

Таблица 2

**Количественные показатели альгофлоры пойменных биоценозов
ГПЗ «Нургуш» в летний период 2014 г.**

Фитоценоз	Количество клеток (тыс. кл. на 1 г. почвы)			Всего
	Cyanobacteria	Chlorophyta+ Xanthophyta	Bacillariophyta	
Пойменный злаково-разнотравный луг кострово-осоково-таволгвый	43,5±2,6	60,6±4,6	10,4±5,6	114,5±12,8
Пойменный разнотравно-злаковый луг таволго-мятликово-костровый	64,8±8,7	75,1±4,3	15,2±3,1	155,1±16,1
Осиново-липовый лес хвощово-будрово-снытевый	94,4±11,8	98,2±9,3	18,9±9,1	211,5±30,2
Липово-дубовый лес клеверо-снытево-костровый	45,5±3,8	37,2±6,1	19,3±1,2	102,0±11,1
Дубняк чинно-подмаренниково-снытево-клеверный	43,1±5,4	54,4±4,9	20,5±3,5	118,0±13,8
Ивняк горцево-двуклосточниково-осоковый	175,4±13,2	87,3±2,1	57,1±3,2	319,88±18,5

Под луговой растительностью (пойменный злаково-разнотравный и пойменный разнотравно-злаковый луга) количественный состав альгофлоры выше по сравнению с лесными биогеоценозами. Общее число видов составило 54, а их численность от 114 до 155 тыс. кл. на 1 г. абс. сух. почвы. Основное количество клеток в луговых фитоценозах дали зелёные водоросли, немного уступают им представители Cyanobacteria. На долю диатомовых водорослей пришлось наименьшие числовые характеристики (от 10,4 до 15,2 тыс. кл. на 1 г. почвы).

В почвах лесных биогеоценозов наибольшее количество водорослей обнаружено в осиново-липовом лесу. Основная численность принадлежала представителям отделов Chlorophyta и Cyanobacteria. Видовой спектр в наибольшей степени представлен зелёными и жёлтозелёными водорослями, их доля составила от 52 до 60% от общего числа видов данного фитоценоза. В альгогруппировках дубового леса основное число видов водорослей представлено отделами Cyanobacteria и Chlorophyta. Общее количество клеток составило 118 тыс. кл. в 1 г. абс. сух. почвы. Числовой и видовой состав почвенных водорослей под липово-дубовым фитоценозом меньше, по сравнению с другими лесными ценозами, и составил 102 тыс. кл. на 1 г. абс. сух. почвы, и 20 видов соответственно. Возможно, наименьшие количественные и качественные характеристики связаны с большей затенённостью почвенного покрова данного фитоценоза.

Наибольшее количество клеток водорослей, а также богатая видовая насыщенность были обнаружены в ивовых зарослях на песчаной почве. Здесь ведущее место по числовым и видовым характеристикам занимают представители отдела Cyanobacteria, из которых преобладают нитчатые формы. Видовое разнообразие составило 30 форм, а количественные показатели достигли 319 тыс. кл. на 1 г. почвы.

Таким образом, видовое разнообразие и численность почвенных водорослей и цианобактерий под луговой растительностью выше данных показателей лесных почв. Количественные и качественные характеристики различаются в зависимости от типа почвы, фитоценоза, а также изменяются по сезонам года.

Литература

- Алексахина Т. И., Штина Э. А. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М.: Наука, 1984. 148 с.
- Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.
- Кондакова Л. В., Пирогова О. С. Почвенные водоросли и цианобактерии государственного природного заповедника «Нургуш» // Теоретическая и прикладная экология, 2014. №3. С. 94–101.
- Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

СУКЦЕССИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АЛЬГОГРУППИРОВОК МНОГОЛЕТНЕГО СЕЯНОГО ЛУГА ВОРКУТИНСКОЙ ТУНДРЫ

Н. М. Зимонина

Вятский государственный гуманитарный университет,

kaf_eco@vshu.kirov.ru

Интенсивное освоение природных ресурсов Крайнего Севера приводит к увеличению площадей, занятых вторичными луговыми фитоценозами антропогенного происхождения. Почвенные водоросли активно участвуют в восстановлении почвенно-растительного покрова техногенных местообитаний. Степень их участия, восстановительные возможности проявляются в показателях численности биомассы и продукции.

Цель нашего исследования выявление особенностей количественных показателей альгогруппировок сеяного тундрового луга.

Объектом исследования стал многолетний сеяный лисохвостно-мятликовый луг (1958 – год высева трав) под Воркутой. Специальные агротехника и агрорежим позволили поддерживать производственную продуктивность луга на протяжении 40 лет. Альгологические пробы были отобраны в начале второго десятилетия (2009 г.) после прекращения агроухода (1998 г.) и вступления луга в «ассимиляционную» стадию восстановления зонального биоценоза (Панюков и др., 2005). О почвах многолетнего сеяного луга имеются подробные сведения (Панюков и др., 2005). Альгофлора луга изучена М. В. Гецен и Г. Н. Перминовой (Перминова, Гецен, 1979). В 1977–1979 гг. Г. Н. Перминовой (1980) получены первые сведения о продукции водорослей тундровых луговых агроценозов. Результаты наших исследований приводятся в сравнении с данными из выше перечисленных источников (таблица).

Таблица

Количественные показатели альгогруппировок сеяных лугов Воркутинской тундры

Показатели	Многолетний луг				
	Год наблюдений				
	1975*	1977**	1978**	1979**	2009***
Численность, тыс. кл./г почвы	713	1300	2420	2400	619
Биомасса, мг/г	0,17	0,30	0,30	0,54	0,29
Продукция за месяц, кг/га (экстраполяция)	–	–	288	549	200

Примечание: прочерк означает отсутствие данных, * – по Перминова, Гецен, 1979; ** – Перминова и др., 1982; *** – наши данные.

Отбор проб проводился по общепринятой в почвенной альгологии методике. Численность водорослей определялась методом прямого счета, биомасса – объемно-расчётным методом. В подготовке образцов использовалась методика, рекомендованная Г. Н. Перминовой (1982) для целинных и освоенных тундровых почв. Количественные показатели альгогруппировок определялись в

наиболее типичных луговых ассоциациях: мятлика лугового, лисохвоста лугового, щучки дернистой, чины луговой.

В структуре количественных показателей ведущая роль принадлежала одноклеточным зеленым водорослям – на их долю приходилось более 80% численности и биомассы, синезеленые составляли 17% численности и 5% биомассы, а диатомовые – 2 и 10% соответственно.

В почвах многолетнего луга месячная продукция водорослей составляла 200-549 кг/га, что в 5 раз больше по сравнению с таковой под луговыми фитocenозами на техногенных грунтах (Зимонина, 2011).

Синезеленые водоросли в количественных пробах представлены в основном гетероцистными формами – представителями рода *Nostoc*. Средняя биомасса клеток составила 0,015 мг/г, что на порядок ниже по сравнению с почвами Воркутинского многолетнего луга (0,18 мг/г) на стадии его стабильного развития (Перминова и др., 1982). Наибольшая интенсивность их развития отмечена на сеяном лугу в ассоциации бобовых (чина луговая). Встречаемость колоний *Nostoc* в ассоциации бобовых составила более 70%. Слабое развитие гетероцистных синезеленых водорослей характерно для дернины под лисохвостом луговым и щучкой дернистой. Снижение интенсивности развития этих водорослей может быть связано как с накоплением на поверхности почвы мощного слоя слабо разложившихся растительных остатков, так и ненормированным вывозом навоза с близлежащих ферм.

Одним из признаков активно идущего дернового процесса является присутствие в почвах диатомовых водорослей (Штина, 1991). На сеяном лугу на долю диатомовых водорослей приходится от 9 (мятлик луговой) до 25% (чина луговая) общей биомассы водорослей. Следует отметить, что диатомовые водоросли тундровых лугов представлены в основном крупноклеточными формами *Hantzschia amphioxys* со средним объемом клеток 7547 мкм³.

Значение биомассы водорослей уменьшается в ряду: мятлик луговой (0,34 мг/г) – лисохвост луговой (0,27 мг/г), – щучка дернистая (0,25 мг/г), – чина луговая (0,20 мг/г). Биомасса водорослей разных ассоциаций выражена числами одного порядка и полученные нами значения биомассы сопоставимы со значениями биомассы водорослей сеяного луга в период его стабильного функционирования – 0,30–0,54 мг/г почвы (Перминова и др., 1982).

На сеяном многолетнем лугу в ассоциации мятлика лугового в течение 10 дней проводили наблюдения за изменениями биомассы водорослей. За период наблюдений отмечено три достоверных возрастания биомассы, максимальный прирост составил 0,19 мг/г, или 37 кг/га, что свидетельствует о достаточно высокой продуктивности почвенных водорослей.

Таким образом, зональный характер луговых альгогруппировок проявляется в господстве одноклеточных зелёных водорослей в структуре численности и биомассы, заметном обилии крупноклеточных диатомовых, избирательной встречаемости азотфиксирующих синезеленых водорослей в луговых ассоциациях высших растений, а изменения величины и структуры количественных показателей альгогруппировок свидетельствуют об активно идущих сукцессионных процессах в луговых сообществах тундры.

Литература

Зимонина Н. М. Сукцессионные изменения количественных показателей альгогруппировок вторичных травянистых сообществ на Крайнем Севере // Водоросли: таксономия, экология, использование в мониторинге. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 288–294.

Панюков А. Н., Котелина Н. С., Арчегова И. Б., Хабибуллина Ф. Н. Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 120 с.

Перминова Г. Н. Биомасса и продукция водорослей в тундровых почвах // Ботан. журн., 1980. Т. 65. № 5. С. 859–863.

Перминова Г. Н., Гецен М. В. Состав альгофлоры целинных и подвергшихся освоению почв // Биогеоэкологические исследования на сеяных лугах в Восточно-Европейской тундре. Л.: Наука, 1979. С. 54–64.

Перминова Г. Н., Кабиров Р. Р., Киприянов В. М. Водоросли как продуценты тундровых биогеоценозов: Тр. Коми фил. АН СССР. Сыктывкар, 1982. № 49. С. 81–94.

Штина Э. А. Роль водорослей в биогеоценозах суши // Альгология, 1991. Т. 1. № 1. С. 23–34.

СПЕЦИФИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ РАЗРАСТАНИЙ МИКРОФОТОТРОФОВ НА ПОЧВАХ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ В РАЙОНЕ КИРОВО-ЧЕПЕЦКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Л. В. Кондакова^{1,2}, Е. В. Дабах^{1,2,3}

¹ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

² *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,*

³ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
ecolab2@gmail.com*

Водоросли и цианобактерии являются постоянными компонентами почвенных микробоценозов. В почвах Кировской области встречается более 600 видов водорослей и цианобактерий из разных отделов (Штина, 1997). Состав водорослей является одним из диагностических признаков типа почвы (Штина, 1990). Для дернового процесса характерны группировки водорослей из отделов Chlorophyta, Xanthophyta, Eustigmatophyta, Bacillariophyta и цианобактерий. Особенно ярко проявляется диагностическая роль водорослей при «цветении» почвы, т.е. при массовом размножении микрофототрофов до появления на поверхности почвы налетов, пленок, корочек. Наличие вида в составе поверхностных разрастаний свидетельствует об его активной жизнедеятельности и функционировании. Интенсивность размножения микрофототрофов на поверхности почвы зависит от многих факторов: типа почвы, влажности, наличия высших растений, их сомкнутости и др. В естественных условиях для пленок «цветения» характерна сезонная смена группировок. В конце лета или начале осени при «цветении» почвы азотфиксирующие цианобактерии могут составлять более половины численности фотосинтезирующих микроорганизмов. Видовой состав альгофлоры при «цветении» используется в биоиндикационной оценке состояния почв.

Целью исследования являлось изучение видового состава поверхностных разрастаний микрофототрофов луговых фитоценозов для их биоиндикационной оценки.

Образцы отбирались на пойменном лугу в долине р. Вятки в зоне влияния химических предприятий г. Кирово-Чепецка Кировской области. В районе хвостохранилища мела Завода минеральных удобрений (ЗМУ) сформировался ореол загрязнения подземных вод соединениями азота. Подземные воды разгружаются в ближайшие пойменные озера, способствуя загрязнению нижних слоев воды в них. В течение 5 лет экологическими службами ЗМУ, а также сотрудниками лаборатории биомониторинга ВятГГУ и Института биологии Коми НЦ УрО РАН проводились экспериментальные работы по утилизации загрязненной воды. Предполагалось, что поглощение элемента бедной азотом аллювиальной почвой и растениями – это экологически безопасный способ очистки фильтрующихся растворов. Эксперимент заключался в поливе опытного полигона, расположенного на прибрежном лугу, богатой азотом водой из пойменного озера Бобровое-1.

Почвы на лугу – аллювиальные дерновые легкосуглинистые – на гривах, средне- и тяжелосуглинистые – в межгрядных понижениях. В результате перераспределения осадков по рельефу, поглощения азота растениями, неравномерной подачи воды концентрации минеральных соединений азота в почвах опытного полигона варьировали в широких пределах (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация азота минеральных соединений на участках мониторинга

№ участка	Глубина, см	N-NH ₄ , мг/кг	N-NO ₃ , мг/кг
19	0–15	63	18,5
Межгрядное понижение	0–10	610	670
27	0–10	1200	660

Предельные концентрации азота, отражающие полное насыщение почвенного поглощающего комплекса ионом аммония, составляли 1100–1500 мг/кг. При этом на «выжженных участках» повышалась кислотность, изменялся состав травостоя, резко снижалось проективное покрытие.

Пленки цветения отбирались на участках мониторинга опытного полигона, отличающихся по положению в рельефе. Два участка 19 и 27 расположены на противоположных склонах гривы: северо-западном и юго-восточном, соответственно, один – в межгрядном понижении. На всех участках проводились работы по утилизации богатой азотом воды, в связи с этим концентрации азота в верхних горизонтах почв значительно выше фоновых. Главными факторами, определяющими различия в условиях развития альгофлоры на пойменном лугу, являлись увлажнение и концентрация азота.

Изучение видового состава альгофлоры проводили общепринятыми в микробиологических исследованиях методами (Штина, Голлербах, 1996).

При массовом размножении микрофототрофов на поверхности почвы их структуру формируют от 5 до 27 популяций (Домрачева, 2005).

В поверхностных разрастаниях изученных луговых фитоценозов выявлено 23 вида почвенных водорослей и цианобактерий (табл. 2).

Таблица 2

Видовой состав поверхностных разрастаний водорослей и цианобактерий луговых фитоценозов

№ п.п.	Название видов	Участок мониторинга		
		19 С-В склон	Межгривн. понижение	27 Ю-3 склон
	Cyanobacteria			
1	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> (Rabenh. et Gom) Anagn. et Kom.	+		
2	<i>Phormidium boryanum</i> Kütz.	+		+
	Chlorophyta			
3	<i>Bracteacoccus minor</i> (Chodat) Petrova	+		
4	<i>Chlamydomonas gloeogama</i> Korsch. in Pasch. var. <i>gloeogama</i>	+	+	+
5	<i>Chlorella minutissima</i> Fott et Novakova			+
6	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer.	+		+
7	<i>Chlorococcum infusionum</i> (Schrank) Menegh.	+	+	+
8	<i>Chloroplana terricola</i> Hollerb.	+		
9	<i>Closterium pusillum</i> Hantzsch in Raben.	+		
10	<i>Cosmarium anceps</i> Lund.	+		
11	<i>Cosmarium cucumis</i> (Corda) Ralfs	+		
12	<i>Gongrosira debaryana</i> Rabenh.	+		
13	<i>Klebsormidium flaccidum</i> (Kütz.) Silva et al.	+	+	+
14	<i>Klebsormidium rivulare</i> (Kütz.), comb. nova	+	+	+
15	<i>Macrochloris dissecta</i> Korsch.			+
16	<i>Pseudococcomyxa simplex</i> (Mainx) Fott	+		
17	<i>Stichococcus minor</i> Näg.	+	+	+
	Xanthophyta			
18	<i>Botrydiopsis arhiza</i> Borzi		+	
19	<i>Botrydiopsis eriensis</i> Snow	+		
	Bacillariophyta			
20	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun. in Cleve et Grun.	+		
21	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Smith		+	
22	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	+		
	Euglenophyta			
23	<i>Euglena mutabilis</i> Schmitz		+	
	Всего	18	8	9

Реакция альгофлоры на азотные удобрения, согласно литературным данным, проявляется в увеличении видового состава и численности зеленых водорослей, уменьшении или исчезновении азотфиксирующих цианобактерий (Штина, 1990).

На участке 19 с наиболее низкими концентрациями азота в почвах (табл. 1) структура поверхностных разрастаний включает представителей всех основных отделов почвенных водорослей. В составе группировок преобладают

зеленые водоросли (13 видов), диатомовые (3 вида), встречены желтозеленые (*Botrydiopsis eriensis*) и цианобактерии (*Leptolyngbya foveolarum*, *Phormidium boryanum*). В почвах межгрядного понижения видовое разнообразие в пленке цветения представлено 8 видами, в том числе 5 видов - зеленые водоросли, по одному виду из отделов желтозеленых и диатомовых водорослей. В структуре сообщества отсутствуют цианобактерии. На лугу с высокими концентрациями азота в почвах (участок 27) структура альгосообщества нарушена. Отмечены представители только зеленых водорослей. Видами, общими для всех изучаемых участков, являются зеленые водоросли: *Chlamydomonas gloeogama*, *Chlorococcum infusionum*, *Klebsormidium flaccidum*, *Klebsormidium rivulare*, *Stichococcus minor*. Данные виды входят в состав доминантов пленок «цветения» изучаемых сообществ.

Отсутствие в поверхностных разрастаниях микрофототрофов азотфиксирующих и слабое развитие безгетероцистных цианобактерий, преобладание зеленых водорослей показывает азотное загрязнение исследуемой территории. Индикаторами повышенной влажности являются: *Closterium pusillum*, *Cosmarium anceps*, *Nitzschia palea*, *Euglena mutabilis*. На фоне высоких концентраций азота в почвах межгрядного понижения десмидиевые водоросли не выявлены.

Литература

- Штина Э. А. Флора водорослей бассейна реки Вятки. Киров. 1997. 91 с.
Штина Э. А. Почвенные водоросли как экологические индикаторы // Ботан. журн., 1990. Т. 75. № 4. С. 441–453.
Штина Э. А., Зенова Г. Н., Манучарова Н. А. Альгологический мониторинг почв // Почвоведение, 1998. № 12. С. 1449–1461.
Штина Э. А., Голлербах М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.
Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития. Сыктывкар, 2005. 336 с.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ОПТИМИЗАЦИИ

Е. Е. Гаевский, Е. В. Чаюкова, С. Е. Юревич
Белорусский государственный университет,
gaevski@rambler.ru

Актуальность изучения структуры микробиологического комплекса дерново-подзолистых песчаных почв в условиях их окультуривания обусловлена необходимостью накопления экспериментальных данных и создания научной базы, которая в перспективе будет использована для биологической диагностики почвенного плодородия с целью его улучшения.

В условиях современного интенсивного земледелия все большее значение приобретают вопросы повышения плодородия почв путем обогащения их орга-

ническим веществом и улучшения на этой основе структуры почвенного микробиологического разнообразия. В первую очередь коренного улучшения требуют песчаные почвы, обладающие низким плодородием и которые быстро истощаются в процессе сельскохозяйственного использования (Куликов, 2000).

Результаты исследований, проведенных с дерново-подзолистыми песчаными и супесчаными почвами, показали, что применение торфяных добавок является активным мелиоративным мероприятием по регулированию их микробиологической активности.

Участие микроорганизмов в осуществлении протекающих в почве биохимических процессов и их способность к перестройке качественного состава и изменению активности под влиянием факторов окружающей среды делают очевидной возможность направленного воздействия на деятельность почвенной микрофлоры (Малышев, 1989).

Данные по влиянию совместного внесения торфа и суглинка на микробиологическую активность и плодородие песчаных почв отсутствуют. В связи с этим целью данной работы является изучение эколого-физиологических групп микроорганизмов дерново-подзолистой песчаной почвы разной степени оптимизации.

Полевые опыты проводились на базе хозяйства «ПМК-16 АГРО» около агрогородка Переседы Борисовского района Минской области на дерново-подзолистой связнопесчаной почве.

Схема полевого опыта включает 5 вариантов, где на опытные делянки площадью 50 м^2 в четырехкратной повторности вносился суглинок из расчета 100, 200, 300 и 400 т/га, а также торфонавозный компост в дозе 200 т/га с соотношением навоза к торфу 1:1.

Вносимый легкий суглинок характеризовался следующими агрохимическими показателями: $\text{pH}_{\text{KCl}} - 6,1$; сумма поглощенных оснований – 4,3 мг-экв./100 г почвы, подвижный фосфор – 22,9, обменный калий – 33,0 мг/100 г почвы, содержание меди – 1,0, цинка – 4,6, бора – 0,44 мг/кг. Содержание физической глины – 26%, содержание гумуса – 1,8%.

Для приготовления торфонавозного компоста использовали низинный торф с зольностью 30%, $\text{pH}_{\text{KCl}} - 6,4$; суммой поглощенных оснований – 19,6 мг-экв./100 г почвы, $\text{P}_2\text{O}_5 - 99,1$, $\text{K}_2\text{O} - 120,0$ мг/100 г почвы, содержанием меди – 3,6, цинка – 14,4, бора – 2,7 мг/кг.

В торфонавозном компосте 70%-ной влажности содержалось: органического вещества – 220, $\text{N}_{\text{общ}} - 6$, $\text{P}_2\text{O}_5 - 2$, $\text{K}_2\text{O} - 5$, $\text{CaO} - 4,5$, $\text{MgO} - 1$ кг/т.

Суглинок вносили с целью изменения гранулометрического состава почвы, повышения содержания в ней физической глины, и превращения ее в связную супесь. Торфонавозный компост применяли не только с целью повышения содержания гумуса в почве, но и для активизации деятельности почвенной микробиоты.

На полевым участке в 2013 г. культивировалась зерновая культура – овес. В качестве фона под овес вносили минеральные удобрения из расчета $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ в виде мочевины, простого суперфосфата и калийной соли.

Отбор образцов почвы проводили летом (июль) и осенью (сентябрь) 2013 г. Определение численности микроорганизмов осуществляли методом посева на питательные среды (Андреюк, 1988; Нетрусов, 2005).

Результаты исследований, проведенных с дерново-подзолистой песчаной почвой, показали, что на микробиологическую активность влияет применение торфяных и почвенных добавок, так как меняется среда их обитания, что влияет на их биологическую активность. Внесение торфонавозного компоста и суглинка в почву вызвало увеличение численности эколого-физиологических групп микроорганизмов, принимающих участие в минерализации органического вещества.

В оптимизированной почве значительно увеличилась численность всех изучаемых групп микроорганизмов, повысилась ее биологическая активность и связанное с ней плодородие. Численность гетеротрофных бактерий в оптимизированной почве возросло в 2 раза по сравнению с контролем (июль), в тоже время в сентябре общая численность бактерий увеличилась в 3–4 раза. Количество спорообразующих бактерий, осуществляющих минерализацию более стойких органических веществ, возросла в 3–4 раза – летом, но уже осенью разница в численности уменьшилась по сравнению с контролем (контроль – 103,4 тыс./г абсолютно сухой почвы, последний вариант опыта – 229,7 тыс./г абсолютно сухой почвы).

Летом численность азотобактера в оптимизированной почве возросла в 3 раза. Внесение торфа в минеральную почву стимулировало развитие бактерий круговорота азота, в результате чего улучшилось азотное питание растений, что имеет важное значение для легких минеральных почв. Увеличение численности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий обеспечило минерализацию внесенного торфа и содержащихся в почве других органических веществ, освобождение азота и превращение его в аммонийные и нитратные соединения. О накоплении в почве подвижного азота свидетельствует активное развитие бактерий, потребляющих минеральный азот, численность которых в оптимизированной почве увеличилось в 2 раза по сравнению с исходной почвой.

Высокая численность актиномицетов в окультуренной почве свидетельствует о достаточно глубокой минерализации азотсодержащих соединений и преобладании здесь окислительных процессов. Летом в контроле численность актиномицетов составила 178,7 тыс./г абсолютно сухой почвы, в то время как на оптимизированных вариантах опыта численность достигала 382,6 тыс./г абсолютно сухой почвы. Осенью наблюдалась такая же тенденция. Такая «согласованность» микробиологических показателей отражает взаимосвязь разных звеньев трофической цепочки в преобразовании органического субстрата.

Внесение различных доз суглинка совместно с торфонавозным компостом оказало положительное действие на численность микроскопических грибов дерново-подзолистой песчаной почвы. Летом наблюдалось увеличение численности микроскопических грибов с 98,9 тыс./г абсолютно сухой почвы в контроле до 169,8 тыс./г абсолютно сухой почвы на оптимизированных вариантах. Осенью распределение микроскопических грибов по всем вариантам опыта было равномерное и различия несущественные.

Вместе с тем, в окультуренной почве наблюдается снижение численности денитрифицирующих бактерий, осуществляющих анаэробный процесс восстановления азотных соединений до молекулярного азота или аммиака, что обусловлено улучшением водно-воздушного режима этой почвы. Благодаря этому достигается более экономное использование растениями минерального азота.

Таким образом, структура микробиологического разнообразия дерново-подзолистой песчаной почвы под действием торфования и землевания существенно улучшается, что является важным фактором повышения ее плодородия.

Литература

Андреюк Е. И. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. Киев: Наук. думка, 1988. 192 с.

Куликов Я. К. Почвенно-экологические основы оптимизации сельскохозяйственных угодий Беларуси. Мн., 2000. 280 с.

Малышев Ф. А. Мелиорация легких почв суспензией торфа. Мн., 1989. 160 с.

Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 608 с.

АЛЬГО-БАКТЕРИАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Ж. Л. Пантюхина¹, Н. В. Орловская¹, М. Ю. Маркарова²,
Т. Н. Щемелинина²*

¹ Сыктывкарский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

zrantyuxina@mail.ru, shemelinina@ib.komisc.ru

Применение активных штаммов микроорганизмов-деструкторов, выделение и использование устойчивых к загрязненным водам микроводорослей позволило создать новые комплексные биотехнологии очистки и восстановления экосистем водоемов и почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Эти технологии позволяют проводить биоремедиацию водоемов и почв, подвергнутых систематическому аварийному загрязнению в течение многих лет нефтепродуктами и другими токсикантами. По сравнению с бактериальными системами, симбиотические ассоциаты водорослей и бактерий обладают большей эффективностью обработки (Radwan et al., 2002). При сходных экологических условиях водоросли могут способствовать спонтанной флокуляции для улучшения качества обрабатываемых сточных вод. Тогда как одни культуры водорослей могут оказывать прямое воздействие на разложение углеводов (Borde et al., 2006), другие косвенно облегчают разложение, обеспечивая поверхность для адгезии нефтеокисляющих бактериальных культур (Al-Awadhi et al., 2003; Al-Hasan et al., 1994; Chavan, Mukherji, 2010; Raghukumar et al., 2001). В результате этого ассоциирования предотвращается вымывание бактериальных культур даже в турбулентных условиях (Radwan et al., 2002). Альгологически чистая культура может быть представлена естественным альго-

бактериальным консорциумом, сформированным микроводорослями и связанными с ними бактериями. Одной из задач эксперимента была проверка взаимодействия между клетками микроводоросли и клетками микроорганизмов, входящих в состав биопрепарата «Универсал».

В биомассу микроводорослей *Chlorella vulgaris*, выращенную на среде Тамия вводили биопрепарат «Универсал» из расчета 1% от объема биомассы. Процесс образования альго-бактериального комплекса наблюдали под микроскопом в течение 2-месячного срока культивирования. Наблюдался прирост клеток микроорганизмов, входящих в состав биопрепарата, а также увеличение количества клеток микроводорослей и образование колоний, состоящих из обеих культур (рис.).

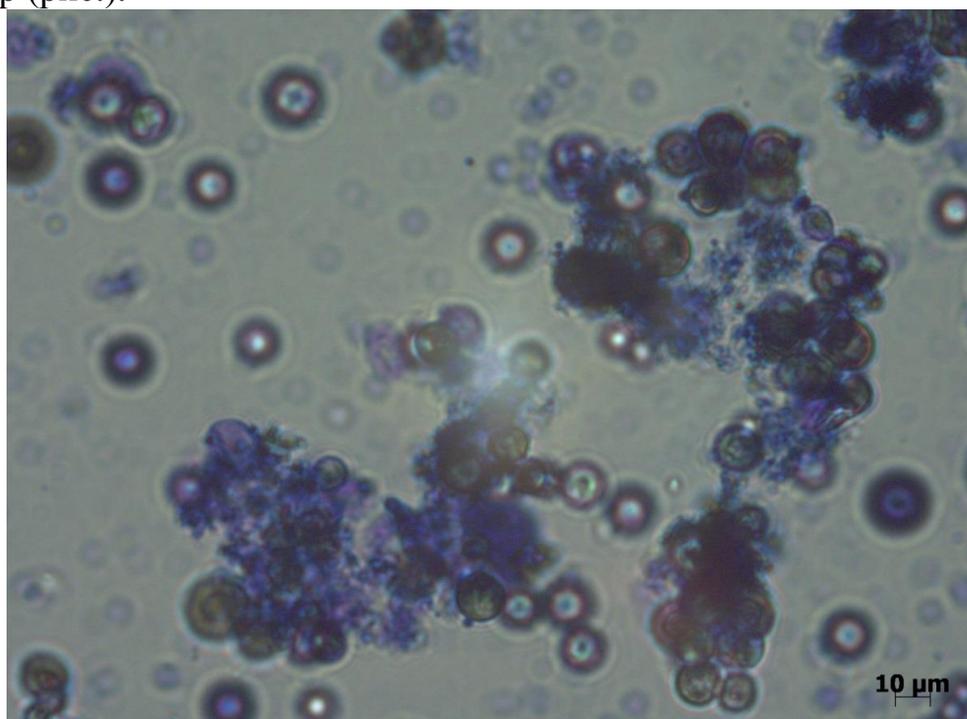


Рис. Альго-бактериальный консорциум (на основе биопрепарата «Универсал» и микроводоросли *Chlorella vulgaris*)

Далее необходимо было оценить влияние биологических агентов на степень очистки воды от нефтепродуктов.

В колбы на 250 мл наливали дистиллированную воду по 100 мл, добавляли по схеме опыта минеральные соли и стерилизовали, вводили биопрепарат, микроводоросль и нефть. В качестве контрольного образца служила стерильная дистиллированная вода, загрязненная нефтью. Биопрепарат «Универсал» добавляли по 1 г на 100 мл воды, суспензию микроводоросли *Chlorella vulgaris* по 1 мл на 100 мл воды. Нефть вносили по схеме опыта. Колбы ставили на качалку при 200–220 об./мин на 7 суток при комнатной температуре. После этого содержимое колб оценивали по остаточному содержанию нефтепродуктов.

Было обнаружено, что очищение от нефтепродуктов по сравнению с контрольным вариантом происходит во всех колбах (табл.). Наиболее эффективным вариантом по снижению содержания нефтепродуктов является вариант с добавлением альгобактериального комплекса.

Содержание нефтепродуктов мг/дм³

Вариант опыта	Нефть, 1 мл/ 100мл воды	Нефть, 5 мл/ 100мл воды
Дистиллированная вода	3680±1104	31400±9420
Дистиллированная вода + минеральные соли	2760±828	30800±9240
Дистиллированная вода + минеральные соли + биопрепарат «Универсал»	2960±888	26100±7830
Дистиллированная вода + минеральные соли + штамм <i>Chlorella vulgaris</i>	2730±819	27000±8100
Дистиллированная вода + минеральные соли + биопрепарат «Универсал» + штамм <i>Chlorella vulgaris</i>	2630±789	24000±7200

На основании проведенной работы было выявлено, что клетки микроорганизмов (*Rhodotorula glutinis*, штамм 55-1-Р В-1115, *Rhodococcus equi*, штамм 34-1(28-99/2) В-1116, *Rhodococcus equi*, штамм У7-28 В-1117, *Rhodococcus equi*, штамм Р-72-00), входящие в состав биопрепарата «Универсал», не конкурируют с микроводорослью *Chlorella vulgaris*, а, напротив, вступают с ней в симбиотические отношения, образуя альго-бактериальную ассоциацию. Установлено, что все используемые в эксперименте биологические агенты (биопрепарат, микроводоросль и полученный альгобактериальный консорциум) снижают содержания нефтепродуктов в модельной воде. Разработанный альго-бактериальный комплекс на основе биопрепарата «Универсал» и микроводоросли *Chlorella vulgaris* может быть рекомендован для биологического этапа очистки нефтезагрязненных сточных вод промышленных предприятий и при нефтеразливах в водных средах.

Работа выполнена при поддержке Программы фундаментальных исследований УрО РАН. Интеграционный проект № 12-И-4-2007 «Биоресурсный потенциал и биохимическая оценка микроводорослей европейского северо-востока России в качестве объектов биотехнологии».

Литература

Al-Awadhi H., Al-Hasan R. H., Sorkhoh N. A. Establishing oil-degrading biofilms on gravel particles and glass plates // International Biodeterioration & Biodegradation. 2003. Vol. 51. P. 181–185.

Al-Hasan R. H., Sorkhoh N. A., Al-Bader D. Utilization of hydrocarbons by cyanobacteria from microbial mats on oily coasts of the gulf // Applied Microbiology & Biotechnology. 1994. Vol. 41. P. 615–619.

Borde X., Guieysse B., Delgado O. Synergistic relationship in algal-bacterial microcosms for the treatment of aromatic pollutants // Bioresource Technology. 2003. Vol. 86. P. 293–300.

Chavan A., Mukherji S. Effect of co-contaminant phenol on performance of a laboratory-scale RBC with algal-bacterial biofilm treating petroleum hydrocarbon-rich wastewater // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. 2010. Vol. 85. P. 851–859.

Raghukumar C., Vipparty V., David J. J. Degradation of crude oil by marine cyanobacteria // Applied Microbiology & Biotechnology. 2001. Vol. 57. P. 433–436.

Radwan S. S., Al-Hasan R. H., Salamah S. Bioremediation of oily sea water by bacteria immobilized in biofilms coating macroalgae // International Biodeterioration & Biodegradation. 2002. Vol. 50. P. 55–59.

ВОДОРΟΣЛИ-ИНДИКАТОРЫ САПРОБНОСТИ БАССЕЙНА НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ р. ЗАРАФШАН

К. С. Маманазарова

*Институт генофонда растительного и животного мира АН
Республики Узбекистан,
karomat.3005@mail.ru*

Данные по альгофлоре бассейна реки Зарафшан носят отрывочный характер. В научной литературе приводятся отдельные данные по альгофлоре верхнего и среднего течения реки Зарафшан. А. М. Музафаров и К. Ю. Мусаев в течение 1957–1960 гг. исследовали флору водорослей различных водоемов, расположенных в верхнем течении бассейна (Музафаров, Мусаев, 1969). Малочисленные данные посвящены водорослям рисовых полей, хаузов, прудов и некоторых водоемов в окрестностях Самарканда и Старой Бухары.

Нижняя часть реки Зарафшан и система каналов в ее бассейне подвержены загрязнению промышленными предприятиями и коллекторно-дренажными водами, которые изменяют минеральный состав воды, и, обычно негативно, влияют на разнообразие альгофлоры. Это обуславливает актуальность описания альгофлоры нижнего течения реки Зарафшан и ее бассейна.

Цель данной работы определить водоросли-индикаторы сапробности, необходимые для оценки санитарно-экологического состояния и качества воды бассейна нижнего течения реки Зарафшан.

Материалом для работы послужили пробы водорослей, собранные в 2009–2013 гг. Для сбора альгологических проб были намечены 15 постоянных станций, расположенных в нижнем течении реки и по каналам. Пункты отбора пробы находились на расстоянии несколько километров друг от друга. Сбор проб проводили по общепринятым методам (Вассер и др., 1989; Голлербах, Полянский, 1951). Собранные водоросли изучали при помощи светового микроскопа Carl Zeiss (Германия).

За период исследований определено 325 вида и разновидности, из которых 93 являются индикаторами сапробности и составляют 28,6% от общего видового состава альгофлоры. Из них можно привести следующие: из отдела *Cyanophyta*: *Merismopedia elegans* A. Br., *M. major* (Smith.) Gietl., *Microcystis aeruginosa* f. *flos-aquae* (Wittr.) Elenk., *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *Oscillatoria formosa* Gom., *O. sancta* Gom., *O. tenuis* f. *tenuis* Ag. ex Gom., *O. agardhii* Gom., *O. amphibian* Gom., *Lyngbya aestuarii* Gom., *L. kuetzingii* Schmidle; из отдела *Bacillariophyta*: *Cyclotella meneghiniana* Kuetz., *Synedra tabulata* (Ag.) Kuetz., *Navicula cryptocephala* Kuetz., *Melosira varians* Ag., *Cyclotella kuetzingiana* Thwait., *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hust., *Synedra pulchella* (Ralfs) Kuetz.; из *Chlorophyta*: *Pediastrum boryanum* (Turp.) Meneghini, *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod., *Cladophora glomerata* (L.) Kuetz., *C. fracta* Kuetz. и др.

Количественное распределение видов-индикаторов сапробности по основным отделам водорослей и станциям отражено в таблице.

**Распространение водорослей-индикаторов сапробности по течению
р. Зарафшан**

Отделы водорослей	Станции отбора проб (от верхнего течения к нижнему)								
	Хатир-чи	Пахтакор	Навои	Гиждиван	Бухара	Коракул	к. Калканата	к. Унгсахил	все-го
<i>Cyanophyta</i>	4	3	5	3	2	9	10	12	25
<i>Bacillariophyta</i>	18	12	25	21	24	25	18	15	58
<i>Euglenophyta</i>	-	-	-	-	-	1	2	2	2
<i>Chlorophyta</i>	4	2	1	2	3	1	3	4	9
Итого:	26	17	31	26	29	36	33	33	93

Наше исследование выявило, что бассейн нижнего течения р. Зарафшан по составу индикаторных видов водорослей относится к β -мезосапробной зоне. Сапробность по течению р. Зарафшан уменьшается с α - на β -мезосапробность, это показывает, что вода по течению с помощью сапробных организмов очищается от органических веществ.

Литература

Музафаров А. М., Мусаев К. Ю. Материалы к познанию флоры водорослей водоемов верхнего течения р. Зарафшан // Водоросли водоемов Узбекистана. Ташкент: Фан, 1969. С. 3–31.

Вассер С. П., Кондратьева Н. В., Масюк Н. П., Пальмарь-Мордвинцева Г. М. Ветрова З. И., Кордюм Е. Л., Мошкова Н. А., Приходькова Л. П., Коваленко О. В., Ступина В. В., Царенко П. М., Юнгер В. П., Радченко М. И., Виноградова О. Н., Бухтиярова Л. Н., Разумна Л. Ф. Водоросли: справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 606 с.

Голлербах М. М., Полянский В. И. Общая часть // Определитель пресноводных водорослей СССР. В 14-и т. М.: Советская наука, 1951. Т. 1. 300 с.

Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив, 2006. 498 с.

РОЛЬ ЦИАНОБАКТЕРИИ *FISCHERELLA MUSCICOLA* В ЭФФЕКТИВНОСТИ СИМБИОЗА МЕЖДУ ЛЯДВЕНЦЕМ РОГАТЫМ И КЛУБЕНЬКОВЫМИ БАКТЕРИЯМИ

*А. Л. Ковина, Л. В. Трефилова, Л. И. Домрачева,
Е. С. Субботина, Д. В. Казакова*

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

Более ста лет продолжается история применения предпосевной инокуляции семян культурами клубеньковых бактерий при выращивании бобовых растений. Использование специфичных, вирулентных, активных штаммов *Rhizobium sp.*, прошедших жесткий селекционный отбор, обеспечивает постоянные приросты урожая бобовых и повышение плодородия почвы за счет «биологического» азота.

К числу последних достижений в использовании симбиотической азотфиксации относится создание на кафедре ботаники, физиологии растений и микробиологии им. Э. А. Штиной (ныне кафедра биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии ВГСХА) бактериального препарата нового поколения «Ризоверм» (Калинин и др., 2013). Данный биопрепарат прошел процедуру государственной регистрации, о чем получено свидетельство за № 222(223)-19-153-1. В 2014 году на Всероссийской выставке «Золотая осень», которая проходила на ВВЦ (г. Москва), препарат удостоен диплома «За эффективное использование биопрепарата «Ризоверм» и Золотой медали.

Особенно значимо применение ризобияльной инокуляции семян в тех случаях, когда определенный вид бобовых или не встречается в данной местности совсем, или является минорным видом аборигенной флоры. К числу таких растений в Кировской области относится лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), который по эффективности симбиотической азотфиксации (до 270 кг/га) на кислых почвах превосходит горох и люцерну (Посыпанов, 1985). Однако обработка семян бобовых культурами клубеньковых бактерий, повышая уровень симбиотической азотфиксации, не предупреждает вспышки инфекционных болезней растений. Поэтому необходимы дополнительные мероприятия по защите растений. Среди профилактических мер, кроме химических пестицидов, используют биопестициды на основе разнообразных микробов-антагонистов, как правило, гетеротрофов по типу питания. Первые опыты по совместному применению автотрофных фотосинтезирующих микроорганизмов и ризобиев для обработки семян лядвенца рогатого были проведены с аксеничной культурой цианобактерии (ЦБ) *Nostoc paludosum* Kütz., шт. 18 (Панкратова и др., 2004; 2008) в Вятской ГСХА. При этом установлено, что одновременная обработка семян лядвенца рогатого *Rhizobium loti* и *Nostoc paludosum* способствует возрастанию ксеромассы растений, увеличению количества клубеньков на корнях, активации процесса азотфиксации. В целом комплексная обработка семян оказалась более эффективным приёмом по сравнению со стандартной обработкой семян монокультурой. К сожалению, бинарная инокуляция семян не нашла применения в сельскохозяйственной практике по ряду причин: более сложный способ приготовления препарата и, следовательно, более дорогая стоимость; недостаточная реклама; отсутствие на тот период удобной упаковки.

Выделение в чистую культуру нового для Кировской области вида ЦБ *Fischerella muscicola* (Thur.) Gom. шт. 300 привело к проведению очередной серии опытов по изучению эффективности совместной инокуляции семян лядвенца рогатого сапротрофной бактерией *Rh. loti* и фотосинтезирующей ЦБ *Fisch. muscicola*.

Для этого перед посевом лядвенца в почву инокуляцию семян полезной микрофлорой проводили путём выдерживания их в течение суток в суспензиях ризобиума (с титром $3,2 \cdot 10^9$ кл./мл), фишереллы (с титром $2,1 \cdot 10^7$ кл./мл) и в их смеси с аналогичными титрами монокультур.

В полевом опыте посев семян проведён на микроделянки площадью 0,25 м² в 3-х кратной повторности 20 мая с производственной нормой высева 15,2 кг/га в дерново-подзолистую, среднесуглинистую почву. 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). Через 4 месяца определяли высоту растений, а также подсчитывали количество соцветий и плодов на них.

Определение количества клубеньков на корнях лядвенца в период бутонизации растений показало, что почва очень бедна дикими расами *Rh. loti*: степень нодуляции в контрольном варианте достигает всего 43% (табл. 1).

Таблица 1

Влияние ризобιο-цианобактериальной инокуляции на интенсивность образования клубеньков на корнях лядвенца рогатого

Вариант	Количество клубеньков, шт./ 1 растение	Количество растений с клубеньками, %
1. Контроль (без обработки)	0,67±0,04	43,3
2. <i>Rhizobium loti</i>	1,23±0,04	66,7
3. <i>Fischerella muscicola</i>	1,97±0,41	90,0
4. <i>Rhizobium loti</i> + <i>Fischerella muscicola</i>	7,10±0,55	100,0

Этот факт вполне объясним тем, что в дикой флоре Кировской области лядвенец рогатый является эпизодическим растением и поэтому среди ризобиев-аборигенов мало штаммов, специфичных для лядвенца. Ризобияльная обработка семян повышает как степень нодуляции (до 66,7%), так и количество клубеньков на корне (в 2 раза). Самым эффективным оказался вариант с одновременной обработкой семян ризобием и фишереллой: количество клубеньков в среднем на 1 корень более, чем на порядок, 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%.

Определение ксеромассы надземной части лядвенца рогатого, отобранного с 1 м², показало, что урожай сухой массы выше во всех вариантах с предварительной бактериальной обработкой семян и достигает максимальной величины при циано-ризобияльной инокуляции (табл. 2).

Таблица 2

Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого на урожай

Вариант	Ксеромасса надземной части, г/м ²	Процент к контролю
1. Контроль (без обработки)	45,19	100
2. <i>Rhizobium loti</i>	60,27	+33,37
3. <i>Fischerella muscicola</i>	60,64	+34,20
4. <i>Rh. loti</i> + <i>Fisch. muscicola</i>	79,81	+76,73

Наблюдения, проведенные в конце вегетационного сезона, показали, что при любом виде предпосевной бактериальной обработки семян увеличивается высота растений и количество плодов, однако максимальное количество соцветий характерно для контрольного варианта (табл. 3). Следовательно, любая бактериальная инокуляция семян стимулирует рост растений и ускоряет процесс созревания плодов. В то же время те преимущества бинарной инокуляции,

которые проявлялись через 1,5 месяца после посева семян, через 4 месяца в определенной степени нивелируются (по исследуемым параметрам).

Таблица 3

Влияние бактериальной инокуляции семян лядвенца рогатого на морфометрические особенности растений

Вариант	Высота, см	Количество соцветий*	Количество плодов*
1. Контроль	56,8±2,2	1,20	7,5
2. <i>Rhizobium loti</i>	65,3±19,3	0,53	10,3
3. <i>Fischerella muscicola</i>	71,5±6,6	0,53	7,9
4. <i>Rh. loti</i> + <i>Fisch. muscicola</i>	65,3±6,8	0,47	8,3

Примечание: * – количество соцветий и плодов приведено в среднем на 1 растение.

В целом, судить о преимуществах обработки семян двойной бактериальной культурой (*Rh. loti* + *Fisch. muscicola*) перед монокультуральной инокуляцией *Rh. loti* следует после уборки урожая 2-го года и определения размеров симбиотической азотфиксации в разных вариантах.

Литература

Домрачева Л. И., Трефилова Л. В., Ковина А. Л., Горностанва Е. А., Малыгина О. Н., Новокшонова Н. В. Влияние способов предпосевной обработки семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на всхожесть и интенсивность образования клубеньков // Теор. и прикл. экология, 2014. № 3. С. 67–72.

Калинин А. А., Ковина А. Л. Эффективность применения препарата на основе бактерий р. *Rhizobium* в условиях Кировской области // Бизнес. Наука. Экология родного края: проблемы и пути их решения: Матер. Всерос. науч.-практ. конф.-выставка экологических проектов с международным участием. Киров: Изд-во ООО «Веси», 2013. С. 223–225.

Панкратова Е. М., Зяблых Р. Ю., Калинин А. А., Ковина А. Л., Трефилова Л. В. Конструирование микробных культур на основе синезелёной водоросли *Nostoc paludosum* Kütz // Альгология, 2004. Т. 14. № 4. С. 445–458.

Панкратова Е. М., Трефилова Л. В., Зяблых Р. Ю., Устюжанин И. А. Цианобактерия *Nostoc paludosum* Kütz. как основа для создания агрономически полезных микробных ассоциаций на примере бактерий рода *Rhizobium* // Микробиология, 2008. Т. 77. № 2. С. 266–272.

Посыпанов Г. С. Азотфиксация бобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М.: Наука, 1985. С. 75–84.

АКТИНОМИЦЕТЫ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ

Е. С. Соловьёва¹, И. Г. Широких^{2,3}, Т. Я. Ашихмина^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,

blueberry17@mail.com

Процессы урбанизации, усиливающиеся с каждым годом, в наибольшей степени затрагивают непосредственно почвенный покров. В городах почвы подвергаются урбаногенному загрязнению и теряют свои оздоровительные эко-

логические функции. Для решения задач микробиологической диагностики степени антропогенных изменений городских почв могут быть использованы актиномицеты, которые являются неотъемлемым компонентом микробной системы любой почвы (Звягинцев, Зенова, 2001).

Исследование комплексов почвенных актиномицетов были выполнены в городе Кирове, который по своей инфраструктуре является типичным крупным городом средней полосы России. В г. Кирове проживает значительное число населения, хорошо развиты промышленное производство, транспорт, отрасли жилищно-коммунального хозяйства. Все это обуславливает интенсивное антропогенное загрязнение городских почв. Определение содержания тяжёлых металлов в почвенных образцах различных экотопов г. Кирова показало неравномерность в распределении элементов на территории города и более высокое, по сравнению с фоновыми территориями, содержание в урбанозёмах цинка, меди, свинца и кадмия. Содержание свинца в урбанозёмах было максимальным в зоне транспортного загрязнения и превышало фоновые концентрации в 37 раз (4 ПДК). Максимальные концентрации кадмия, меди и цинка наблюдали в санитарных зонах промышленных предприятий. В отличие от почв фоновых территорий, урбанозёмы большинства функциональных зон города характеризовались реакцией почвенного раствора, близкой к нейтральной (рН 6,7–7,7), исключая зону рекреации (рН 5,1).

На почвенные актиномицеты в условиях городской среды влияет комплекс химических факторов, совместное действие которых может как усиливать токсичный эффект для микробиоты, так и наоборот, ослаблять его.

При определении численности актиномицетов было отмечено, что наличие высоких концентраций ТМ в почвах промышленной и транспортной зон не оказало существенного влияния на этот показатель. По-видимому, негативное влияние металлов на численность актиномицетов в почвах не проявилось в условиях нейтральной и слабощелочной реакции, которая, с одной стороны, способствует переводу подвижных форм ТМ в малоактивные формы, а с другой является благоприятной для большинства актиномицетов.

Характеризуя уровень загрязнения городской почвы тяжелыми металлами, таким образом, нельзя ограничиваться только численностью мицелиальных прокариот. Показатели численности актиномицетов должны приводиться в комплексе с другими показателями, характеризующими структуру актиномицетного комплекса (долевое участие, частота встречаемости, родовое и видовое разнообразие).

В нашем исследовании было установлено, что в городских почвах из функциональных зон с высоким уровнем загрязнения происходит существенная перестройка в структуре актиномицетных комплексов и, как результат, формирование устойчивого к загрязнению сообщества актиномицетов. В родовой структуре комплекса почвенных актиномицетов загрязненных ТМ экотопов (промышленная и транспортная зона) существенно возрастают долевое участие и частота встречаемости микромонопор, по сравнению с более чистыми экотопами садовых участков, селитебной зоны и рекреации. Представители рода *Micromonospora* по частоте встречаемости являлись доминантами, наряду со

стрептомицетами, в комплексе актиномицетов промышленной и транспортной зон. Особенностью комплекса актиномицетов почвы исследованных городских экотопов, кроме рекреации, является высокая частота встречаемости олигоспоровых актиномицетов, что не характерно для природных почв зонального типа. Отмечено также более существенное, по сравнению с другими экотопами, долевое участие представителей рода *Streptosporangium* в комплексе актиномицетов транспортной и селитебной зон.

В видовой структуре рода *Streptomyces* в загрязненных почвах промышленной и транспортной зон, по сравнению с селитебными и садовыми экотопами, увеличивается представленность окрашенных видов стрептомицетов секций и серий *Cinereus Chromogenes*, *Helvolo-Flavus Flavus*, *Roseus Ruber*. Высокое долевое участие представителей секции *Imperfectus* (стрептомицетов с отсутствием воздушного мицелия) является характерной особенностью комплексов стрептомицетов наиболее загрязненных ТМ городских функциональных зон – транспортной и промышленной. В более чистых почвах селитебной и садовой зон доминирующими видами стрептомицетов, помимо секции *Imperfectus*, являются также неокрашенные виды секций и серий *Albus Albus*, *Cinereus Achromogenes*. Доля непигментированных видов из этих серий в 3–5 раз превышает показатель почв в промышленной и транспортной зонах.

Результаты проведенных исследований показали, что почвы из различных функциональных зон города существенно отличаются по структуре своих актиномицетных комплексов, и эти отличия обусловлены различной устойчивостью представителей мицелиальных прокариот к урбаногенному загрязнению.

Перестройки в таксономической структуре почвенного комплекса актиномицетов могут сопровождаться изменением также физиологической толерантности к ТМ его отдельных представителей. В ходе модельного эксперимента по изучению радиальной скорости роста были установлены различия штаммов в зависимости от природы ТМ, вида стрептомицета, а также степени загрязнения почвы, служившей источником выделения культур актиномицетов. Штаммы стрептомицетов, выделенные из городских почв, характеризовались более высокой частотой встречаемости (до 90%) представителей, увеличивающих радиальную скорость роста под влиянием невысоких доз свинца, меди и цинка, чем комплекс стрептомицетов фоновой территории. Пределы выносливости культур, выделенных из городских почв, были шире, чем у изолятов из фоновой почвы. Однако устойчивые к ТМ штаммы стрептомицетов встречались как в городских, так и в почве фоновой территории. Благодаря способности к сорбции и различным механизмам детоксикации ТМ на поверхности и внутри клетки, стрептомицеты в скором времени могут найти применение в качестве функциональных агентов в биотехнологиях, связанных с инактивацией тяжелых металлов в природных средах и объектах (Kothe, 2005).

При изучении в модельном эксперименте способности изолятов стрептомицетов извлекать ионы свинца из раствора была установлена высокая сорбционная способность как изолятов из почв фоновых территорий, так и изолятов из городских почв. Максимальные значения сорбции (до 99,4%) при этом наблюдали у изолятов стрептомицетов из почв фоновых территорий. Эти культуры

наращивали в опыте также большую биомассу, по сравнению с культурами стрептомицетов из городских почв. Эти результаты могут объясняться индукцией металлами так называемых «спящих» генов устойчивости (Haferburg et al., 2009). Возможно, «впервые» встречаясь с повышенной концентрацией ТМ, не характерной для естественной природной среды, стрептомицеты используют сорбционный механизм адаптации к ТМ максимально, тогда как стрептомицеты, которые прежде имели в почве контакт с ТМ, реализуют, по-видимому, помимо сорбционного, другие адаптационные механизмы.

В итоге можно заключить, что адаптационные возможности актиномицетов к комплексному воздействию урбаногенных факторов и стрессовому воздействию ТМ в частности достаточно велики. Количественный и качественный состав актиномицетного населения городских почв, а также изменения физиологических характеристик актиномицетов при сравнении с комплексом почвенных актиномицетов фоновых территорий могут дать информацию о степени нарушенности почвенной микробиоты в целом.

Литература

Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. М: ГЕОС, 2001. 257 с.

Haferburg G., Groth I., Möllmann U., Kothe E., Sattler I. Arousing sleeping genes: shifts in secondary metabolism of metal tolerant actinobacteria under conditions of heavy metal stress // *Bio-metals*, 2009. V. 22. P. 225–234.

Kothe E., Bergman H., Büchel G. Molecular mechanisms in bio-geo-interactions: from a case study to general mechanisms // *Geochemistry*, 2005. V. 65. P. 7–27.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОМПЛЕКСОВ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В РИЗОСФЕРЕ ТРАНСГЕННОГО ТАБАКА

Я. И. Назарова¹, А. А. Широких¹, И. Г. Широких^{1,2}

¹ *НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,*

² *Лаборатория биомониторинга Института биологии
Коми НЦ УрО РАН и ВятГГУ,
irgenal@mail.ru*

Генетическая модификация позволяет создавать сорта с устойчивостью к стрессам, однако может повлечь изменения в корневой экскреции трансгенных растений и, как следствие, перестройки в почвенной микробной системе. Сравнительная характеристика структуры комплексов микроорганизмов в ризосфере исходных и трансформированных растений позволяет выявить нежелательные отклонения и, тем самым, минимизировать потенциальные риски для экологии почвы.

Целью нашей работы было изучить влияние трансгенных по гену Fe СОД 1 растений табака на комплекс мицелиальных микроорганизмов в прикорневой зоне растений.

Для исследования использовали в качестве модельных растения табака (*Nicotiana tabacum* L.) сорта Самсун и полученные на его основе во ВНИИСХБ

(г. Москва) независимые линии Trtf 3и Trtf 13 с геном Fe-содержащей супероксиддисмутазы (FeСОД1) из *Arabidopsis thaliana* L., придающим устойчивость к повреждающему действию окислительного стресса. Пробиорочные растения линий Trtf 3 и Trtf13, трансгенность которых была доказана с использованием селективной среды с канамицином и методом ПЦР (Нодельман, 2014), выращивали в условиях искусственного климата на торфяно-перегнойной почвенной смеси (контроль) и на естественной кислой дерново-подзолистой почве с алюминием (стресс). Освещенность 4000 кЛк, фотопериод 16 часов, температура 25/18⁰С день/ночь. Контролем служили растения исходного сорта Самсун.

Актиномицеты и микромицеты учитывали и выделяли из прикорневой зоны растений с использованием казеин-глицеринового агара и среды Чапека соответственно. Дифференцировано учитывали колонии по морфологическим типам (Звягинцев, Зенова, 2001). Доминирующие на чашках колонии актиномицетов и микроскопических грибов выделяли в чистую культуру для исследования их таксономической принадлежности (Гаузе и др., 1983; Литвинов, 1969; Саттон и др., 2001), антагонистических и целлюлозолитических свойств. Характеризуя структуру комплексов микроорганизмов, ассоциированных с корнями, использовали индекс обилия (долевое участие таксона в комплексе, %), показатели частоты встречаемости в комплексах стрептомицетов видов-антагонистов и видов с различной целлюлозолитической активностью. Полученные данные обрабатывали статистически методом многофакторного дисперсионного анализа (Лакин, 1990).

Сравнение комплексов микроскопических грибов в ризосфере исходного сорта Самсун и трансгенных линий табака Trtf3и Trtf13 не выявило существенной разницы в их численности: количество пропагул в 1 г субстрата имело близкие значения как в обычных, так и в стрессовых условиях выращивания растений. Вместе с тем, установлены различия между ризосферными комплексами в их качественном составе (табл. 1).

Таблица 1

Относительное обилие (%) родов микромицетов в ризосфере табака

Генотип	Фон	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Acremonium</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Nigrospora</i>	<i>Trichoderma</i>	Другие
Самсун	Контроль	33	17	33	0	0	17	0
Trtf 3		4,9	7,4	82,8	4,9	0	0	0
Trtf13		25	50	12,5	12,5	0	0	0
Самсун	Стресс	70	6,7	0	0	3,4	6,7	13,2
Trtf 3		41,6	25	8,4	8,4	16,6	0	0,
Trtf 13		37	43	8,6	0	2,8	0	8,6

Исходный сорт характеризовался равной представленностью на корнях грибов из родов *Penicillium* (33%) и *Acremonium* (33%) в обычных условиях и доминированием *Penicillium* (70%) – в стрессовых, в том и другом случае участием в комплексах представителей рода *Trichoderma*. В ризосферном комплексе Trtf 3 в обычных условиях доминировали виды рода *Acremonium* (83%), а на

кислом почвенном фоне – *Penicillium* (42%) с высокой долей участия представителей родов *Aspergillus* (25%) и *Nigrospora* (17%). В ризосфере Trtf13 как в обычных, так и в стрессовых условиях доминировали аспергиллы (50 и 43% соответственно). *Trichoderma* в ризосферных комплексах трансформантов не обнаружена. Таким образом, ризосферные комплексы грибов исходного сорта Самсун и трансгенных линий Trtf3 и Trtf 13 значительно различались по относительному обилию видов родов *Trichoderma* ($p=0,03$) и *Aspergillus* ($p=0,003$). На кислом фоне у тех и других увеличивалась доля участия в комплексе представителей родов *Penicillium* ($p=0,005$) и *Nigrospora* ($p=0,03$).

Сравнительное исследование численности и видовой структуры рода *Streptomyces* в прикорневой почве растений табака проводили с выделением микрококков ризосферы и ризопланы. В ризосфере численность стрептомицетов, как наиболее представительного в почвах таксона мицелиальных прокариот, изменялась несущественно – в пределах $2,7-6,5 \times 10^5$ КОЕ/г, в зависимости от генотипа и почвенного фона, на котором выращивались растения. В ризоплане имели место уже существенные различия в численности стрептомицетов между исходным сортом ($1,1-1,8 \times 10^6$ КОЕ/г) и трансгенными линиями табака Trtf13 ($3,7 \times 10^5$ КОЕ/г) в обычных условиях и Trtf3 ($5,9 \times 10^5$ КОЕ/г) на кислом фоне с алюминием.

Исходный сорт и трансгенные линии табака различались по видовой представленности стрептомицетов в ризосфере (табл. 2). Так, по результатам многофакторного дисперсионного анализа, существенно зависело от генотипа табака варьирование численности ассоциированных с корнями представителей секций и серий *Cinereus Achromogenes* ($p=0,003$) и *Cinereus Chromogenes* ($p=0,007$). В ризосферном комплексе исходного сорта Самсун, преобладали неокрашенные виды серии *Cinereus Achromogenes* (20,3%) и секции *Albus* (76,7%), что характерно для зональных дерново-подзолистых почв. Соотношение неокрашенных и окрашенных видов в пользу окрашенных изменялось при стрессе, обусловленном кислотностью почвы и алюминием. В ризосферном комплексе Trtf 13, напротив, даже в обычных условиях доля участия видов серии *Cinereus Chromogenes* была выше (80,5%), чем серии *Cinereus Achromogenes* (8,2%), а при выращивании растений на кислом фоне она еще увеличивалась (до 86,3%).

Таблица 2

Относительное обилие (%) стрептомицетов в ризосфере табака

Вариант	Фон	Cinereus				Imperfectus	Albus
		Chromogenes	Aureus	Achromogenes	Violaceus		
Самсун	Контроль	3	0	20,3	0	0	76,7
Trtf 3		28	0	62,7	0	0	9,3
Trtf13		80,5	5,7	8,2	0,6	5	0
Самсун	Стресс	66,7	10,1	21	2,2	0	0
Trtf 3		52,9	21,2	21,2	3,8	0,9	0
Trtf 13		86,3	0,4	11,5	1,8	0	0

В ризоплане стрептомицетные комплексы сравниваемых генотипов растений характеризовались более равномерной структурой в разрезе цветковых секций и серий (табл. 3). Но доминировали по долевному участию в комплексах исходного сорта (*Cinereus Chromogenes*, *Cinereus Achromogenes*) и трансгенных линий Trtf 3 (*Cinereus Achromogenes*) и Trtf 13 (*Cinereus Aureus*) представители различных секций и серий.

Таблица 3

Относительное обилие (%) стрептомицетов в ризоплане табака

Вариант	Фон	Cinereus				Imperfec- tus	Albus
		Chromo- genes	Aureus	Achromo- genes	Vio- laceus		
Самсун	Контроль	33,3	26,7	36,7	0	3,3	0
Trtf 3		25,7	51,4	22,9	0	0	0
Trtf13		50	25	0	25	0	0
Самсун	Стресс	38,7	19,4	12,9	0	29	0
Trtf 3		27,5	9,1	35,9	27,5	0	0
Trtf 13		25,8	64,5	9,7	0	0	0

Наряду с количественными и таксономическими различиями в ризосферных комплексах сорта Самсун и трансгенных линий табака были отмечены изменения в функциональной структуре мицелиальных прокариот. Известно, что среди стрептомицетов широко распространена способность к синтезу антибиотиков, благодаря чему эти организмы принято рассматривать в роли регуляторов микробных сообществ различных микролокусов почвы. В комплексе стрептомицетов, ассоциированных с корнями исходного сорта, присутствовали виды - антагонисты фитопатогенных грибов рода *Fusarium* и антагонисты грамположительной и грамотрицательной тест-бактерий.

Ризосферный комплекс трансгенной линии Trtf3 отличался от исходного сорта в тех же условиях выращивания более низкой частотой встречаемости на корнях антагонистов гриба *F. avenaceum* и отсутствием в комплексе антагонистов грамположительной бактерии *A. simplex*. Среди стрептомицетов, ассоциированных с корнями другой трансгенной линии Trtf 13, также отмечены изменения антагонистической активности, которые выразились, с одной стороны, возрастанием частоты встречаемости культур, антагонистически активных в отношении бактерий, а с другой – снижением встречаемости в комплексе представителей с антифунгальной активностью (рис. 1).

Наряду с изменениями в антагонистической активности, стрептомицетные комплексы трансформированных растений отличались от комплекса сорта Самсун изменением частоты встречаемости видов, способных активно разлагать целлюлозу (рис. 2). Линия Trtf3 характеризовалась снижением, а линия Trtf 13, напротив, повышением встречаемости на корнях культур с высокой целлюлолитической активностью, в сравнении с исходным сортом.

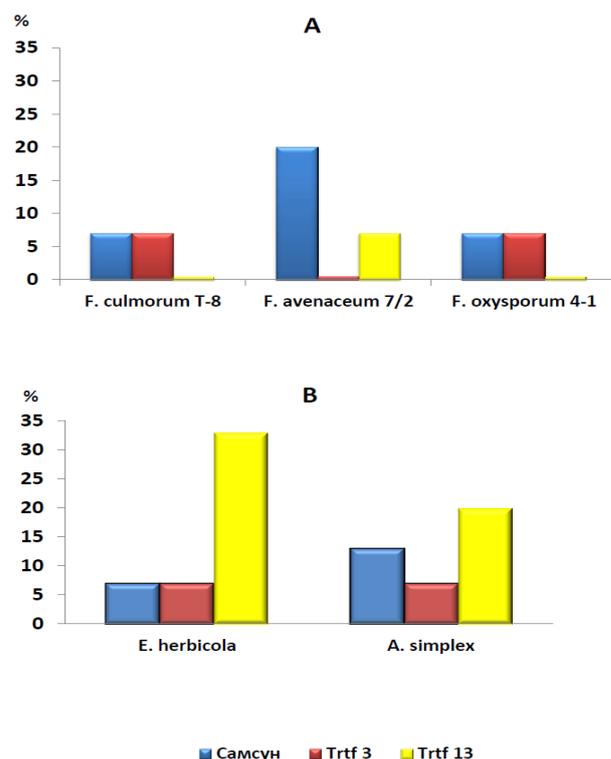


Рис. 1. Частота встречаемости (%) в ризосфере табака стрептомицетов-антагонистов фитопатогенных грибов и бактерий

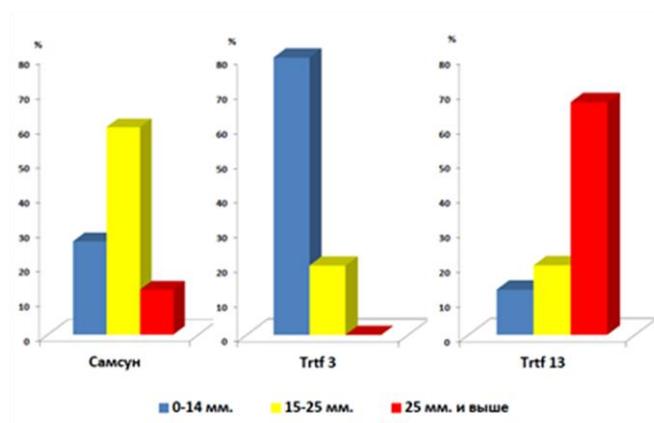


Рис. 2. Частота встречаемости (%) в ризосфере табака стрептомицетов с различной целлюлозолитической активностью

Таким образом, анализ полученных данных показал значимое влияние встройки в геном табака гетерологичной последовательности не только на численность и видовую представленность мицелиальных прокариот и эукариот в ризосфере растений трансформантов, но и продемонстрировал изменения в функциональной структуре комплексов ассоциированных с корнями почвенных микроорганизмов.

Литература

Гаузе Г. Ф., Преображенская Т. П., Свешникова М. А., Терехова Л. П., Максимова Т. С. Определитель актиномицетов. Роды *Sreptomycetes*, *Streptovercillium*, *Chainia*. М.: Наука, 1983. 248 с.

- Звягинцев Д. Г., Зенова Г. М. Экология актиномицетов. М: ГЕОС, 2001. 257 с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк. 1990. 352 с.
- Литвинов М. А. Определитель микроскопических почвенных грибов. М.-Л.: Наука, 1969. 302 с.
- Нодельман Е. К. Применение гена Fe-зависимой супероксиддисмутазы для защиты хлоропластов томатов и табака от окислительного стресса: Автореф. дис. ... к.б.н. М.: ВНИИСХБ, 2014. 29 с.
- Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов: Пер. с англ. М.: Мир, 2001. 486 с.

РЕАКЦИЯ АКТИНОМИЦЕТОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ МЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТОЙ

Е. В. Товстик¹, С. Ю. Огородникова², И. Г. Широких^{1,2}

*¹ НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого,
tovstik2006@inbox.ru*

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

Известно, что среди веществ, образующихся при уничтожении химического оружия (ХО), метилфосфоновая кислота (МФК) обладает повышенной устойчивостью в природных условиях (Савельева и др., 2002).

Установлено, что присутствие метилфосфоновой кислоты в дерново-подзолистой пахотной почве стимулирует размножение в ней водорослей и цианобактерий за счет появления в среде дополнительного источника подвижных фосфат-ионов (Кондакова и др., 2008), образующихся в результате микробной деструкции МФК (Харченко и др., 1995; Бакулин, 2000). Наряду с этим отмечается, что МФК вызывает изменение численности и видового состава автотрофных микробных комплексов почвы (Ашихмина и др., 2007). В почвах, испытывающих воздействие промышленных выбросов при уничтожении ХО, происходит увеличение в составе микробного комплекса микроорганизмов с мощным ферментативным аппаратом (активные формы спорообразующих бактерий), а также сужение видового состава спорообразующих бактерий и группового состава актиномицетов (Мосина и др., 2013).

Поэтому целью нашей работы было выявление реакции отдельных представителей почвенных актиномицетов на воздействие МФК. С этой целью проводили модельный опыт, в котором исследовали влияние МФК на динамику общей численности и численности представителей отдельных родов актиномицетов в ходе сукцессий, вызванных увлажнением почвы водой и растворами МФК в различных концентрациях.

Для опыта использовали образцы воздушно-сухой дерново-подзолистой супесчаной почвы (pH_{KCl} 5,3), которые помещали в чашки Петри и увлажняли растворами МФК до 60% от ПВ почвы. Использовали растворы, содержащие 0,00001; 0,0001; 0,001; 0,01, 0,1 моль/л МФК, что в пересчете на почву состав-

ляло 0,4; 3,5; $3,5 \cdot 10^1$; $3,5 \cdot 10^2$; $3,5 \cdot 10^3$ мг/кг. Каждый вариант включал три повторности.

Для разделения эффектов токсического действия МФК и подкисления среды, использовали вариант с водным раствором метилфосфоновой кислоты, приготовленным на фосфатном буфере с рН 6,86. В контроле для увлажнения почвы использовали дистиллированную воду (рН 5,0).

В момент закладки опыта и на 1; 7; 14; 21 сутки сукцессии производили отбор средней пробы почвы, подсушивали и прогревали почву при 70 °С в течение четырех часов для ограничения роста немитозных бактерий. Готовили почвенные суспензии и производили из них посев на среду с пропионатом натрия в трехкратной повторности. Чашки с посевами инкубировали в термостате при 27 °С в течение 10-12 суток и далее при комнатной температуре в течение трех недель.

Проводили дифференцированный подсчет колоний, выделяя по морфологическим признакам четыре морфотипа, соответствующих родам *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Streptosporangium* и группе олигоспоровых актиномицетов (Определитель ... , 1997).

Исследование сукцессионной динамики общей численности актиномицетов в почвах, испытывающих воздействие МФК, выявило ее отличия от динамики численности в контрольном варианте (рис. 1).

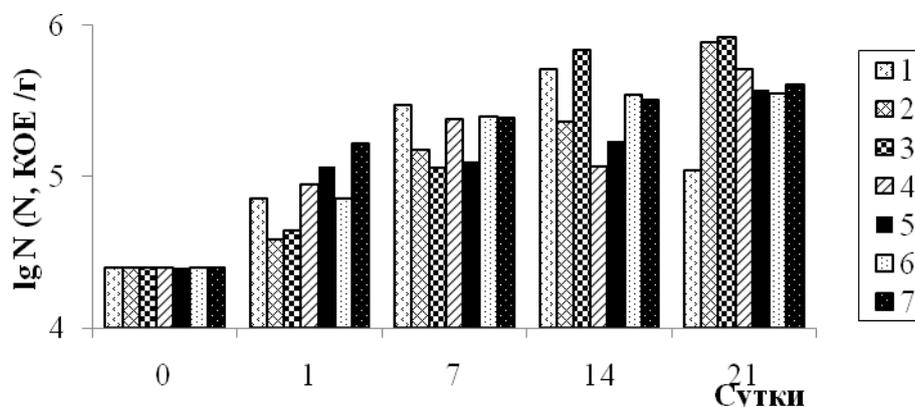


Рис. 1. Динамика численности актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной увлажнением дерново-подзолистой почвы:

1 – дистиллированной водой; 2 – раствором фосфатного буфера; растворами МФК: 3 – 0,00001; 4 – 0,0001; 5 – 0,001; 6 – 0,01; 7 – 0,1 моль/л

Так, независимо от присутствия МФК, в ходе сукцессии отмечали увеличение (от 10^4 до 10^5 КОЕ/г) общей численности актиномицетов в почве. Однако, степень этого увеличения в контрольном варианте и вариантах с МФК на разных этапах сукцессии различалась. На начальном этапе сукцессии (1-е сутки) под воздействием МФК отмечали увеличение общей численности актиномицетов в пределах одного порядка (10^4 КОЕ/г), а в случае самой высокой в опыте концентрации МФК (0,1 моль/л) – на порядок (от 10^4 до 10^5 КОЕ/г) по сравнению с контрольным вариантом. К середине сукцессии действие МФК, по

сравнению с контролем, ослаблялось и на 7, 14-е сутки регистрировали незначительное (в пределах одного порядка) уменьшение или увеличение общей численности. На завершающем этапе сукцессии (21 сутки) общая численность актиномицетов в почвах, испытывающих воздействие МФК (0,0001–0,1 моль/л), оставалась стабильной. В контрольном варианте к этому сроку наблюдений уже фиксировали уменьшение общей численности актиномицетов, тогда как добавление МФК в почву способствовало увеличению продолжительности сукцессии.

Динамика численности представителей отдельных родов актиномицетов в ходе сукцессии, инициированной растворами МФК в градиенте концентраций, носила различный характер. Для представителей двух доминантных родов *Micromonospora* и *Streptomyces* в ходе сукцессий, инициированных увлажнением почвы водой, буферным раствором с pH 6.86 и 0,0001 моль/л раствором МФК динамика численности практически не различалась. При более высоких концентрациях МФК их сукцессионная динамика, а также динамика численности олигоспоровых и спорангиальных представителей уже имела свои особенности. Так, динамика численности рода *Micromonospora* не зависела от концентрации МФК и сохраняла свою стабильность, варьируя либо в пределах одного порядка, либо увеличивалась (от 10^4 до 10^5 КОЕ/г) к заключительному этапу сукцессии (рис. 2). Это указывает на слабую чувствительность микромоноспор к МФК в исследованном диапазоне концентраций.

В отличие от микромоноспор, динамика численности стрептомицетов под воздействием МФК в градиенте концентраций от 0,001 до 0,1 моль/л имела существенные отличия от динамики в контрольном варианте. Пик максимальной численности стрептомицетов в присутствии 0,001 и 0,01 моль/л МФК смещался на более ранние, чем в контроле, сроки – 7-е сутки, после чего наблюдали резкое сокращение численности стрептомицетов к 14 суткам и повторное нарастание численности к 21 суткам в варианте с 0,001 моль/л МФК. В почве с более высокой концентрацией (0,01 моль/л) МФК повторное нарастание численности стрептомицетов не прослеживалось, что указывает на большую, в сравнении с микромоноспоровыми актиномицетами, чувствительность полиспоровых видов актиномицетов к МФК.

Исследование динамики численности олигоспоровых форм выявило их появление на более поздней (7 суток), чем для микромоноспор (0-момент) и стрептомицетов (1 сутки), стадии сукцессии в контрольном варианте и полное их отсутствие в варианте с буферным раствором. МФК, начиная с концентраций 0,001-0,1 моль/л, оказала на олигоспоры стимулирующее действие, которое проявилось в более раннем (1 сутки) появлении олигоспор и более высокой популяционной плотности (10^4 КОЕ/г) их представителей.

Виды рода *Streptosporangium*, составляющие минорный компонент актиномицетного комплекса данной почвы, выявлялись лишь на ранних этапах в варианте сукцессии, вызванной 0,01 моль/л раствора МФК, в количестве до 10^3 КОЕ/г.

ных прокариот на действие токсиканта. Установлены устойчивость микромоноспор и, напротив, чувствительность представителей рода *Streptomyces* к концентрациям МФК в диапазоне 0,0001–0,01 моль/л. В отношении олигоспоровых актиномицетов МФК в диапазоне исследуемых концентраций оказала стимулирующее действие, но практически не повлияла на численность представителей рода *Streptosporangium*.

Литература

Ашихмина Т. Я., Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю. Метилфосфоновая кислота как регулятор биологических процессов в экологических системах: действие на микроорганизмы, ферментативную активность и высшие растения // Теоретическая и прикладная экология, 2007. № 2. С. 78–87.

Бакулин Ю. С., Завьялова Н. В., Лысов А. А. и др. Экспериментальная проверка биодеструкции реакционных масс химической детоксикации ФОВ фосфонатразлагающими бактериями // Федеральные и региональные проблемы уничтожения химического оружия, 2000. Вып. 2. С. 47–52.

Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Домрачева Л. И., Ашихмина Т. Я. Влияние метилфосфоновой кислоты на развитие водорослей в почве // Ботанический журнал, 2008. Т. 94. № 1. С. 42–48.

Мосина Л. В., Ефремова С. Ю., Алпатова Е. А. Особенности функционирования почвенной микробной компоненты на химически загрязненных территориях // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013. № 09 (13). Т. 2. 260 с.

Определитель бактерий Берджи. В 2-х т./ Ред. Дж. Хоулт, Н. Криг, П. Снит, Дж. Стейли, С. С. Уилльямс. М.: Мир, 1997. Т. 2. 800 с.

Савельева Е. И., Зенкевич И. Г., Кузнецова Т. А. и др. Исследование продуктов превращений фосфорорганических отравляющих веществ методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии // Российский хим. журнал, 2002. Т. XLVI. № 6. С. 83–91.

Харченко А. Т., Мягких В. И., Завьялова Н. В. и др. Оценка влияния микроорганизмов на динамику разложения зомана в почве // Российский хим. журнал, 1995. Т. 39. № 4. С. 104–107.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВОДЫ ИЗ ОМУТНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*А. Н. Шитов*¹, *К. А. Кашина*², *Л. И. Домрачева*^{1, 2, 3}, *Т. И. Кутявина*³

¹ *Вятская государственная сельскохозяйственная академия,*

² *Институт биологии Коми НЦ УРО РАН,*

³ *Вятский государственный гуманитарный университет,*

dli-alga@mail.ru

Давно установлено, что любые антропогенные воздействия неизбежно приводят к нарушению функционирования водных систем. Как правило, степень их нарушения определяется характером воздействия, природой и объемом поступающих в воду соединений. Поэтому применительно к загрязнению водоемов используют понятия токсификация и эвтрофикация. Доказано, что при токсификации, в частности, сокращается биоразнообразие, уменьшается общая численность и биомасса биотической компоненты, упрощается пищевая сеть за

счет подавления автотрофного и сапрофитного блока. В условиях эвтрофикации наблюдаются обратные тенденции: увеличение биоразнообразия, а также возрастание общей численности и биомассы сообщества (Яковлев, 2014). При эвтрофикации для индикации состояния воды используются различные группы водных организмов, в том числе планктонные микрофототрофы и сапрофиты (Ашихмина и др., 2014). По степени загрязнения воды органическими веществами и интенсивности происходящих в ней микробиологических процессов выделяют зоны олигосапробную, мезосапробную и полисапробную.

К сожалению, каждый год увеличивается число загрязненных водоемов как природных, так и искусственного происхождения, которые важны для жителей соответствующих регионов.

Среди крупных водоемов, имеющих искусственное происхождение, важную роль для жителей г. Омутнинска играет Омутнинский пруд (водохранилище). Омутнинск расположен в северо-восточной части Кировской области. Название города связано с рекой Омутная, а появление – со строительством чугуноплавильного завода в далеком 1773 году. Современный Омутнинск – это место действия металлургического завода, предприятий деревообрабатывающей и пищевой промышленности. Для нужд металлургического завода было сооружено искусственное водохранилище (пруд). Длина его 10 км, максимальная ширина 2,3 км, средняя – 1,1 км. Максимальная глубина 11 м, средняя – 3,4 м. Объем воды 32500 кубометров. В пруд впадают притоки реки Омутной: справа – Шумиха, Песчанка, Шахровка, Новая, Ершовка; слева – Порывай, Березовка, Крутой Лог, Тюриха, Никулиха и другие мелкие ручьи. По побережью пруда находится Омутнинский металлургический завод, детский лагерь «Колокольчик», санаторий «Лесная сказка», профилакторий «Металлург», а также пляж, городские постройки и дачи.

Для жителей города пруд был любимым местом отдыха, купания, рыбалки. Люди по-прежнему ценят его и обеспокоены тем, что в него продолжают попадать стоки бытовых отходов, в том числе ливневая канализация и продукты жизнедеятельности жителей близлежащих домов. Явным показателем плохого состояния воды стал массовый мор рыбы летом 2013 г., который никто из жителей не мог не заметить, либо пройти мимо. Омутнинцы сомневаются в качестве воды, а летом и вовсе не купаются, и не используют пруд в целях, для которых он был пригоден в течение многих лет. Пруд потерял рекреационные и питьевые функции. Одна из главных проблем Омутнинского водохранилища – многолетнее «цветение» воды, вызванное массовым развитием фотосинтезирующих микроорганизмов – цианобактерий. Как правило, это явление сопровождается также массовым размножением различных групп сапрофитной микрофлоры, в первую очередь, гнилостной, что ещё в большей степени способствует ухудшению качества воды и повышению степени её сапробности.

Цель нашей работы – определение уровня микробиологического загрязнения воды в Омутнинском пруду в разных его частях и в разные сроки.

Первичное определение численности гнилостных бактерий в воде было проведено в октябре 2013 г. (Кутявина и др., 2014). Проведение микробиологи-

ческого анализа показало, что общая численность бактерий в воде составляет 70 тыс. КОЕ/мл в центральной части пруда и 14 тыс. КОЕ/мл – в приплотинной.

В 2014 г. отбор проб воды проводили дважды: в июне и сентябре в трех частях пруда – верховой, центральной и приплотинной. Численность микроорганизмов в воде определяли методом посева на среду МПА. Микробиологический посев проводился в 9-кратной повторности. Результаты микробиологического анализа воды представлены в таблице.

Таблица

Содержание бактерий в воде различных частей Омутнинского пруда в июне и сентябре 2014 г. (КОЕ/мл)

Место отбора проб воды	8 июня	28 сентября
1. Верховая часть пруда	6667±1527	1840±358
2. Центральная часть пруда	4667±1154	5270±257
3. Приплотинная часть пруда	13000±360	58667±980

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие предварительные выводы:

1. По сравнению с октябрем 2013 г., в сентябре 2014 г. существенно снизилась численность бактерий в воде центральной и возросла – в приплотинной части пруда.

2. В 2014 г. в оба срока наблюдений максимальная микробная загрязненность воды характерна для приплотинной части пруда.

3. В течение сезона резко возрастает загрязнение пруда в приплотинной части, тогда как в остальных частях подобного явления не наблюдается.

4. Микробиологическое загрязнение воды в центральной (срединной) части в 2014 г. в оба срока наблюдения практически остается на одном уровне.

5. В верховной части пруда в сентябре происходит довольно значительное снижение численности микроорганизмов в воде.

5. По уровню развития гнилостных бактерий воду Омутнинского пруда следует отнести к мезосапробной зоне.

6. Сравнение полученных результатов микробиологического анализа с результатами химического анализа показывает, что максимум развития бактерий совпадает с максимальным количеством в воде ионов железа, минимальным содержанием нитратов, максимальным содержанием цинка, свинца (Кутявина и др., 2014).

Литература

Ашихмина Т. Я., Кутявина Т. И., Домнина Е. А. Изучение процессов эвтрофикации природных и искусственно созданных водоемов // Теор. и прикл. экология, 2014. № 3. С. 6–13.

Кутявина Т. И., Малыгина О. Н., Липатникова К. А., Домрачева Л. И. Определение качества воды Омутнинского пруда по данным химического и микробиологического анализов // Закономерности функционирования природных и антропогенно трансформированных экосистем: Матер. Всерос. науч. конф. (г. Киров, 22–23 апреля 2014 г.). Киров: Изд-во ООО «Веси», 2014. С. 98–100.

Яковлев В. А. Токсификация, эвтрофикация, ацидификация и термофикация субарктических водоемов на примере бентосных сообществ // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Матер. V Всерос. науч. конф. с междунар. участием в 3 частях Ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 2014. С. 49–50.

РОЛЬ ГЕТЕРОТРОФНОГО БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ПОДДЕРЖАНИИ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ ОЗЕР ЮЖНОЙ ЧАСТИ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

*С. А. Забелина, О. Ю. Морева, Т. Я. Воробьева,
Л. С. Широкова, С. И. Климов
Институт экологических проблем Севера УрО РАН,
svetzabelina@gmail.com*

Состояние экосистем озер – это результат сложного взаимодействия процессов, определяемых как естественными, так и антропогенными факторами. В процессах самоочищения и формирования качества воды водных экосистем участвует практически все компоненты биоценозов водоема. Гетеротрофные бактерии (ГБ) являются основными деструкторами растворенного и взвешенного органического вещества, которое служит этой группе микроорганизмов источником питания, а также единственной группой организмов, которые возвращают растворенные органические вещества в углеродный цикл. Продукция бактериальной биомассы обеспечивает связь между растворенным органическим углеродом (РОУ) и высшими организмами. Микроорганизмы являются самыми чувствительными индикаторами изменения экологического состояния водных экосистем и вследствие этого широко используются при проведении экологических исследований. Получение таких характеристик микробного сообщества, как численность, сезонная динамика эколого-трофических групп микроорганизмов, является важным инструментом для понимания и объяснения происходящих в водоеме процессов.

Целью исследований было изучение динамики численности и структуры ГБ озер, различающихся морфометрическими, гидролого-гидрохимическими характеристиками, расположенных на территории Кенозерского национального парка (КНП) (Архангельская область). Проведена оценка межгодовой динамики численности и структуры ГБ водной толщи озер Лекшмозеро, Масельгское, Вильно за период с 2007 по 2012 гг. Гидролого-гидрохимическая характеристика озер представлена в работах (Морева и др., 2012; Воробьева и др., 2013).

Микробиологические анализы проводились согласно принятым в микробиологической практике методикам (Руководство..., 1992). Численность эколого-трофических групп с различными пищевыми потребностями в составе ГБ определяли на агаризованных средах: группу эвтрофных бактерий (ЭБ) определяли при посеве глубинным способом на стандартный рыбопептонный питательный агар (РПА), группу факультативно-олиготрофных бактерий (ФОБ) – на среде Горбенко (РПА:10), олиготрофных бактерий (ОБ) – на голодном агаре.

Исследование количественного содержания гетеротрофных бактерий в воде озер в целом показало их невысокую численность, что обусловлено невысокой концентрацией органических веществ и биогенных элементов. По средним концентрациям РОУ за период исследований (2007–2010 гг.) изученные озера образуют следующий ряд: Лекшмозеро (6,09 мг/л) ≤ Вильно (10,3 мг/л) ≤ Масельгское (11,3 мг/л) (Широкова и др., 2010). Содержание биогенных эле-

ментов по материалам многолетних исследований не превышает значений, которые характерны для озер европейской части России (Морева и др., 2012; Воробьева и др., 2013). Межгодовая изменчивость значений концентраций некоторых биогенных элементов в водной толще зависит, в основном, от климатических условий года.

Исследование временной динамики количественного содержания ГБ в воде озер показало их значительную сезонную и межгодовую изменчивость (табл.). Минимальные концентрации ГБ были зафиксированы в марте 2008 г. Осенью 2007 г. переход температуры воздуха от 4°C к отрицательным значениям происходил в течение трех недель. Зима была самой теплой за период исследований. Средняя температура воздуха за ноябрь – март 2007–2008 гг. составила –4,8 °С (–5,5 °С в 2006–2007 и –9,1 °С в 2005–2006) (данные метеорологических наблюдений на ГМС Каргополь (<http://www.gismeteo.ru/synarc.htm>). Более ранний переход температуры воздуха через нулевое значение в 2007 г. привел к более раннему ледоставу и меньшим потерям тепла водоемами, что и привело к более высоким значениям придонных и средневзвешенных температур воды в озерах в марте 2008 г., что позволило микробоценозу озер к концу периода стратификации в основном завершить минерализацию образовавшегося в летний период ОВ.

Таблица

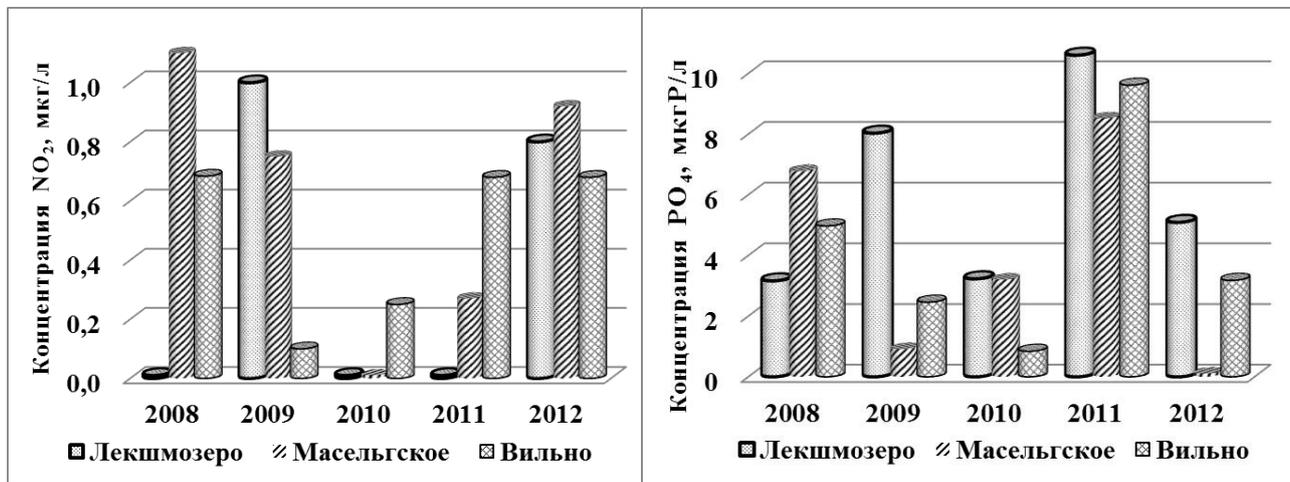
**Динамика численности ГБ озер южной части КНП
(в числителе – поверхностный, в знаменателе – придонный горизонт)**

Показатель	Зимний период				Летний период			
	2007	2008	2010	2012	2007	2008	2010	2012
Оз. Лекшмозеро								
ЭБ, КОЕ/мл	150/90	10/5	30/120	15/24	160/270	350/60	1050/360	440/150
ФОб, КОЕ/мл	100/120	140/7	30/200	68/380	160/360	330/10	600/190	560/260
Об, КОЕ/мл	170/190	6/4	260/220	5/15	240/1600	350/20	1560/730	580/100
Оз. Масельгское								
ЭБ, КОЕ/мл	200/90	30/10	30/230	18/51	110/80	460/60	3840/460	640/90
ФОб, КОЕ/мл	510/310	30/20	40/300	30/80	280/620	800/40	7040/370	850/160
Об, КОЕ/мл	950/380	40/50	50/230	30/45	320/410	600/50	6860/530	520/170
Оз. Вильно								
ЭБ, КОЕ/мл	460/10	5/20	240/210	13/17	190/130	360/110	2930/1020	420/230
ФОб, КОЕ/мл	840/60	20/10	–	40/60	640/340	420/100	–	580/300
Об, КОЕ/мл	–	60/40	–	20/10	680/620	130/100	–	280/300

Примечание: «–» – исследования не проводились

Максимальные концентрации ГБ во всех исследуемых озерах наблюдались в июле 2010 г., и были связаны с аномально жарким летом, наблюдавшимся на территории Европейской части России. Экосистемы озер отреагировали на повышение температуры воды увеличением интенсивности продукционно-деструкционных процессов, о чем свидетельствовало снижение концентраций биогенных элементов (рис. 1) в результате развития первичных продуцентов и

резкое увеличение концентраций всех групп гетеротрофного бактериопланктона (рис. 2). В работе Shirokova et al. (2013) также было отмечено увеличение бактериальной деструкции растворенного органического вещества при повышении температуры воды для оз. Святое в летний период 2010 г., что уменьшило концентрацию РОВ в толще воды более чем на 30% по сравнению с нормальным периодом.



а

б

Рис. 1. Межгодовая динамика значений концентраций биогенных элементов (а – нитриты, б – фосфаты) в поверхностных горизонтах озер южной части КНП в летний период

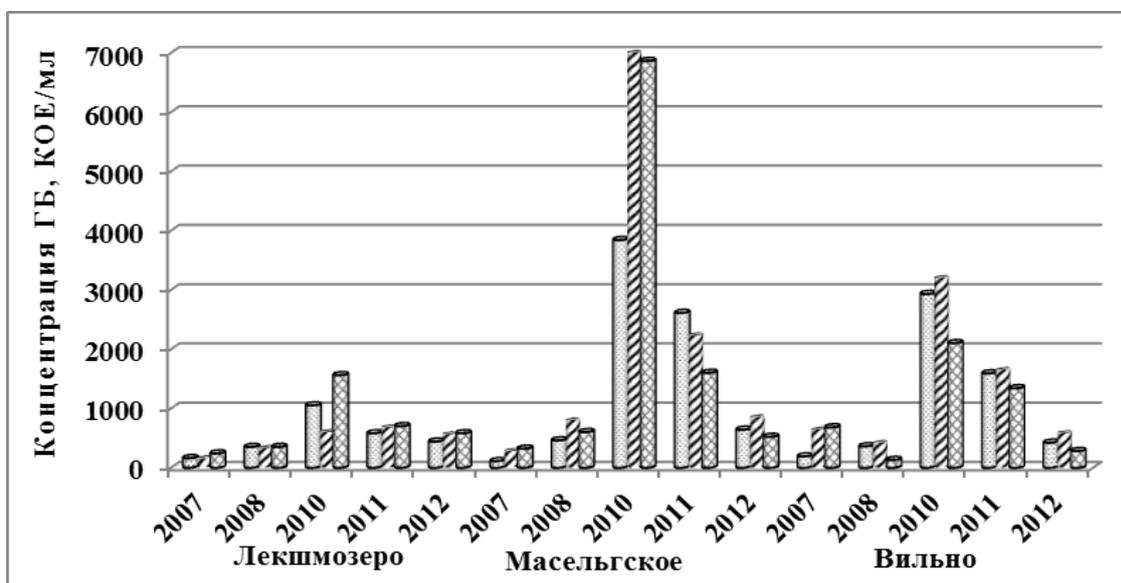


Рис. 2. Межгодовая динамика количественных показателей различных эколого-трофических групп гетеротрофных бактерий (КОЕ/мл) в поверхностном горизонте озер южной части КНП в летний период

В эколого-трофической структуре ГБ преобладали в основном ФОБ, однако в целом концентрации различных эколого-трофических групп различались незначительно, максимум в 2 раза.

При оценке влияния природных и антропогенных факторов на водные экосистемы микробные сообщества рассматриваются как индикаторы их состояния. Для выявления трендов изменений в их структурной организации учитывается динамика показателей – увеличение или уменьшение их величин в многолетнем ряду. Необходимо отметить, что высокая вариабельность содержания ГВ в воде исследованных озер, связана, главным образом, с сезонными и внутриводоемными процессами.

Наблюдаемое в оз. Лекшмозеро содержание эвтрофных бактерий за период 2007–2012 гг. не превышает аналогичных показателей, полученных в 1997 г. (Тимакова, Калинкина, 2000), содержание биогенных элементов в периоды исследований не превышает среднемноголетних значений, что свидетельствует о стабильности состояния экосистемы озера. В целом, микробиологические показатели в исследованных озерах характерны для чистых вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 12-П-5-1021, проекта Молодые ученые УрО РАН 2014 №14-5-НП-125.

Литература

Воробьева Т. Я., Морева О. Ю., Собко Е. И., Широкова Л. С., Забелина С. А., Климов С. И., Шорина Н. В., Покровский О. С., Ершова А. А., Чупаков А. В. Оценка экологического состояния озер Кенозерского Национального парка (Архангельская область) // Известия Самарского Научного центра Российской академии наук. 2013, Т. 15. № 3 (2). С. 825–831.

Морева О. Ю., Ершова А. А., Забелина С. А., Чупаков А. В. Содержание биогенных элементов в малых озерах северо-запада России (Архангельская область) // Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы исследований. III Междунар. науч. конф. 17–19 мая 2012 г., Украина. Херсон.

Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Под ред. В. А. Абакумова. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.

Тимакова Т. М., Калинкина Н. М. Экологические проблемы оз. Лекшмозеро (Архангельская область) // Поморье в Баренц-регионе, экономика, экология, культура: Материалы междунар. конф. Архангельск: Институт экологических проблем УрО РАН, 2000. С. 228–229.

Широкова Л. С., Покровский О. С., Забелина С. А. Растворенный органический углерод и продукционно-деструкционные процессы в озерах южной части Архангельской области // Экология арктических и практических территорий: Материалы междунар. симпозиума. Архангельск, 2010. С. 143–145.

Shirokova L. S., Pokrovsky O. S., Moreva O. Yu., Chupakov A. V., Zabelina S. A., Klimov S. I., Shorina N. V., Vorobieva T. Ya. Decrease of concentration and colloidal fraction of organic carbon and trace elements in response to the anomalously hot summer 2010 in a humic boreal lake // Science of the Total Environment. 463-464 (2013) 78–90.

БИОСИСТЕМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

А. И. Некрасова¹, Д. В. Тарабукин², Т. Н. Щемелинина²

¹ Сыктывкарский государственный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

peace.anna@yandex.ru, dim1822@yandex.ru

Основным способом очистки сточных вод малых предприятий от нефти является фильтрование через фильтры с наполнителями (уголь, торф, целлюлоза, базальтовое волокно, нетканые материалы и др.). Однако нефтеудерживающая способность данных материалов небольшая, поэтому предприятиями обычно сбрасываются слабо очищенные сточные воды. Повысить уровень очистки можно за счёт введения в очистную систему нефтеокисляющих микроорганизмов, которые будут разлагать углеводороды нефти. Многие виды микроскопических водорослей применяют в качестве индикаторов органического загрязнения водоемов и их санитарно-биологической оценки. Они, как фототрофные организмы, обогащают водную среду кислородом, способствуя тем самым ускорению окислительных процессов и минерализации органических примесей в сточных водах (Горюнова и др., 1969; Баринаева, Медведева, 1996; Фауна ..., 1984). Однако применение специально подобранных штаммов микроорганизмов в данных системах очистки требует решения проблемы закрепления клеток микроорганизмов-нефтедеструкторов на фильтрующих носителях.

Цель работы – разработка и исследование искусственной биосистемы на основе нетканых волокнистых материалов и иммобилизованных на них микроорганизмов для использования в очистке сточных вод от нефтепродуктов.

При создании искусственной биосистемы опирались на структуру флокулы активного ила очистных сооружений, которая представляет собой сложный комплекс, состоящий из органических и неорганических частиц, внеклеточного полимерного вещества, филаментных, свободных и закреплённых на органическом волокне одиночных и колониальных бактерий (Козлов и др., 2012).

Культуры микроводорослей *Acutodesmus obliquus* и *Chlorella vulgaris* (SykoA Ch-010-09) (Новаковская, Патова, 2012), которые были взяты из коллекции SykoA Института биологии Коми НЦ УрО РАН (г. Сыктывкар) выращивали на среде Тамия следующего состава: на 1 дм³ воды – KNO₃ – 5 г, MgSO₄*7H₂O – 2,5 г, KH₂PO₄*3H₂O – 1,25 г, FeSO₄ – 0,003 г. Культуры нарабатывали в режиме освещения фитолампой OSRAM L 18W/77, при постоянной аэрации и комнатной температуре. Далее была проведена работа по оценке закрепления данных микроводорослей на полимерных волокнистых материалах из нетканки. Ввиду того, что материал нетканых волокон является довольно инертным материалом, применяли модифицирующие агенты, такие как катионный крахмал (КК), а также приготовленный собственноручно полиакриламидный гель. Условия опытов приведены в таблице. Перед закреплением культуры *Acutodesmus obliquus*, образец волокнистого нетканого материала массой 1 г помещали в раствор катионного крахмала концентрацией 0,5 мг/см³ на 1 ч и

выдерживали при комнатной температуре. Далее образец вынимали и высушивали при 100 °С до воздушно-сухого состояния. После этого образец материала помещали на 24 часа в культуральную жидкость штамма микроводоросли. По окончании, замачиваем образцы в 1 дм³ водопроводной воде, перемешивали и оценивали смыв клеток на микроскопе.

На первом этапе взвешивали 3 образца волокнистого материала из нетканки по 3 г каждый. Наносили на один образец первый раствор геля, на другой частично гидролизованный. Сушили образцы. Далее помещали 3 образца в стаканы, вместимостью 100 см³ приливали по 100 см³ культуральной жидкости одноклеточной микроводоросли *Chlorella vulgaris* и оставляли на сутки для закрепления. После этого замачивали образцы в 1 дм³ водопроводной воды, перемешивали и оценивали смыв клеток на микроскопе.

На следующем этапе использовали культуру штамма микроводоросли *Chlorella vulgaris* и культуру нефтеокисляющих дрожжей *Rhodotorulla glutinis* (*Rhodotorula sp.* 28-18-2), выделенную из нефтезагрязненных почв Усинского района Республики Коми и проявляющие способность к деструкции широкого спектра нефтяных углеводородов. Препараты на основе испытуемого штамма получали методом глубинной ферментации на стерильной полусинтетической среде, содержащей минеральные соли (из расчета на 1 л воды NaNO₃ –3; K₂HPO₄ –1; MgSO₄ – 0,5; KCl – 0,5; FeSO₄ – 0,01) и в качестве источника углерода сахарозу 20 г/дм³. Титр клеток в готовом препарате составлял 10⁷ клеток на 1 см³. Условия культивирования: температура – 30 °С, естественное освещение, при 180 об/мин.

Таблица

Условия экспериментов

Образец	Условия
1	Крупное волокно+ <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Rhodotorulla glutinis</i>
2	Крупное волокно + <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Rhodotorulla glutinis</i> + ПАА
3	Крупное волокно + <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Rhodotorulla glutinis</i> + частично гидролизованный ПАА
4	Тонкое волокно + <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Rhodotorulla glutinis</i>
5	Тонкое волокно + <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Rhodotorulla glutinis</i> + ПАА
6	Тонкое волокно + <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Rhodotorulla glutinis</i> + частично гидролизованный ПАА

Далее образцы высушивали и оценивали смыв закрепленных клеток, пропуская через каждый образец в колонке по 1 дм³ водопроводной воды.

После этого помещали образцы в плоскодонные колбы вместимостью 150 см³, приливали 100 см³ водопроводной воды, затем добавляли в каждую колбу по 2 капли нефти (примерно 70 мг) и инкубировали на качалке в течение 1 недели. По окончании, визуально оценивали состояние и распределение нефти на волокнистых образцах.

Для образцов нетканого волокна, обработанных катионным крахмалом характерно после смыва наличие на волокне, как одиночных клеток *Acutodesmus obliquus*, так и небольших колоний. Причем в первом случае закрепление, возможно, происходит за счет микродефектов на самом волокне, во

втором за счет концентрации клеток вокруг частиц КК. Для культуры клеток *Chlorella vulgaris* без модификации волокна также наблюдается наличие лишь единичных клеток, причем в основном в межволоконном пространстве. Наличие ПАА на волокне обеспечивает после смыва сравнительно большее количество клеток в форме колоний, что говорит о достаточно сильных взаимодействиях между данным неионогенным полимером и поверхностью микроводорослей (возможно за счет водородных связей). Наибольшее количество клеток *Chlorella vulgaris* закрепленных на нетканом волокне наблюдали при использовании в качестве модификатора частично гидролизованного ПАА, и переведенного таким образом в анионную форму. Таким образом, использование высокомолекулярных ионогенных модификаторов для нетканого волокна достаточно эффективно с целью иммобилизации и последующим использованием в проточных системах.

Как и в случае водорослей, применение ПАА в качестве модификатора способствует закреплению на нетканом волокне крупных колоний нефтеокисляющих микроорганизмов, а также микроводорослей. После опыта со смывом на не обработанном волокне с трудом можно найти одиночные клетки, в то время как на обработанных волокнах сохраняются достаточно большие колонии в местах концентрации ПАА. Как следствие, в опытах с нанесением нефти для образцов, характеризующихся наибольшим смывом клеток микроорганизмов, наблюдается наименьшее изменение исходного состояния нефтяных включений. Более значительное воздействие на нефтяные капли выявлено для образцов нетканого волокна с модификатором, что, безусловно, является следствием оставшихся после смыва микроорганизмов. Более сильное расслоение нефти для образцов 3 и 6 возможно обусловлено наличием дополнительных ионных групп, имеющихся у частично гидролизованного ПАА.

Были созданы и исследованы искусственные биосистемы, на основе нетканых волокнистых материалов и иммобилизованных на них микроорганизмов для использования в очистке сточных вод от нефтепродуктов. Было обнаружено, что, при использовании ПАА, после смыва на волокне остается значительное количество клеток микроводорослей в форме колоний, чем по сравнению с волокном без ПАА. Больше количество клеток *Chlorella vulgaris* видно на волокнах, обработанных частично гидролизованным ПАА. Это говорит о том, что закрепление микроводорослей на волокне происходит лучше, при использовании ионогенных модификаторов. Нефтеокисляющие микроорганизмы, а также микроводоросли, эффективно закрепляются на нетканом волокне при применении ПАА в качестве фиксатора. ПАА способствует сохранению больших колоний после смыва на обработанных волокнах. Содержание нефтепродуктов снижается на толстом и тонком волокнах при обработке их ПАА, еще больше снижается при обработке их частично гидролизованным ПАА, что, возможно, обусловлено тем, что дополнительные ионогенные группы способствуют закреплению большего количества микроорганизмов после смыва. ПАА является эффективным связующим звеном между микроорганизмами и неткаными волокнами в искусственной биосистеме, по аналогии с внеклеточными полимерными веществами природной флоры активного ила.

Литература

- Горюнова С. В., Ржанова Г. Н., Орлеанский В. К. Синезеленые водоросли (биохимия, физиология, роль в практике). М.: Наука, 1969. 300 с.
- Барина С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей – индикаторов сапробности (российский дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с
- Фауна азротенков (Атлас) / Под ред. Л. А. Кутиковой. Л.: Наука, 1984. 264 с.
- Козлов М. Н., Дорофеев А. Г., Асеева В. Г. Микробиологический контроль активного ила биореакторов очистки сточных вод от биогенных элементов. М.: Наука, 2012. 80с.
- Новаковская И. В., Патова Е. Н. Коллекция живых штаммов микроводорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН и перспективы ее использования // Изв. Коми научного центра УрО РАН, 2012. № 2 (10). С. 36–41.

БИОКОНВЕРСИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА В ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 И *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405

Л. В. Никитюк, И. Ю. Павлюковец, К. А. Береговая
Национальный университет пищевых технологий, Киев,
liya.nikityuk@mail.ru, ira.morgana@mail.ru, khrystyia91@ukr.net

Синтетические поверхностно-активные веществ (ПАВ) являются одними из наиболее востребованных на рынке химических соединений. Они используются в различных отраслях промышленности, в медицине и сельском хозяйстве. Ежегодно производство синтетических ПАВ составляет около 13 млн т в год (Joshi-Navare, 2013). Однако существенным их недостатком является токсичность и устойчивость к биологической деструкции. Альтернативой синтетическим ПАВ могут стать микробные поверхностно-активные вещества, лишенные этих недостатков (Joshi-Navare, 2013; AccorsiniIv, 2012; Rikalovic, 2012). ПАВ микробного происхождения характеризуются постоянством свойств в широком диапазоне температуры и pH, а также их можно получать на основе промышленных отходов (Joshi-Navare, 2013; AccorsiniIv, 2012; Rikalovic, 2012; Пирог, 2014).

В работах (Pirog, 2009; Pirog, 2013; Пирог, 2014) сообщается о способности изолированных из загрязненных нефтью образцов почвы штаммов *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 и *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 синтезировать метаболиты с поверхностно-активными и эмульгирующими свойствами на углеводородных и гидрофильных (этанол, глицерин) субстратах.

На сегодняшний день перспективными субстратами для получения микробных ПАВ являются различные растительные масла, в том числе и отработанные (пережаренные) (Joshi-Navare, 2013; AccorsiniIv, 2012; Rikalovic, 2012). Так, *Candida bombicola* ATCC22214 и *Candida antarctica* синтезировали 15,25 и 13,86 г/л софоролипидов на масле яatroфы (100 г/л) и соевом масле (65 г/л) соответственно (AccorsiniIv, 2012; Rikalovic, 2012). Выращивание *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 на среде с подсолнечным маслом (3,5 %) сопровождалось образованием 4,07 г/л ПАВ (Rikalovic, 2012)

В то же время, в литературе, нам не удалось найти сведений о синтезе ПАВ на маслосодержащих субстратах бактериями родов *Acinetobacter* и *Nocardia*. В работе (Pirog, 2013) была установлена возможность синтеза поверхностно-активных веществ *A. calcoaceticus* IMB B-7241 и *N. vaccinii* IMB B-7405 на отходах масло-жировой промышленности (фузы).

Отметим, что в Украине выброс отработанного подсолнечного масла в окружающую среду не регламентируется, а одним из путей утилизации этого токсичного отхода является использование его в качестве субстрата в биотехнологических процессах.

В связи с изложенным выше цель данной работы – исследовать возможность синтеза ПАВ *A. calcoaceticus* IMB B-7241 и *N. vaccinii* IMB B-7405 на подсолнечном масле.

Объекты исследования – штаммы *A. calcoaceticus* IMB B-7241 и *N. vaccinii* IMB B-7405, зарегистрированные в Депозитарии микроорганизмов Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного Национальной академии наук Украины.

Штамм *A. calcoaceticus* IMB B-7241 выращивали в жидкой питательной среде, (г/л): $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ – 0,35; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; NaCl – 1,0; Na_2HPO_4 – 0,6; KH_2PO_4 – 0,14. В среду дополнительно вносили дрожжевой автолизат – 0,5% (по объему) и раствор микроэлементов – 0,1% (по объему). Раствор микроэлементов содержал (г/100 мл): $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 1,1; $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ – 0,6; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – 0,004; $\text{CoSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,03; H_3BO_3 – 0,006; KI – 0,0001; ЭДТА (трилон Б) – 0,5.

N. vaccinii IMB B-7405 культивировали в среде такого состава (г/л): NaNO_3 – 0,5; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; $\text{CaCl}_2 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; KH_2PO_4 – 0,1; $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1. Дополнительно в среду вносили дрожжевой автолизат (0,5% по объему).

В качестве источника углерода использовали подсолнечное масло в концентрации 2–5% (по объему). В одном из вариантов в среде культивирования обоих штаммов увеличивали в 2–3 раза содержание источника азота. В качестве посевного материала использовали культуры из экспоненциальной фазы роста, выращенные на соответствующих жидких средах, содержащих 1% (по углеводам) мелассы в качестве источника углерода. Отметим, что с целью сокращения лаг-фазы в биотехнологических процессах в среде для получения инокулята и биосинтеза целевого продукта используют одинаковые субстраты (Подгорский, 2010). Однако в работе (Пирог, 2014) было показано, что использование инокулята, выращенного на мелассе, сопровождалось повышением синтеза ПАВ *A. calcoaceticus* IMB B-7241 и *N. vaccinii* IMB B-7405 на маслосодержащих отходах.

Количество посевного материала составляло 10% от объема питательной среды. Культивирование осуществляли в колбах объемом 750 мл с 100 мл среды на качалке (320 об./мин) при 28–30° С в течение 120 ч.

Способность к синтезу ПАВ оценивали по таким показателям: условная концентрация ПАВ (ПАВ*, безразмерная величина), а также количество синтезированных ПАВ (г/л), которые определяли как описано ранее (Pirog, 2009; Подгорский, 2010; Pirog, 2013; Пирог, 2014).

Все опыты проводили в трех повторностях. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Лакину (Лакин, 1990).

Результаты исследований показывают, что максимальная концентрация ПАВ *A. calcoaceticus* ИМВ В-7241 и *N. vaccinii* ИМВ В-7405 (5,2 и 3,3 г/л соответственно) наблюдалась при содержании подсолнечного масла в среде, равном 2%. Дальнейшее увеличение концентрации субстрата в среде до 4 и 5% сопровождалось снижением показателей синтеза (причем как показателя ПАВ*, так и концентрации ПАВ).

Одним из факторов, определяющих эффективность технологий микробного синтеза, является соотношение С/Н в среде культивирования продуцентов практически ценных метаболитов (Подгорский, 2010). В данной работе, повышая до 5% концентрацию подсолнечного масла в среде культивирования *A. calcoaceticus* ИМВ В-7241 и *N. vaccinii* ИМВ В-7405, мы не изменяли содержание в ней источника азота.

Поэтому на следующем этапе исследовали синтез ПАВ штаммами ИМВ В-7241 и ИМВ В-7405 на средах, в которых концентрация мочевины и нитрата натрия была увеличена в 2–3 раза по сравнению с их содержанием в исходной среде.

Эксперименты показали, что повышение концентрации источника азота до 1,0–1,5 г/л в среде культивирования *N. vaccinii* ИМВ В-7405, содержащей 3–4% подсолнечного масла, не сопровождалось повышением концентрации ПАВ по сравнению с показателями на среде с 0,5 г/л нитрата натрия. Таким образом, оптимальная концентрация масла в среде культивирования штамма ИМВ В-7405, обеспечивающая максимальный синтез ПАВ, составляет 2–3%, и дальнейшее повышение содержания ростового субстрата нецелесообразно.

Другие закономерности наблюдали для штамма *A. calcoaceticus* ИМВ В-724. Повышение содержания мочевины в среде сопровождалось увеличением количества синтезируемых ПАВ. Максимальная концентрация ПАВ (7,3 г/л) достигалась на среде, содержащей 1 г/л мочевины и 4% подсолнечного масла.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности синтеза поверхностно-активных веществ при культивировании *A. calcoaceticus* ИМВ В-7241 и *N. vaccinii* ИМВ В-7405 на среде с повышенным содержанием подсолнечного масла. Эти данные являются основой для разработки технологии получения ПАВ с использованием в качестве субстрата отработанного (пережаренного) масла.

Литература

Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990. 352 с.

Пирог Т. П., Софилканич А. П., Покора К. А., Шевчук Т. А., Иутинская Г. А. Синтез поверхностно активных веществ *Rhodococcus erythropolis* ИМВ Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 и *Nocardia vaccinii* ИМВ В-7405 на промышленных отходах // Микроб. журн. 2014. Т. 76. № 2. С. 17–23.

Подгорский В. С., Иутинская Г. О., Пирог Т. П. Интенсификация технологий микробного синтеза. Киев: Наук. думка, 2010. 327 с.

Accorsini I. V. F. R., Mutton M. R., Lemos E. M., Benincasa M. Biosurfactants production by yeasts using soybean oil and glycerol as low cost substrate // *Braz. J. Microbiol.* 2012. V. 43. № 1. P. 116–125.

Joshi-Navare K., Khanvilkar P. and Prabhune A. Jatropha oil derived sophorolipids: production and characterization as laundry detergent additive // *Biochem. Res. Int.* 2013:169797. doi: 10.1155/2013/169797.

Pirog T., Shulyakova M., Sofilkanych A., Shevchuk T., Maschenko O. Biosurfactant synthesis by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac -5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241, *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 on byproduct of biodiesel product // *Food Bioprod. Proces.* 2013. DOI 10.1016/j.fbp.2013.09.003.

Pirog T., Sofilkanych A., Konon A., Shevchuk T., Ivanov S. Intensification of surfactants' synthesis by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Nocardia vaccinii* K-8 on fried oil and glycerol containing medium // *Food Bioprod. Proces.* 2013. V. 91. № 2. P. 149–157.

Pirog T. P., Antonuk S. I., Karpenko Y. V., Shevchuk T. A. The influence of conditions of *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 strain cultivation on surface-active substances synthesis // *Appl. Biochem. Microbiol.* 2009. V. 45. № 3. P. 272–278.

Rikalovic M. G., Gojgic-Cvijovic G., Vrvic M. M. and Karadzic I. Production and characterization of rhamnolipids from *Pseudomonas aeruginosa* san-ai // *J. Serb. Chem. Soc.* 2012. V. 77. № 1. P. 27–42.

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *NOCARDIA VACCINII* IMB B-7405 В ДЕСТРУКЦИИ КОМПЛЕКСНЫХ, С ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ, НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Е. В. Панасюк

*Национальный университет пищевых технологий, Киев,
katia.panasyuk@mail.ru*

На сегодняшний день нефть и тяжелые металлы являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. По последним статистическим данным концентрация нефти и продуктов ее переработки в 5–10 раз превышают допустимые нормы. Кроме того, значительный ущерб биосфере и здоровью человека наносит избыточное содержание токсичных металлов в экосистемах (Malik, 2004). Чаще всего загрязнения окружающей среды являются комплексными (наличие как нефти, так и тяжелых металлов).

Одними из наиболее эффективных методов очистки таких загрязнений являются биологические, основанные на использовании микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности, в частности, поверхностно-активных веществ (ПАВ) (Gadd, 2010; Mulligan et. al., 2011).

В литературе описана способность рамнолипидов, софоролипидов, сурфактина и других липопептидов интенсифицировать очистку загрязненных металлами почв (Franzetti, 2010; Łodyga-Chruciska, 2010). Кроме того, поверхностно-активные вещества могут добавляться в промывные воды для повышения солиubilизации и десорбции металлов (Franzetti, 2010).

Цель данной работы – исследование защитных функций поверхностно-активных веществ *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 по отношению к тяжелым ме-

таллам и роли ПАВ в деструкции комплексных, с токсичными металлами, нефтяных загрязнений.

Культивирование бактерий осуществляли в среде следующего состава (г/л): KH_2PO_4 – 0,1; $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ – 0,1; NaNO_3 –0,5. В качестве источника углерода и энергии использовали глицерин в концентрации 1,5% (по объему).

Определение роли ПАВ в защите клеток от действия Cu^{2+} , Cd^{2+} и Pb^{2+} осуществляли следующим образом. Культуральную жидкость, полученную после выращивания штамма IMB В-7405 до середины экспоненциальной и стационарной фазы, центрифугировали (10000 g, 5 мин). Для отмывания осажденных клеток от остатков питательной, среды их суспендировали в стерильной водопроводной воде и повторно центрифугировали (10000 g, 5 мин), после чего ресуспендировали в том же объеме воды (суспензия клеток, лишенных ПАВ). Далее в пробирки типа erpendorf вносили по 1,5 мл культуральной жидкости (клетки + ПАВ) и суспензии клеток, лишенных ПАВ; добавляли 1,5–2,5 мМ Cu^{2+} , 0,1–0,5 мМ Cd^{2+} или 0,1–0,5 мМ Pb^{2+} в виде 0,1 М растворов солей $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$ и $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \times 3\text{H}_2\text{O}$, выдерживали в термостате при 30 °С в течение 1 ч, после чего определяли количество живых клеток по методу Коха на глюкозо-картофельном агаре (ГКА).

При изучении деструкции нефти в качестве препаратов ПАВ использовали культуральную жидкость и супернатант. Для получения супернатанта культуральную жидкость центрифугировали (5000 g) в течение 30 мин.

Для моделирования загрязненных нефтью и металлами водоемов в пластиковую емкость вносили 2 л бюветной воды, на поверхность которой наносили 6 мл нефти, после чего добавляли препараты ПАВ в концентрации 5% (по объему), а также 0,1–0,5 мМ Cu^{2+} . В качестве источника биогенных элементов использовали диаммонийфосфат (0,01%).

Результаты исследований показали, что ПАВ *N. vaccinii* IMB В-7405 защищают клетки продуцента от действия катионов тяжелых металлов. Выживаемость клеток *N. vaccinii* IMB В-7405 в присутствии катионов металлов и ПАВ зависела от фазы роста продуцента: клетки из экспоненциальной фазы оказались более устойчивыми к 1,5–2,5 мМ Cu^{2+} , 0,1–0,5 мМ Cd^{2+} или 0,1–0,5 мМ Pb^{2+} , чем из стационарной.

При внесении в суспензию штамма IMB В-7405, содержащую ПАВ, 1,5–2,0 мМ Cu^{2+} выживало на 10–16% больше клеток, чем без поверхностно-активных веществ. В присутствии 0,1–0,3 мМ Cd^{2+} (Pb^{2+}) и ПАВ выживаемость клеток составляла 45–81%, в то время как после удаления ПАВ снижалась до 13–45%. Внесение более высоких (0,5 мМ) концентраций Cd^{2+} и Pb^{2+} сопровождалось гибелью всех клеток *N. vaccinii* IMB В-7405, лишенных ПАВ, а в присутствии поверхностно-активных веществ выживало до 19% клеток.

Отметим, что клетки *N. vaccinii* IMB В-7405 выдерживали более высокие концентрации Cu^{2+} (1,5–2,5 мМ), чем клетки *Acinetobacter calcoaceticus* IMB В-7241 (0,5 мМ) и *Rhodococcus erythropolis* IMB Ас-5017 (0,01 мМ) (Пирог и др., 2013; Филюк и др., 2012).

На следующем этапе исследовали влияние препаратов ПАВ *N. vaccinii* IMB В-7405 в виде супернатанта и культуральной жидкости на деструкцию нефти в воде, содержащей Cu^{2+} (0,1–0,5 мМ) (таблица). Из данных, представленных в таблице видно, что в присутствии обоих препаратов ПАВ штамма IMB В-7405 наблюдали повышение степени деструкции нефти до 70–75%, а при внесении 0,1 мМ Cu^{2+} она была максимальной и составляла 94–98%.

Мы предполагаем, что одним из механизмов, способствующих повышению деструкции нефти в присутствии катионов меди, может быть стимуляция Cu^{2+} активности алкангидроксилазы как штамма-продуцента ПАВ, так и природной нефтеокисляющей микробиоты, а другим – проявление защитных функций ПАВ. Кроме того, ПАВ солюбилизуют нефть и повышают ее доступность для нативной нефтеокисляющей микробиоты, о чем свидетельствовало увеличение к концу эксперимента на четыре порядка общего количества микроорганизмов воды во всех вариантах, обработанных препаратами ПАВ *N. vaccinii* IMB В-7405.

Таблица

Деструкция нефти в воде в присутствии ПАВ *N. vaccinii* IMB В-7405 и Cu^{2+}

Препарат ПАВ	Концентрация Cu^{2+} в загрязненной нефтью воде, мМ	Степень деструкции нефти, %
Культуральная жидкость	0	75
	0,1	98
	0,5	89
	0	70
Супернатант	0,1	94
	0,5	85
Контроль (без ПАВ и Cu^{2+})		15

Примечание: при определении деструкции нефти погрешность не превышала 5%. Экспозиция 20 сут.

На заключительном этапе осуществляли сравнение эффективности препарата «Деворойл», состоящего из 5 углеводородокисляющих бактерий и дрожжей, с препаратами ПАВ штамма IMB В-7405 в виде культуральной жидкости. Выбор «Деворойла» среди многих других препаратов был обусловлен тем, что он является одним из первых, появившихся на рынке, а также наиболее известным и изученным. Установлено, что при использовании препарата «Деворойл» степень деструкции нефти в воде через 28 сут составляла 68%, а в аналогичных условиях в присутствии препаратов ПАВ *N. vaccinii* IMB В-7405 наблюдали деграцию 94–95% нефти, при этом количество клеток природной микробиоты воды было выше, чем после обработки «Деворойлом».

По нашему мнению, установленная для «Деворойла» относительно низкая степень деструкции нефти может быть обусловлена недостаточным содержанием в загрязненной нефтью воде биогенных элементов, необходимых для активации нефтеокисляющей микрофлоры, входящей в состав этого препарата. Так, требуемое содержание источников азота и фосфора превышает, как минимум, на порядок концентрацию биогенных элементов, используемую в данной работе [www.o8ode.ru/article/answer/method/oil_water.htm]. Кроме того, одним

из недостатков препаратов на основе биомассы является наличие в их составе микроорганизмов, неадаптированных к определенным природным условиям. При обработке загрязненных нефтью территорий препаратами микробных ПАВ в результате солюбилизации нефти происходит активация природной нефтеокисляющей микробиоты, не требующей адаптации к условиям их обитания, что существенно ускоряет процессы деструкции углеводов.

Таким образом, представленные данные являются основой для разработки природоохранных технологий с использованием ПАВ *N. vaccinii* ИМВ В-7405 для удаления как тяжелых токсичных металлов, так и комплексных загрязнений, содержащих различные углеводороды и металлы.

Литература

Пирог Т. П., Конон А. Д., Софилканич А. П., Шевчук Т. А., Парфенюк С. А. Влияние Cu^{2+} на синтез поверхностно-активных веществ *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 и *Rhodococcus erythropolis* ИМВ Ас-5017 // Микробиол. журнал. 2013. Т. 75, № 1. С. 3–13.

Филюк И. В., Софилканыч А. П., Пирог Т. П. Защитные функции поверхностно-активных веществ *Rhodococcus erythropolis* ИМВ Ас-5017 и *Acinetobacter calcoaceticus* ИМВ В-7241 // Пищевая промышленность. 2012. № 10–11. С. 121–126.

Franzetti A. Applications of biological surface active compounds in remediation technologies // Adv. Exp. Med. Biol. 2010. V. 672. № 11. P. 121–134.

Łodyga-Chruciska E. Biosorption of heavy metals – modern and cheap method of polluted wastewater treatment // J. Agric. Food. Chem. 2010. V. 74. № 7. P. 99–106.

Gadd G. M. Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation // Microbiology. 2010. Vol. 156. № 3. P. 609–643.

Malik A. Metal bioremediation through growing cells // Environ. Int. 2004. Vol. 30. № 9. P. 261–278.

Mulligan C. N., Yong R. N., Gibbs B. F. Heavy metal removal from sediments by biosurfactants // J. Hazard. Mater. 2001. Vol. 85. № 1–2. P. 111–120.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА РАЗВИТИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ (обзор)

В. С. Воронина

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
v.simackowa2012@yandex.ru*

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – вещества, которые могут адсорбироваться на поверхности раздела различных фаз (жидкость – газ, жидкость – жидкость, жидкость – твердое тело, твердое тело – газ) (Урюпина и др., 2000). ПАВ влияют на скорость парообразования через образование градиентов поверхностного натяжения на поверхности парового пузыря (Ахметов, 2005; Шарифуллин и др., 2003). ПАВ, попадая в окружающую среду, влияют на различные группы организмов, в том числе и микроорганизмы.

Микроорганизмы – это самые массовые обитатели нашей планеты, их общая биомасса больше биомассы всех других живых существ, вместе взятых. Чрезвычайная лабильность метаболизма бактерий позволяет им жить практически повсеместно, в любых условиях. Благодаря широкому диапазону условий

существования и разнообразию типов обмена микроорганизмы заселяют почти все элементы геологической среды, среди которых с точки зрения микробиологии наиболее изучены почвы. В процессе жизнедеятельности микроорганизмы используют различные химические элементы и обладают почти универсальной способностью выполнять те или иные геохимические функции (Петриков, 2011).

По мнению различных ученых, ПАВ на микроорганизмы влияют специфически или неспецифически. Так, одни ученые предполагают, что ПАВ действуют на микроорганизмы специфически, поскольку неионогенные ПАВ (НПАВ), которые понижают поверхностное натяжение, почти не обладают антимикробной активностью. По мнению других ученых, неспецифическое действие на клетку обычно проявляется при достаточно высоких концентрациях веществ. Оно может быть связано с неблагоприятным для микроорганизма изменением поверхностного натяжения, рН, с установлением высокого осмотического давления и т.д. (Щукин и др., 2004).

С практической точки зрения исследователей интересуют те группы микроорганизмов, которые могут участвовать в деструкции ПАВ.

Так, штаммы бактерий *Sphingobacterium canadense*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Staphylococcus warneri*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bac. cereus*, *Bac. licheniformis*, *Bac. safensis*, *Bac. tequilensis*, *Bac. vallismortis*, используются в качестве деструкторов ПАВ (катионные (КПАВ) и анионные (АПАВ)) в интервале температур 20–45 °С и концентрации хлорида натрия до 5,0%.

Наиболее активными деструкторами КПАВ оказались штаммы спорообразующих бактерий, которые по активности располагаются в следующей последовательности: *Bacillus cereus* > *Bac. safensis* > *Bac. tequilensis* > *Bac. vallismortis* > *Staphylococcus warneri* > *Bac. licheniformis*, *Sphingobacterium canadense*, *Stenotrophomonas maltophilia* > *Bac. amyloliquefaciens* (Шарифуллин и др., 2003; Щукин и др., 2004).

При отслеживании динамики численности бактериальных культур в процессе деструкции КПАВ среди неспорообразующих бактерий максимальную и стабильную численность у *Sphingobacterium canadense*, спорообразующих – *Bacillus amyloliquefaciens*.

Наиболее активными деструкторами АПАВ являются штаммы спорообразующих бактерий, и по активности деструктировать АПАВ все изучаемые штаммы располагаются в следующей последовательности: *Bac. cereus* > *Stenotrophomonas maltophilia* > *Bac. vallismortis* > *Bacillus amyloliquefaciens* > *Bac. safensis* > *Sphingobacterium canadense* > *Bac. tequilensis* > *Bac. licheniformis* > *Staphylococcus warneri* (Шарифуллин и др., 2003; Щукин и др., 2004).

При изучении воздействия СПАВ на автотрофные организмы установлено ингибирование роста диатомовых водорослей *Thalassiosira pseudonana* (Hustedt) Hasle et Heimdal и эвгленовых водорослей. При воздействии СПАВ на гетеротрофные организмы происходит ингибирование роста морских бактерий (протейкобактерий *Huyphomonas sp.*).

Образование СПАВ приводит к уменьшению прочности и снижению липкости при развитии микроорганизмов в восстановительных условиях (Звягинцев, 2003).

БиоПАВ способствуют солюбилизации углеводов, образованию мелкодисперсной эмульсии, в результате чего облегчается контакт микробных клеток с гидрофобным субстратом (гексадекан) и поступление его внутрь клетки. Также микроорганизмы являются эффективными продуцентами поверхностно-активных веществ при росте на гидрофильных (глюкоза). Так, при росте на глюкозе *Rhodococcus sp.* образуют эндо-биоПАВ, связанные с клеточной стенкой бактерий (Михайлова, Геращенко, 2001).

Источник углерода может оказывать значительное влияние на образование биоПАВ. Синтез биосурфактантов часто наблюдается у различных микроорганизмов при росте на гидрофобных субстратах: углеводороды, растительные жиры. С другой стороны, интенсивное образование биосурфактантов наблюдается и при росте микроорганизмов на гидрофильных источниках углерода (глюкоза, глицерин), как, например, у представителей вида *P. aeruginosa*.

Гексадекан стимулирует интенсивное образование биоПАВ. Содержание биосурфактантов в культуральной среде для всех микроорганизмов, достигнутое при использовании этого субстрата высокое для штамма *Rhodococcus sp.* Наблюдается значительное снижение поверхностного натяжения (до 34–31 мН/м). Имеет наибольшие значения эмульгирующей активности и индексов эмульгирования.

Отсюда, родококки более эффективные продуценты биосурфактантов при росте на гидрофобном источнике углерода и энергии, чем псевдомонады. Исходя из совпадения индексов эмульгирования культуральной жидкости и бесклеточного супернатанта, а также высоких значений эмульгирующей активности, можно заключить, что биоПАВ, образуемые микроорганизмами на гексадекане относятся к экзо-типу, то есть выделяются в среду культивирования. Это позволяет проводить экстракцию биосурфактантов из бесклеточного супернатанта, что упрощает процедуру очистки (Максимович, Хмурчик, 2012).

Таким образом, все микроорганизмы-нефтедеструкторы, входящие в состав биопрепаратов для биоремедиации, способны синтезировать биоПАВ. Наиболее эффективными продуцентами биосурфактантов экзо-типа являются родококки при росте на гексадекане, а при росте на глюкозе они образуют клеточносвязанные биоПАВ (эндо-тип) (Курапов и др., 2010).

В настоящее время биоПАВ являются объектами пристального изучения. Их преимущество перед синтетическими ПАВ состоит в том, что они высокоэффективны, биodeградебельны и обладают низкой токсичностью (Расва-Росинiczak, 2011).

Эмульгирование (солюбилизация) углеводов с помощью ПАВ улучшает поступление гидрофобных органических загрязнителей из почв и воды в микробные клетки и, соответственно, их деградацию (Нгуен, Сопрунова, 2011).

СПАВ, поступающие в водные экосистемы, могут оказывать нежелательные воздействия на организмы и структурно-функциональные параметры экосистем. При этом существенна потенциальная опасность нарушения

процессов фильтрации воды и самоочищения водных экосистем в результате загрязнения ПАВ, отсюда водная биота как блок экосистемы (включая не только микробиоту, но и макробиоту) является лабильным и уязвимым звеном системы самоочищения воды. Предотвращение антропогенного снижения самоочистительного потенциала водных экосистем является необходимым условием устойчивого неистощительного использования ресурсов водных экосистем.

Некоторые из описанных или количественно охарактеризованных выше биологических эффектов относятся к сублетальным, субтоксическим эффектам; некоторые эффекты связаны с изменением поведения. Это говорит о потенциальной экологической опасности сублетальных концентраций СПАВ и связанных с ними физиологических и поведенческих реакций организмов на антропогенные воздействия (Pedersen, 2000).

Литература

Ахметов Т. Р. Влияние поверхностно-активных веществ на процесс парообразования при пузырьковом кипении воды: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2005. 20 с.

Звягинцев Д. Г. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. М.: МГУ, 2003. 176 с.

Курапов А. А., Умербаева Р. И., Гриднева В. В. Микроорганизмы в процессах деструкции нефти в водоемах // Юг России: экология, развитие, 2010. № 4. С. 86–88.

Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т. Влияние микроорганизмов на минеральный состав и свойства грунтов // Вестник пермского университета, 2012. № 3 (16). С. 47–54.

Михайлова И. В., Геращенко И. И. БиоПАВ и солибилизация углеводов // Коллоидный журнал, 2001. № 4. С. 482–485.

Нгуен В. Т., Сопрунова О. Б. Поиск и выявление новых бактериальных штаммов и с полифункциональными свойствами в техногенных субстратах // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. № 5(3) С. 167–170.

Петриков К. В. Биологические поверхностно-активные вещества, продуцируемые микроорганизмами-нефтедеструкторами родов *Pseudomonas* и *Rhodococcus*: Дис. ... канд. хим. наук. М., 2011. 136 с.

Соколова В. В. Углекислотфиксирующие бактерии и ассимиляционный потенциал морской воды Северного Каспия: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2012. 17 с.

Соколова В. В. Биоиндикация морских штаммов-нефтедеструкторов // Автотрофные микроорганизмы: Материалы Всерос. симпозиум с междунар. участием. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 90.

Урюпина О. Я., Михайлова С. С., Серебрякова Н. В. и др. ПАВ и микроорганизмы // Коллоидный журнал, 2000. № 5. С. 693–699.

Шарифуллин В. Н., Ахметов Т. Р., Шарифуллин А. В. Влияние поверхностно-активных веществ на скорость парообразования при пузырьковом кипении воды // Химическая технология, 2003. № 11. С. 48–52.

Шукин Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия. М.: Высшая школа, 2004. 445 с.

Pacwa-Plociniczak M. Environmental Applications of Biosurfactants: Recent Advances // Int. J. Mol. Sci, 2011. V. 12. P. 633–654.

Pedersen K. Exploration of deep intraterrestrial microbial life: current perspectives // Microbiological Letters, 2000. V. 185. P. 9–16.

МИКРОБНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ САНАТОРИЯ «НИЖНЕ-ИВКИНО»

Л. В. Кондакова^{1,2}, Л. И. Домрачева^{1,2,3}, Л. В. Трефилова³,
С. Ю. Огородникова^{1,2}, О. Н. Малыгина³

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,

² Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

³ Вятская государственная сельскохозяйственная академия,
ecolab2@gmail.com

Лечебные грязи (пелоиды) образуются в естественных условиях под влиянием факторов геологической, геохимической, климатической, биологической и другой природы. Материалом для образования лечебных грязей служат минеральные частицы, органические вещества, коллоидные частицы органического и неорганического состава, вода. Формирование грязей происходит под воздействием микроорганизмов, число которых может достигать 1 миллиарда и более в одном грамме сухой грязи. В результате биохимических процессов, протекающих с их участием, грязь обогащается биогенными компонентами, многие из которых проявляют терапевтическую активность. Лечебная грязь является живой, активной, постоянно возобновляющейся биосистемой, обладает высокой пластичностью, теплоемкостью, содержит биологически активные вещества (соли, газы, витамины, гормоны и др.) и микроорганизмы. Изучение состава микроорганизмов, принимающих участие в формировании лечебной грязи, имеет теоретический и практический интерес.

Целью исследования являлось изучение микробного комплекса лечебных грязей санатория «Нижне-Ивкино» (Кировская область).

Лечебные грязи санатория сульфидно-иловые озерно-ключевого типа, залегают в старице реки Ивкинка. По комплексу физико-химических показателей они относятся к низко минерализованным слабо- и среднесульфидным. Грязи представляют собой черные с маслянистым блеском илы, мягкие, с запахом сероводорода. Обладают отличным терапевтическим эффектом. Для исследования были взяты образцы природной и регенированной лечебной грязи.

Выявление видового состава фототрофных микроорганизмов проводилось методом постановки чашечных и водных культур (Штина, Голлербах, 1976). Состав гетеротрофных микроорганизмов определяли путем высева на селективные питательные среды. Определяли численность трех физиологических групп микроорганизмов: аммонификаторов (на среде МПА), сульфатредуцирующих бактерий (на среде Постгейта В) и грибов (на среде Чапека).

Изучение ферментного комплекса (каталазы и уреазы) проводили методами почвенной энзимологии (Хазиев, 2005).

Фототрофные микроорганизмы. В лечебной грязи санатория выявлены фототрофные микроорганизмы: *Nostoc paludosum*, *Trichromus variabilis*, *Calothrix elenkinii* (азотфиксирующие цианобактерии), *Pseudanabaena catenata* (безгетероцистная цианобактерия), *Nitzschia palea*, *Navicula sp.* (диатомовые водоросли), *Chlorella vulgaris*, *Pseudococcomyxa simplex* (зеленые водоросли). При

прямом микроскопировании грязи отмечено большое количество панцирей диатомей (pp. *Navicula*, *Nitzschia*, *Achnantes* и др.) В культурах первыми развиваются колонии *Nostoc paludosum* (рис. 1), несколько позднее *Trichromus variabilis* (рис. 2).

Известно, что цианобактерии принимают активное участие в формировании лечебной грязи. Для гетеротрофных микроорганизмов они являются источником углеводов и других энергетических материалов. Цианобактерии выделяют в окружающую среду органические кислоты, аминокислоты, жирные кислоты, растворимые полисахариды, биологически активные вещества (эфирные масла, эфиры, альдегиды, спирты, витамины, антибиотические вещества) (Горюнова и др., 1969; Андреюк и др., 1990).

Гетеротрофные микроорганизмы. Анализ литературных источников показывает, что доминирующее положение в комплексе грязевых микроорганизмов занимают бактерии-аммонификаторы. Результаты наших исследований согласуются с литературными данными (таблица).



Рис. 1. *Nostoc paludosum*



Рис. 2. *Trichromus variabilis*

Таблица

Микробные комплексы природной и регенерированной лечебной грязи

Группы микроорганизмов	Численность микроорганизмов (тыс. КОЕ/г)	
	Природная грязь	Регенерированная грязь
Аммонификаторы	61,8±7,1	720,0±55,6
Сульфатредуцирующие бактерии	0,22±0,02	2,5±0,08
Грибы	19,5±3,8	70,0±1,4

Так, численность гнилостных бактерий в обоих вариантах существенно превышает численность других групп микроорганизмов. Именно эта группа бактерий играет важнейшую роль в минерализации белков и других азотсодержащих органических веществ, обогащая грязь аммонием, сероводородом и сульфатами.

Второе место по численности занимают плесневые грибы, которые активно размножаются только в аэробных условиях, т.е. в поверхностных слоях

лечебной грязи, но играют наиболее значимую роль в продуцировании экзоферментов.

Сульфатредуцирующие бактерии – одна из важнейших групп бактерий, участвующих в формировании лечебных грязей, развиваются только в анаэробных условиях при наличии значительного количества органического вещества. Сульфатредукция является одним из важнейших процессов, происходящих в лечебных грязях. Образующиеся сульфид-ионы, взаимодействуя с ионами железа, образуют сульфид железа – продукт, ценный в бальнеологическом отношении.

При регенерации природной грязи наблюдаются существенные изменения количественных параметров исследованных микробных комплексов. В регенерированной грязи происходит увеличение численности аммонификаторов в 11,6, сульфатредуцирующих бактерий – в 11,4 и грибов – в 3,4 раза.

Подобные изменения могут быть следствием изменения условий аэрации, что, в первую очередь, сказывается на активизации размножения грибов и гнилостных бактерий. Кроме того, возможно попадание посторонней микрофлоры в процессе использования грязи. Усиление продуцирования сульфат-иона при возрастании аэробности среды могут быть причиной возрастания численности сульфатредуцирующих бактерий.

При определении видового и группового состава бактерий выявлено, что среди аммонификаторов лидирующие позиции занимают спорообразующие бактерии р. *Bacillus* (в первую очередь, *B. mycoides* и *B. mesentericus*). Среди сульфатредукторов в природной грязи доминируют представители р. *Desulfovibrio*, а в регенерированной – споровые бактерии *Desulfotomaculum acetoxidans*.

Активность ферментов в лечебных грязях. Продуктами деятельности определённых физиологических групп микроорганизмов являются ферменты. Для бальнеологии наибольшее значение представляют два класса ферментов – оксидоредуктазы и гидролазы. Они тесно связаны с процессами формирования бальнеологической активности лечебной грязи (Холопов и др., 2003).

Гидролазы представляют обширный класс ферментов, осуществляющих реакцию гидролиза разнообразных сложных органических соединений, действуя на различные связи. Гидролазы играют важную роль в расщеплении сложных полимерных органических соединений на простые органические вещества, которые являются более подвижными и доступными для поглощения. К этому классу относятся ферменты: инвертаза, уреазы, фосфатаза и др.

Фермент уреазы (мочевинная амидогидролаза) – широко распространен в природе. Его источники – разнообразные микроорганизмы, например протей, геликобактерии, молочнокислые бактерии. Уреазы встречаются в растениях, но отсутствуют в тканях животных.

Оксидоредуктазы катализируют окислительно-восстановительные реакции, играющие ведущую роль в биохимических процессах в клетках живых организмов. Активность оксидоредуктаз является важным показателем биологической активности. К этому классу относятся ферменты: каталаза, дегидрогеназы, пероксидазы, полифенолоксидазы и др.

Каталаза (H_2O_2 -оксидоредуктаза) разлагает перекись водорода на воду и молекулярный кислород. Каталазу синтезируют практически все живые организмы, в ходе работы каталазы происходит разложение токсичной для клеток перекиси водорода и выделение кислорода, необходимого для жизнедеятельности клеток. Повышение и снижение каталазной активности косвенно указывает на состояние микробного комплекса, так как перекись водорода образуется в процессе дыхания микроорганизмов и в результате различных биохимических реакций.

Была изучена активность ферментов уреазы и каталазы в образцах лечебной грязи Н. Ивкино (рис. 3).

В природной лечебной грязи активность каталазы была низкой и составляла $0,5 \text{ мл } O_2/\text{г} \cdot \text{мин}^{-1}$. В данном образце процессы ферментативного разложения перекиси водорода с образованием кислорода происходят, но интенсивность их низка. Сходные значения каталазной активности выявлены в образце регенерированной грязи. Температурная обработка регенерированной лечебной грязи приводит к угнетению активности каталазы, ферментативное разложение перекиси водорода не происходит.

Изучена активность фермента уреазы, который катализирует разложение мочевины до аммиака. В образцах природной лечебной грязи активность уреазы составляла $2,74 \text{ мг } NH_3/10 \text{ г. грязи сут}^{-1}$. В регенерированной лечебной грязи активность уреазы выше на 30% по сравнению с природным образцом.

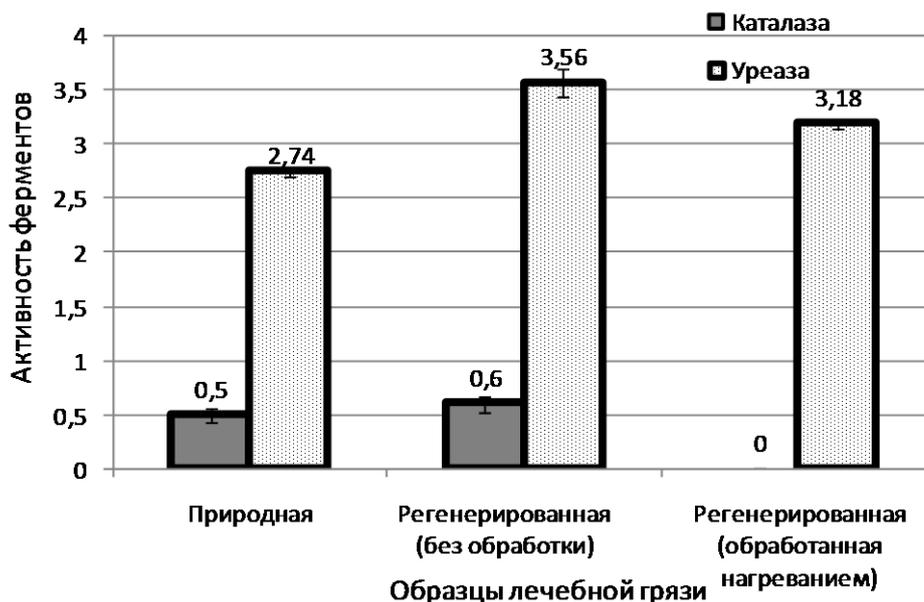


Рис. 3. Активность ферментов в образцах лечебной грязи Н. Ивкино

Выводы: В лечебной грязи санатория присутствуют фототрофные микроорганизмы, из которых преобладают азотфиксирующие цианобактерии: *Nostoc paludosum*, *Trichromus variabilis*.

В процессе использования и регенерации лечебной грязи значительно изменяется численность бактерий и грибов, активно участвующих в ее формировании.

Регенерация грязи приводит к увеличению активности гидролитического фермента уреазы. Дополнительный нагрев грязи инактивирует каталазу.

Литература

Андреюк Е. И., Коптева Ж. П., Занина В. В. Цианобактерии. Киев. Наук. думка 1990. 200 с.

Горюнова С. В., Ржанова Г. Н., Орлеанский В. К. Синезеленые водоросли (биохимия, физиология, роль в природе) Наука 1969. 288 с.

Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

Холопов А. П., Шашель В. А., Перов Ю. М., Настенко В. П. Грязелечение. Краснодар: Периодика Кубани, 2003. 283 с.

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

МИКРОБИОТА ПОСТАГРОГЕННОЙ ПОЧВЫ В ТУНДРОВОЙ ЗОНЕ

В. А. Ковалева, Ф. М. Хабибуллина, И. Б. Арчегова, А. Н. Панюков
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
kovaleva@ib.komisc.ru

Начиная с 90-х гг. прошлого века, происходит резкое сокращение сельскохозяйственных земель по всей территории России (Почвы..., 2002; Люри и др., 2010). В тундровой зоне Республики Коми также происходит сокращение площадей агроэкосистем, сельскохозяйственное освоение которых началось в 50–60-х гг. XX в. (Котелина и др., 1998; Посттехногенные экосистемы..., 2002). В ходе восстановления постагрогенной экосистемы, в почве меняются физические, химические и микробиологические процессы, имеющие в суровых климатических условиях определенную специфику. Микроорганизмы, как наиболее чувствительные к изменениям среды компоненты экосистемы, могут быть индикаторами изменений, происходящих в ходе постагрогенной сукцессии (Перспективы развития..., 2001). После прекращения сельскохозяйственного использования агроэкосистема переходит в состояние самовосстановительной сукцессии, которая в дальнейшем должна привести к формированию исходной тундровой экосистемы. Характеристика состояния микробоценоза почвы позволяет прогнозировать самовосстановление почвы и всей экосистемы в целом.

Цель исследования – изучение состояния микробиоты постагрогенной экосистемы в тундровой зоне.

Исследования проводили в подзоне южной кустарниковой тундры (Воркутинский район Республики Коми). Объектом исследования является многолетний сеянный луг после прекращения хозяйственного использования в 1998 году. В 1958 г. было проведено залужение ерниково-моховой тундры. После обработки почвы многократным дискованием по фону органического и минеральных удобрений были высеяны многолетние травы *Alopecurus pratensis* L. и

Poa pratensis L. В дальнейшем ежегодно вносили минеральные удобрения (N₃₀P₃₀K₃₀) и убирали урожай.

После снятия агрорежима луг продолжает функционировать. В травостое продолжают преобладать по обилию и обеспечивают около трети общей продукции именно сеяные виды трав, что свидетельствует об устойчивости многолетней агроэкосистемы. Этому способствует поступление элементов питания в результате разложения отмершей фитомассы.

Общая подземная фитомасса, по нашим данным, снижается с 7479,9 г/м² – в 1998 г. – последний год эксплуатации луга до 4113,7 г/м² – в 2001 г. – на 3-й год после прекращения ухода. При этом существенно уменьшилась именно масса живых корней с 21% до 6–7%. В последующие 10 лет трансформации луга подземная масса и доля живых корней остаются в тех же пределах. Видимо, для многолетнего сеяного луга в тундровой зоне доля живой фитомассы порядка 6–7% в общей подземной фитомассе является показателем его стабильного функционирования в новых условиях (при отсутствии агрорежима). Разложение травянистых растительных остатков пополняет запас питательных веществ, обеспечивающих устойчивое самовозобновление растительного сообщества и экосистемы в целом, и, видимо, замедленное ее преобразование в зональный тип растительного сообщества. Отмеченное позволяет предположить, что система вышла на другой уровень стабильного функционирования, соответствующий новым условиям существования (без влияния агрофактора) без существенных изменений облика агроэкосистемы с сохранением основного комплекса эдификаторов.

Результаты микробиологического анализа показали, что наибольшей биологической активностью характеризуются органогенные горизонты тундровых почв. В минеральных горизонтах происходит резкое снижение биомассы всех групп микроорганизмов. Было установлено, что в исследуемых почвах преобладает грибная биомасса (табл. 1). В органогенных горизонтах доля грибного мицелия в общей биомассе микроорганизмов составляет 87–96,4%. В минеральном горизонте увеличивается доля спор, в связи с неблагоприятными условиями для развития мицелия.

Таблица 1

Биомасса микроорганизмов в исследуемой почве

Горизонт	Бактерии	Грибы		Всего
		мицелий	споры	
Адер	<u>0,007</u>	<u>0,27</u>	<u>0,01</u>	<u>0,29</u>
	2,4	96,4	1,2	100
А1	<u>0,001</u>	<u>0,04</u>	<u>0,005</u>	<u>0,046</u>
	2	87	11	100
Bg	<u>0,0003</u>	<u>0,003</u>	<u>0,003</u>	<u>0,0063</u>
	4,8	47,6	47,6	100

Примечание: в числителе – мг/г, в знаменателе – %.

Анализ видового состава почвенных микромицетов показал, что в почве постагрогенной экосистемы среди доминирующих видов, наряду с типичными представителями освоенных почв – виды рода *Mucor* (*Mucor globosum*,

M. hiemalis, *M. plumbeus*, *M. racemosus*); *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma koningii* – выделены типичные тундровые виды микромицетов *Geomyces pannorum*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium lanosum*, *Mycelia sterilia*; а также активные целлюлозолитики рода *Chaetomium* (*Chaetomium globosum*, *Ch. spirale*).

Результаты исследования численности и структуры микробного комплекса показали, что наибольшее количество всех эколого-трофических групп микроорганизмов сосредоточено в органогенных горизонтах. Минеральные горизонты характеризуются низкой биологической активностью (табл. 2). В дерновом горизонте почвы сеяного луга микроорганизмы, участвующие в круговороте азота, представлены в основном бактериями, усваивающими органические формы азота (аммонификаторы) и микроорганизмами, использующими минеральный источник азота (минерализаторы). При этом коэффициент минерализации выше единицы, что указывает на интенсивное разложение растительных остатков, сохраняется баланс между аккумуляцией и трансформацией органических остатков. Значительна также группа олиготрофов и олигонитрофилов, которые в ненарушенных тундровых почвах составляют основу микробного комплекса.

В дерновом горизонте почвы сеяного луга микроорганизмы, участвующие в круговороте азота, представлены в основном бактериями, усваивающими органические формы азота (аммонификаторы) и микроорганизмами, использующими минеральный источник азота (минерализаторы). При этом коэффициент минерализации выше единицы, что указывает на интенсивное разложение растительных остатков, сохраняется баланс между аккумуляцией и трансформацией органических остатков. Значительна также группа олиготрофов и олигонитрофилов, которые в ненарушенных тундровых почвах составляют основу микробного комплекса.

Таблица 2

Численность ($\bar{x} \pm S$)* эколого-трофических групп микроорганизмов в почве постагрогенной экосистемы, млн КОЕ / г абсолютно сухой почвы

Горизонт	Глубина, см	Аммонификаторы	Минерализаторы	Олиготрофы	Олигонитрофилы
Адер	0–3	1007,2±405,8	990,7±437,7	416,1±106,6	513,5±74,0
A ₁	3–7	253,3±31,1	241,9±50,1	188,7±32,1	298,9±32,1
B _g	7–15	41,8±14,5	38,9±6,3	33,6±10,1	36,1±10,4

Примечание: * – среднее арифметическое значение и доверительный интервал при P = 0,95.

Оценка численности, биомассы, функционального разнообразия показывает высокую биологическую активность почвы сеяного луга даже при ухудшении агроусловий. Таким образом, после прекращения сельскохозяйственного использования травяное сообщество, почвенная микробиота, почва и постагрогенная экосистема находятся в стабильном состоянии на данном этапе самовос-

становительной сукцессии, сохраняя признаки агроэкосистемы и при возобновлении ее использования может вернуться к первоначальной стадии – сеяный луг.

Литература

Почвы и земельные ресурсы России // Деградация и охрана почв / Под ред. Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 4–26.

Люри Д. И., Горячкин С. В., Караваева Н. А., Денисенко Е. А., Нефедова Т. Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.

Котелина Н. С., Арчегова И. Б., Романов Г. Г., Турубанова Л. П. Особенности природопользования и перспективы природовосстановления на Крайнем Севере России. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 147 с.

Посттехногенные экосистемы Севера. СПб.: Наука, 2002. 160 с.

Перспективы развития биологии почв // Перспективы развития почвенной биологии / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во Макс Пресс, 2001. С. 10–21.

БИОДИАГНОСТИКА ПОЧВ БАЙКАЛЬСКОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Е. В. Напрасникова

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
napev@irigs.irk.ru*

Многие исследователи видят экологически значимые изменения окружающей среды в трансформации почвенного покрова.

В этой связи основной целью исследований явилась оценка современного биохимического и санитарно-микробиологического состояния почв в пределах центральной экологической зоны Байкальской территории, где хозяйственная деятельность регулируется в соответствии с требованиями сохранения ситуации и потенциала самоочищения уникальных ландшафтов.

Актуальность данной экспериментальной работы определяется тем, что управление средой обитания и ресурсами жизнеобеспечения человека, является задачей современности.

В материалах приводятся результаты по п. Листвянка и Большое Голоустное, в качестве модельных территорий. Здесь преобладают дерновые лесные и дерново-карбонатные, а также дерново-подзолистые почвы соответственно.

В качестве интегрального показателя состояния почв была определена биологическая активность (БАП), связанная с трансформацией азота, экспресс-методом по Т. В. Аристовской, М. В. Чугуновой (1985). Следует отметить, что сущность данного метода состоит в определении скорости (в часах) изменения рН индикатора от выделяемого аммиака при разложении карбамида (мочевины), как суммарный результат биохимической деятельности почвенной микрофлоры и растительности (чем меньше количество часов, регистрирующих скорость реакции, тем больше считается биологическая активность почв). С помощью этого метода можно получить достаточно достоверные сведения о само-

очищающей способности почв, особенно если речь идет о территориях под воздействием урбанизации и техногенеза (Naprashnikova, 2005).

Оценка почв по санитарно-значимым показателям проводилась, согласно гигиеническим нормативам (Гигиен. норм., 2011) и СанПиН – 2.1.7.1287-03. Кроме этого были определены доминирующие представители эубактерий, БГКП и микромицетов.

Определение биологической активности существенно дополнило характеристику исследуемых почв, особенно в плане самоочищающей способности. В селитебной зоне п. Листвянка БАП изменяется от 1,6 до 7,6 часов и может считаться высокой. На береговой террасе, расположенной между поселком и береговой линией, активность более высокая (от 1,5 до 4,2 ч.). В контрольных (фоновых) почвах активность небольшая – от 9 до 16 часов. В п. Б. Голоустное активность сравнительно ниже: в самом поселке от 5,0 до 7,5, а за пределами значения колеблются от 8 до 18,5 часов. Невысокий уровень биологической активности на данной территории можно связать с низкими значениями рН почв.

Результаты санитарно-микробиологического анализа, представленные в таблице, позволяют сказать, что степень загрязнения почв в п. Листвянка колеблется от «чистой» до «опасной», в Б. Голоустном от «умеренно опасной» до «опасной». Наиболее загрязненными почвы можно считать в п. Листвянка. Здесь доминируют *Citrobacter freundii* и *Enterobacter aerogenes*, обнаружены единичные полупатогенные виды *Escherichia coli*.

Результаты количественного и качественного состава аммонификаторов (ОМЧ) свидетельствуют об их сравнительно высокой численности в п. Листвянка, что связываем с рН почв, высоким содержанием гумуса и с более значительным уровнем урбанизации территории. Существенно меньшее их количество отмечается в Б. Голоустном. Доминируют в том и другом поселке *Bacillus mycoides*, а среди неспороносных – *Pseudomonas fluorescens*, свидетельствующие о доступных органических соединениях в исследуемых почвах.

Актиномицеты обнаруживались крайне редко или вообще не обнаруживались. Данный факт не противоречит их потребностям в экологических условиях среды. Численность микроскопических грибов сравнительно невысокая везде, не смотря на то, что рН почв слабокислая или ближе к кислой. Доминируют представители рр. *Fusarium* и *Mucor*. Общее разнообразие невысокое.

На стандартных питательных средах была определена энзиматическая активность выделенных микроорганизмов. Обнаружено, что процент амилолитически активных форм колеблется в широких пределах (от нулевых показателей до 100).

**Санитарно-микробиологические показатели почв
Байкальской экологической зоны**

№ точки	Местоположение	Коли-формные бактерии		Общ. числ. аммонификаторов	Актинономицеты	Микромицеты	Бактерии, усваивающие минеральные источники азота	Категория почв
		БГКП*						
		титр	индекс					
1	п. Листвянка, падь Банная	0,01	730	820	0,1	12,0	900	опасная
2	там же, падь Сенная	Не обн.	Не обн.	26	00,1	0,4	260	чистая
3	там же, берег р. Крестовка	0,01	1000	410	Не обн.	6,0	280	умеренно опасная
4	там же, берег Байкала	0,01	410	420	Не обн.	5,0	840	опасная
5	п. Большое Голоустное	0,01	1000	400	Не обн.	14,0	660	опасная
6	там же	0,1	800	400	Не обн.	6,0	500	опасная
7	там же, за поселком	0,1	58	41	Не обн.	0,5	410	умеренно опасная
8	там же, за поселком	0,1	63	112	Не обн.	1,5	200	умеренно опасная
9	там же, за поселком	0,1	45	18	0,3	2,4	400	умеренно опасная
10	там же, за поселком	0,1	32	200	Не обн.	3,0	300	умеренно опасная

Примечание: *БГКП – бактерии группы кишечной палочки.

Таким образом, данная работа позволила впервые выявить санитарно-гигиенические особенности некоторых почв и оценить их категорию. Кроме этого, показан уровень биологической активности почв, связанный с трансфор-

мацией органогенного элемента – азота, который значительно отличается (в реальном времени) по исследуемым территориям.

Данная экспериментальная работа показала, что возникает необходимость мониторинговых наблюдений за состоянием почв урбанизированных территорий Байкальской экологической зоны с точки зрения их охраны. Исследования ориентированы на информационное обеспечение комплексного управления средой обитания человека. Они согласуются с новой концепцией экологической реконструкции и оздоровления урбанизированной среды в рамках устойчивого развития (Фоков, 2012).

Литература

Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс-метод определения биологической активности почв // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.

Гигиенические нормативы / Под. ред. Г. Г. Онищенко. СПб.: Профessional, 2011. С. 118.

СанПиН – 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. 2003. С. 3.

Naprasnikova E. V. Urease Activity and pH as Indicators of the Soils Status in the Cities of East Siberia // Eurasian Soil Science. 2005. Vol. 38. № 11. P. 1194–1200.

Фоков Р. И. Экологическая реконструкция и оздоровление урбанизированной среды. М.: Изд-во АСВ, 2012. 304 с.

МИКРОБИОТА КАК ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ г. МОСКВЫ

М. Ф. Дорохова, Н. Е. Кошелева, Е. В. Терская
Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
dorochova@mail.ru

Почвы городов, как известно, формируются под воздействием специфических факторов почвообразования и характеризуются особыми физико-механическими и физико-химическими свойствами (Герасимова и др., 2003). Они испытывают аэрогенное и внутрпочвенное поступление разнообразных токсикантов и существенно отличаются от своих природных аналогов по основным физико-химическим показателям.

Микроскопические обитатели почвы – водоросли, цианобактерии, микромицеты, беспозвоночные животные – чутко реагируют на изменение среды обитания, на чем основано их использование в биоиндикации состояния городских почв (Москвич, 1973; Кабирова, Шилова, 1990, 1994; Хайбуллина и др., 2011; Кондакова, 2012; Марфенина, Макарова, 1984; Криволицкий и др., 1982 и др.). Особенности микробиоты позволяют оценить интегральное воздействие разнообразных антропогенных факторов на почвы города.

Несмотря на перспективность почвенной микробиоты как объекта биоиндикации, ее потенциал в изучении состояния почв г. Москвы далеко еще не исчерпан. В частности, совсем не исследован состав фототрофного ее компонента – почвенных цианобактерий и водорослей.

Цель работы заключалась в изучении почвенной микробиоты – состава водорослей, цианобактерий, почвенной нано- и микрофауны, относительного обилия грибного мицелия – для интегральной оценки состояния почв в разных функциональных зонах г. Москвы.

Исследования проведены в районе Северное Тушино г. Москвы в весенний период 2013 г., сразу после схода снежного покрова. Отбор проб почвы для биологических исследований проводился в основных функциональных зонах города общепринятыми в почвенной альгологии методами (Голлербах, Штина, 1969). Одновременно, в тех же точках, отбирались пробы для определения основных физико-химических показателей почвы (в слое 0–5 см).

Активно вегетирующая микробиота изучалась в чашечных культурах со стеклами обрастания. Для выявления видового состава водорослей и цианобактерий использовались также накопительные водные культуры на среде Болда. Отмечались следующие параметры: состав и относительное обилие водорослей, цианобактерий и представителей нано- и микрофауны, относительное обилие бесцветного и окрашенного мицелия грибов.

В пробах почвы были определены следующие физико-химические показатели: величина $pH_{\text{водн}}$ (потенциометрическим методом), состав водной вытяжки, содержание обменного аммония методом Несслера и тяжелых металлов (ТМ) в ацетатно-аммонийной вытяжке с ЭДТА (Теория..., 2006).

Все изученные почвы на момент исследования характеризовались отсутствием засоления и высоким уровнем содержания тяжелых металлов в верхнем горизонте. Большая часть почв имеет нейтральную реакцию. Однако в разных функциональных зонах города физико-химические свойства почв обладают своей спецификой. Так, почвы промышленной зоны отличаются $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ составом водорастворимых солей и низким содержанием обменного аммония. Для почв транспортной зоны характерен $\text{Cl-HCO}_3\text{-Ca-Na}$ состав водорастворимых солей, в некоторых случаях слабощелочная реакция и низкое содержание обменного аммония. Почвам селитебной и рекреационной зон свойственно большое разнообразие состава водорастворимых солей, уровней содержания обменного аммония и тяжелых металлов. Некоторые почвы рекреационной зоны (в парках) имеют слабокислую реакцию.

Установлено, что почвы рекреационной зоны отличаются наиболее разнообразным составом микробиоты: фототрофный блок представлен почвенными водорослями, цианобактерией *Microcoleus vaginatus* и протонемой мхов, гетеротрофный блок – грибами, а также нано-и микрофауной. В составе грибов равные встречаемость и обилие имеют грибы с окрашенным и бесцветным мицелием (что свидетельствует об относительно невысоком антропогенном воздействии на почву), встречается мицелий базидиомицетов, разнообразны грибные споры. В почвах рекреационной зоны обнаружены довольно разнообразные представители нано- и микрофауны: голые и раковинные амёбы, нематоды и коловратки.

Разнообразие почвенной микробиоты уменьшается в транспортной и селитебной зонах, где исчезают базидиальные грибы, коловратки и голые амёбы, а встречаемость грибных спор и нематод становится редкой. В промышленной

зоне существенно обедняется гетеротрофный блок микробиоценоза: грибной компонент представлен только окрашенным мицелием, из нанофауны встречены лишь раковинные амебы, из микрофауны – нематоды, что свидетельствует о высоком уровне антропогенного воздействия на почву.

Особенности весеннего периода – высокая влажность почвы и отсутствие опада – определяют однотипный состав альго-цианобактериальных сообществ во всех функциональных зонах г. Москвы, преобладают диатомовые и зеленые водоросли. Вместе с тем, почвы разных функциональных зон различаются по общему видовому разнообразию и представленности разных отделов водорослей и цианобактерий в сообществах.

Относительно высокое видовое разнообразие сообществ (42 активно вегетирующих вида), наибольшая доля диатомовых водорослей и наименьшая – цианобактерий характерны для рекреационной зоны. В почвах селитебной зоны видовое разнообразие альго-цианобактериальных сообществ уменьшается до 34 видов – в основном, за счет диатомовых водорослей, при этом разнообразие желтозеленых остается довольно высоким, а цианобактерий – несколько возрастает. В транспортной зоне общее видовое разнообразие сообщества (37 видов) возрастает за счет нитчатых цианобактерий, устойчивых к действию разнообразных антропогенных факторов, доля желтозеленых водорослей резко уменьшается, что свидетельствует о высокой антропогенной нагрузке на почву. Почвы промышленной зоны отличаются наименьшим видовым разнообразием водорослей и цианобактерий (11 видов), наибольшей долей нитчатых цианобактерий и самым низким разнообразием желтозеленых водорослей в составе альго-цианобактериальных сообществ.

Полученные результаты позволяют расположить функциональные зоны города по интенсивности интегрального воздействия антропогенных факторов на почвенную микробиоту (в порядке его возрастания) следующим образом: рекреационная зона > селитебная зона > транспортная зона > промышленная зона.

Литература

Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Учебное пособие. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.

Кабиров Р. Р., Шилова И. И. Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых отходов в условиях крупного промышленного города // Экология, 1990. № 5. С. 10–18.

Кабиров Р. Р., Шилова И. И. Сообщества почвенных водорослей на территории промышленных предприятий // Экология, 1994. № 6. С. 16–20.

Кондакова Л. В. Альго-цианобактериальная флора и особенности ее развития в антропогенно нарушенных почвах (на примере почв подзоны южной тайги Европейской части России): Дис....докт. биол. наук. Сыктывкар, 2012. 356 с.

Криволицкий Д. А., Мазин А. Д., Покаржевский А. Д. Животное население в наземных экосистемах и его изменения при антропогенизации среды // Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья. М., 1982. С. 22–32.

Марфенина О. Е., Макарова Н. А. Комплекс почвенных микромицетов как показатель восстановления рекреационно-нарушенных биогеоценозов // Биол. науки, 1984. № 9. С. 99–104.

Москвич Н. П. Опыт использования водорослей при изучении санитарного состояния почв // Ботан. журн., 1973. Т. 58. № 3. С. 412–416.

Теория и практика химического анализа почв / Под. ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.

Хайбуллина Л. С., Суханова Н. В., Кабиров Р. Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий. Уфа: Гилем, 2011. 214 с.

МИКОБИОТА ПОЧВ СОСНОВО-БЕРЕЗОВЫХ ЛЕСОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ г. КАРАБАША

Т. А. Головина

*Челябинский государственный университет,
gta.chel@gmail.com*

Карабаш — город областного подчинения в Челябинской области с населением 12 тыс. человек, расположен в 90 км от г. Челябинска. В начале XX века в Карабаше начались работы по добыче и переработке медных руд. В результате многолетней деятельности ЗАО «Карабашмедь», из-за грубых нарушений принципов рационального землепользования, отсутствия современных газоочистных сооружений в городе сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка. В последние годы осуществляется масштабная реконструкция медеплавильного завода, идет строительство очистных сооружений, наблюдается возрождение зеленого массива. Искусственное озеленение склонов также дает свои положительные результаты, но естественные природные комплексы города почти полностью уничтожены. Лесной массив сохранился лишь на окраинах города и представлен сосново-березовым редколесьем (Челябинская область ..., 2004).

Окружающие город лесные фитоценозы испытывают мощное техногенное воздействие на всех уровнях своей организации, в том числе на важнейшей их составляющей: составе и структуре микобиоты.

Целью работы являлось сравнение состояния почвенной грибной микрофлоры в сосново-березовых лесах с различным уровнем техногенного загрязнения, расположенных в окрестностях г. Карабаша. Исследования почвенной микрофлоры в данном районе проводятся с 2012 г. (Первакова, 2012, Головина, 2013). Летом 2014 г. были собраны и проанализированы образцы почвы, взятые в сосновом лесу с примесью березы на берегу озера Барахтан, в двух километрах к западу от городских застроек, в мертвопокровном редколесье на берегу Богородского пруда с юго-западной стороны города, а также контрольные образцы — к юго-востоку от города на территории Ильменского государственного заповедника. Сбор почвенных образцов производился по стандартным методикам. Выделение из почвы, культивирование микромицетов проводились посевом на агаризованные питательные среды из почвенных разведений с последующим подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ) (Литвинов, 1969).

Определялась величина рН водной вытяжки из исследуемых образцов. В 2013 г. был проведен количественный атомно-абсорбционный анализ почвенных образцов по методике 155-ХС ВИМС.

Структура и характер почв окрестностей г. Карабаша осложнены высоким уровнем загрязнения в связи с близким расположением предприятий цветной металлургии. Реакция почв кислая, причем в непосредственной близости к населенному пункту и на некотором удалении от него существенно не отличается: на территории слабо нарушенного соснового леса и берегу пруда в черте города рН=5,41 и 5,42 соответственно. В сосновом лесу заповедника рН=5,6. Для горно-лесной природной зоны, где расположены исследуемые районы, характерны горные серые лесные оподзоленные почвы (Куликов, 2005). Кислая реакция почв может объясняться близким залеганием почвообразующих пород (гранитов), естественными почвообразовательными процессами, а в случае с мертвопокровным лесом - близостью водоема, который принимает в себя воды ручья, вытекающего с территории комбината. На поверхности почвы лесных территорий, приближенных к городу наблюдается увеличенная мощность лесной подстилки, при снижении обилия травяного яруса вплоть до полного его исчезновения.

В почвах под Карабашом зарегистрировано превышение ПДК по содержанию Cu (в 4,4 раза), Zn (в 2 раза), Ni (в 23 раза), Cr (в 20 раз), Co (в 1,7 раза), Pb (в 1,5 раза) (Первакова, 2012).

В результате проведенных исследований установлено, что численность микромицетов не превышает 6 тыс. КОЕ/г. Это значение отмечено в лесу на территории заповедника. В почвах смешанного и мертвопокровного лесов этот показатель составил 4,33 и 3 тыс. КОЕ/г соответственно. Во всех пробах отмечено малое видовое разнообразие микромицетов. Некоторые грибы не приступили к спороношению. Наиболее часто встречающимися в исследованных лесах, не зависимо от характера загрязненности стали грибы рр. *Penicillium* (4 вида), *Gliocladium* (2 вида), *Memnoniella*, *Aspergillus*, *Chrysosporium*. В сильно нарушенной почве мертвопокровного леса обнаружены дрожжеподобные грибки р. *Candida*.

Таким образом, в ходе исследования выявлена низкая численность почвенных микромицетов в сосновых лесах, с нарушенным вследствие техногенного загрязнения растительным покровом, при сохранении доминирующих родов. Факторами, определяющими численность жизнеспособных КОЕ почвенных грибов, являются кислотность среды их обитания, а также токсическое загрязнение почв солями тяжелых металлов. При показаниях рН ниже физиологически оптимального для грибов уровня (5,8), численность и видовое разнообразие микромицетов снижается.

Литература

Головина Т. А. Влияние техногенного загрязнения на микобиоту почвы соснового леса. // Вестник Челябинского государственного университета. Биология. Вып. 2. № 7 (298) 2013. С. 160–161.

Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург - Миасс: «Геотур», 2005. 537 с.

Литвинов М. А. Методы изучения почвенных микроскопических грибов. Л.: Изд-во «Наука», 1969. 124 с.

Первакова А. А. Эктомикориза сосны: сравнение уровня развития в сообществах с различной степенью техногенного загрязнения на территории Челябинской области: Тезисы докладов Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. М.: МАКС Пресс, 2012. С. 152.

Челябинская область: энциклопедия / Под ред. К. Н. Бочкарев и др. Челябинск: Камен. пояс, 2004. Т. 3. 799 с.

МИКРОМИЦЕТЫ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ В РАЙОНЕ РУДНОЙ ЗОЛОТОДОБЫЧИ

Л. П. Шумилова

*Институт геологии и природопользования ДВО РАН,
Shumilova.85@mail.ru*

Объективным методом оценки техногенного воздействия на окружающую среду считается изучение происходящих изменений в структуре микромицетных комплексов. На примере месторождения Албын рассмотрены изменения в видовом разнообразии и таксономической структуре почвенных микроскопических грибов при таком виде воздействия, как открытая золотодобыча.

Золоторудное месторождение Албын расположено на Харгинском хребте в Селемджинском районе Амурской области. Добыча руды ведется открытым карьерным способом, но ранее (20-30 лет назад) в этом районе была отработка россыпей дражным способом. В настоящее время дражные насыпи покрыты густой травянистой и кустарниковой растительностью. Природные почвы района исследования – горные буротаежные, растительность бедна в видовом отношении, водоразделы покрыты лиственничным лесом, в долинах произрастает береза, тополь, осина, черемуха, рябина. В целом для района характерна значительная залесённость, повсеместная задернованность, многолетняя мерзлота. Сведения о почвенных грибах северных регионов Амурской области отсутствуют в силу труднодоступности местности для систематических исследований.

Цель исследования – изучить видовое разнообразие и таксономическую структуру микроскопических грибов почв природных и техногенно нарушенных территорий в районе золоторудного месторождения Албын.

Отбор почвенных образцов для микробиологического анализа осуществляли с условием стерильности из верхнего горизонта (Кураков, 2001). Численность и видовой состав почвенных микромицетов определяли на среде Чапека, подкисленной молочной кислотой (Бабьева, Зенова, 1989). Для характеристики структуры комплексов микромицетов, выявления доминирующих, частых, редких и случайных видов использовали показатель частоты встречаемости (Мирчинк, 1981), для оценки сходства видового состава микромицетов изучаемых территорий использовали коэффициент Серенсена (Мэгарран, 1992). Видовую идентификацию выделенных штаммов проводили по определителям (Кириленко, 1977; Егорова, 1986; Мельник, 2000; Raper, Fennel, 1965; Domsch,

Gams, 2007). Названия видов приводили в соответствии с базой данных (<http://www.indexfungorum.org>).

Общая численность микроскопических грибов в большей степени зависела от типа произрастающей растительности и кислотности почвенного раствора. Горные буротаежные почвы формируются под лиственным лесом, имеют кислую реакцию среды, и численность микромицетов в них достигает в среднем 30 тыс. КОЕ/г воздушно-сухой почвы. В техногенно нарушенных почвах (грунты россыпной золотодобычи), под более богатой травянистой и кустарниковой растительностью со слабокислой, близкой к нейтральной рН, наблюдается увеличение численности грибов в среднем до 90 тыс. КОЕ/г.

Из исследуемых почв всего выделено 35 видов микроскопических грибов из 22 родов, включая 5 «видов» стерильного мицелия, 4 вида не идентифицировано. В таксономическом отношении преобладает группа несовершенных грибов (*Anamorphic fungi*), она представлена классами Hyphomycetes, который насчитывает 22 вида из 9 родов, Coelomycetes – 1 вид и Agonomycetes – светлоокрашенный и темноокрашенный *Mycelia sterilia*.

Таблица 1

Общий список выделенных видов микроскопических грибов

ZYGOMYCOTA
ZYGOMYCETES
Mucorales
<i>Mucor hiemalis</i> Wehmer
<i>Cunninghamella</i> sp.
ASCOMYCOTA
SORDARIOMYCETES
Sordariales
<i>Chaetomium</i> sp.
ANAMORPHIC FUNGI
HYPHOMYCETES
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.
<i>Aspergillus flavus</i> Link
<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.-Criv.) Vuill.
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries
<i>Geomyces pannorum</i> (Link) Sigler et J.W. Carmich.
<i>Penicillium citrinum</i> Thom
<i>P. corylophilum</i> Dierckx
<i>P. dierckxii</i> Biourge
<i>P. funiculosum</i> Thom
<i>P. jensenii</i> K.M. Zalessky
<i>P. implicatum</i> Biourge
<i>P. ochrochloron</i> Biourge
<i>P. miczynskii</i> K.M. Zalessky
<i>P. sclerotiorum</i> J.F.H. Beyma (1937)
<i>P. simplicissimum</i> (Oudem.) Thom
<i>P. thomii</i> Maire (1917)
<i>P. waksmanii</i> K.M. Zalessky
<i>P.</i> sp.
<i>P.</i> sp.

<i>Ulocladium consortiale</i> (Thüm.) E.G. Simmons
<i>Trichoderma aureoviride</i> Rifai
<i>T. koningii</i> Oudem.
AGONOMYCETES
<i>Mycelia sterilia</i> светлоокрашенный
<i>Mycelia sterilia</i> темноокрашенный
COELOMYCETES
<i>Colletotrichum</i> sp.

Немногочисленны грибы отдела Ascomycota, выделен один вид – *Chaetomium* sp., и отдела Zygomycota, который представлен 2 видами – *Mucor hiemalis*, *Cunninghamella* sp. (табл. 1).

Выявленное видовое разнообразие микромицетов в горных буротаежных почвах невелико. Выделено 22 вида из 15 родов, включая 3 формы светлоокрашенного стерильного мицелия и 4 неидентифицированных вида. Комплекс почвенных микромицетов представлен преобладающим числом случайных и редких видов. Доминирующими видами являются *Penicillium sclerotiorum* и *P. waksmanii*, к частым видам относятся *Mucor hiemalis*, *P. citrinum*, *P. ochrochloron* (табл. 2).

Таблица 2

Пространственная частота встречаемости видов микроскопических грибов в горных буротаежных почвах

Частота встречаемости	Таксономическая принадлежность микромицетов
Доминирующие виды (>60%)	<i>Penicillium sclerotiorum</i> , <i>P. waksmanii</i>
Частые виды (30–60%)	<i>Mucor hiemalis</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. ochrochloron</i>
Редкие виды (10–30%)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Chaetomium</i> sp., <i>Geomyces pannorum</i> , <i>P. dierckxii</i> , <i>P. thomii</i> , <i>Trichoderma aureoviride</i> , <i>T. koningii</i> <i>Mycelia sterilia</i> светлоокрашенный
Случайные виды (<10%)	<i>Beauveria bassiana</i> , <i>P. implicatum</i> , <i>Ulocladium consortiale</i>

Одно из последствий техногенной трансформации экосистем является снижение видового богатства флоры и фауны. В техногенно нарушенных почвах наблюдается уменьшение видового разнообразия. Всего выделено 15 видов из 8 родов, включая 2 "вида" стерильного темноокрашенного мицелия. Микромицеты равномерно распределены по частоте встречаемости, нет преобладающей группы по таксономической принадлежности (табл. 3). Типичными микромицетами, выявленные с частотой встречаемости более 60 %, являются *Penicillium simplicissimum*, *P. sp.*, *Trichoderma aureoviride*.

Видовой состав комплекса полностью изменяется, наблюдается исчезновение видов из отдела Ascomycota, происходит смена зональных доминирующих видов. В техногенных почвах доминирующий вид – *Trichoderma aureoviride* и частый – *P. dierckxii*, отмечены в природных, как редкие. Остальные выделенные виды в природных почвах вообще не встречаются на техногенной территории. Сходство сообществ горных буротаежных почв и техногенно преобразованных низкое, коэффициент Серенсена всего равен 0,1.

**Пространственная частота встречаемости видов микроскопических грибов
в техногенно преобразованных почвах золоторудного месторождения
Албын**

Частота встречаемости	Таксономическая принадлежность микромицетов
Доминирующие виды (>60%)	<i>Penicillium simplicissimum</i> , <i>P. sp.</i> , <i>Trichoderma aureoviride</i>
Частые виды (30–60%)	<i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>P. dierckxii</i> , <i>P. funiculosum</i>
Редкие виды (10–30%)	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Colletotrichum sp.</i> <i>P. jensenii</i> , <i>P. corylophilum</i>
Случайные виды (<10%)	<i>P. miczynskii</i> , <i>Cunninghamella sp.</i> , <i>P. sp.</i> , <i>Mycelia sterilia</i> темноокрашенный

Анализ изучаемых сообществ микроскопических грибов показал, что преобладают виды рода *Penicillium*, остальные роды представлены 1–2 видами. Встречаемость темноокрашенных гифомицетов невелика, выделены представители 4 родов: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Colletotrichum* и *Ulocladium*.

Редкая встречаемость сумчатых грибов и зигомицетов, преобладание грибов рода *Penicillium*, единичное присутствие представителей рода *Aspergillus*, многочисленность форм стерильного мицелия, все это характерно для микобиоты северных почв (Гришкан, 1997).

Установлено, что численность микромицетов в исследуемых почвах имеет невысокие значения. В природных горных буротаежных почвах численность достигает 30 тыс. КОЕ/г почвы, в техногенно затронутых грунтах численность возрастает в среднем до 90 тыс. КОЕ/г. Из исследуемых почв всего выделено 35 видов микроскопических грибов из 22 родов, включая 5 «видов» стерильного мицелия, 4 вида не идентифицировано. Составлен список выделенных видов. Подавляющее большинство относится к группе анаморфных грибов, преобладают представители рода *Penicillium*.

Видовое разнообразие в горных буротаежных почвах выше, чем в техногенно нарушенных. Коэффициент Серенсена равен 0,1, что указывает на минимальное сходство между сообществами выделенных микроскопических грибов. Снижение биоразнообразия и изменения в таксономической структуре комплексов микроскопических грибов являются биоиндикационно значимыми признаками.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО 14-III-B-06-137.

Литература

- Бабьева И. П., Зенова Г. М. Биология почв. М.: МГУ, 1989. 336 с.
- Егорова Л. Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.
- Кириленко Т. С. Атлас родов почвенных грибов. Киев: Наук. Думка, 1977. 126 с.
- Кураков А. В. Методы выделения и характеристики комплексов микроскопических грибов наземных экосистем: учебно-методическое пособие. М.: МАКС Пресс, 2001. 92 с.
- Мельник В. А. Класс *Hyphomycetes*. Определитель грибов России. Сем. *Dematiaceae*. СПб.: Наука, 2000. 371 с.

Мирчинк Т. М., Степанова Л. Н., Марфенина О. Е., Озерская С. М. Характеристика типа комплексов грибов микромицетов некоторых почв Советского Союза // Вестник МГУ. Сер. Почвоведение. 1981. № 1. С. 61–66.

Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.

Domsch K. H., Gams W. Compendium of soil fungi. Eching: IHW-Verlag, 2007. 672 с.

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ АКТИВНОСТИ И СТРУКТУРЫ ЭКТОМИКОРИЗ ЕЛИ СИБИРСКОЙ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

Т. А. Сизоненко

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,

tvor.83@mail.ru

Ель сибирская является высокомикотрофным видом, образующим микоризу с более чем 150 видами микобионтов (Шубин, 2004). Физиологическая активность эктомикоризных корней определяется всасывающей способностью корней (Čermák et al., 2013) и метаболической активностью надземных органов растений (Pregitzer et al. 2000). Жизненная активность эктомикориз зависит также от состояния и типа грибных чехлов, структура которых видоспецифична и подвергается возрастным изменениям (Qian et al., 1998). Одним из методов, позволяющих определять жизненную активность корней, является метод окрашивания флуоресцеином диацетата, основанный на распознавании «живых» и «мертвых» клеток по неспецифическим эстеразам, присутствующими только в живых клетках (Lundgren, 1981).

Цель данного исследования состояла в характеристике сезонной динамики структуры и флуоресцентной активности эктомикориз ели сибирской.

У ели сибирской в ельнике чернично-сфагновом за вегетационный сезон 2012 г. нами обнаружено семь подтипов грибных чехлов эумицетных хальмофаговых эктомикориз: А, В, С, Е – плектенхиматические, F, G – псевдопаренхиматические, RS – бесструктурные (согласно классификации: Селиванов, 1981).

Из литературы известно, что чехлы разного сложения представляют ряд возрастных переходов друг в друга, о чем было сказано выше. В нашем исследовании наиболее развитыми толстыми чехлами являлись псевдопаренхиматические чехлы. Если предположить, что для формирования такого чехла нужно значительное количество углеводов, поступающих от растения к грибу, то, соответственно, коровая паренхима, в которой развивается сеть Гартига, то есть сам растительный компонент в эктомикоризе с толстым чехлом, должен хорошо функционировать. Согласно нашим данным, какой-либо связи между толщиной чехла и флуоресцентной активностью коровой паренхимы не наблюдалось, однако при формировании более толстых чехлов наблюдали меньшую долю таниновых клеток в коре, что свидетельствует о лучшем функционировании эктомикоризы ($r = -0,65$), и согласуется с данными других авторов, показавших максимальное обилие таниновых клеток в микоризах с наиболее тонкими бесструк-

турными чехлами (Веселкин, 2013). При этом желто-зеленое окрашивание грибного чехла было сопряжено с высоким его развитием. В нашем исследовании это были, в основном, грибные чехлы подтипа F, у которых наблюдался четкий переход окраски из внутреннего зеленого слоя в наружный, имеющий желто-коричневое окрашивание. Это можно объяснить тем, что более молодые гифы находятся у основания коры и сети Гартига, а более старые, вероятно, менее активные – снаружи грибного чехла. Другие авторы связывают это с тем, что рост гифальных клеток происходит от поверхности чехла в его внутреннюю часть (Fusconi, 1983).

Сеть Гартига и грибной чехол были в основном сходными по окраске, в интенсивности окрашивания между ними прослеживалась высокая корреляция. Во все сроки отбора микориз, кроме августа, наблюдали в основном желто-зеленое окрашивание грибного компонента эктомикориз. Вероятно, в августе были наиболее оптимальными условия влажности и температуры лесной подстилки для развития грибного чехла и сети Гартига, поскольку этот период выделялся зеленым окрашиванием этих элементов эктомикориз. Встречаемость неактивного грибного компонента коричневого цвета была довольно низкой.

Сеть Гартига и коровая паренхима были схожи по интенсивности флуоресцентного окрашивания, однако зависимость между ними была, как правило, умеренной и не всегда достоверной. Связь флуоресцентной окраски между грибным компонентом и проводящим цилиндром была неоднозначной. Такой же была и зависимость в окрашивании между проводящим цилиндром и коровой паренхимой, однако в июне и сентябре она была достаточно высока и достоверна. Клетки коровой паренхимы в большинстве случаев были окрашены в зеленый или ярко-зеленый цвет в течение обоих сезонов. С мая по июль встречалось небольшое количество микориз с утерянными тургором клеток коры, имеющих коричневый цвет. Ярко-зеленое или зеленое флуоресцентное окрашивание центрального цилиндра в эктомикоризах ели сохранялось в течение всего сезона, что показывает достаточно хорошее состояние растительного компонента, поскольку центральный цилиндр и его размер обычно связывают с активностью транспорта воды и минеральных элементов из почвы в растение (Wahl, Ryser, 2000).

Таким образом, нами обнаружено семь подтипов грибных чехлов в эктомикоризах ели сибирской в ельнике чернично-сфагновом средней тайги. Их встречаемость характеризовалась сезонной динамикой и наибольшей долей псевдопаренхиматических чехлов подтипа F. Наибольшей толщиной характеризовались чехлы с желто-зеленым флуоресцентным окрашиванием, которые были представлены в основном подтипом F. При формировании хорошо развитых чехлов наблюдали меньшую долю таниновых клеток в коровой паренхиме. Обнаружена зависимость во флуоресцентном окрашивании между грибным и растительным компонентом, а также между сетью Гартига и грибным чехлом. Микоризы с различными подтипами чехлов отличались между собой по интенсивности флуоресцентной окраски.

Автор выражает благодарность д.б.н. отдела лесобиологических проблем Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН С.В. Загировой за всестороннюю помощь в проведении исследований и обсуждение полученных результатов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 12-04-31117 мол_а.

Литература

Веселкин Д. В. Морфологическая изменчивость и адаптивное значение эктомикориз хвойных (Pinaceae Lindl.): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2013. 40 с.

Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 232 с.

Шубин В. И. Особенности организации макромицетов-симбиотрофов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экосистем. М.-Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. Т. 2. С. 272–286.

Čermák J., Cudlín P., Gebauer R., Børja I., Martinková M., Staněk Z., Koller J., Neruda J., Nadezhdina N. Estimating the absorptive root area in Norway spruce by using the common direct and indirect earth impedance methods // Plant and Soil. 2013. Vol. 372. P. 401–415.

Fusconi A. The development of the fungal sheath on *Cistus incanus* short roots // Can. J. Bot. 1983. Vol. 61. P. 2546–2553.

Lundgren B. Fluorescein diacetate as a stain of metabolically active bacteria in soil // Oikos. 1981. Vol. 36. P. 17–22.

Pregitzer K. S., King J. S., Burton A. J., Brown S. E. Response of tree fine roots to temperature // New Phytologist. 2000. Vol. 147. P. 105–115.

Qian X. M., Kottke I., Oberwinkler F. Influence of liming and acidification on the activity of the mycorrhizal communities in a *Picea abies* (L.) Karst. stand // Plant Soil. 1998. Vol. 199. P. 99–109.

Wahl S., Ryser P. Root tissue structure is linked to ecological strategies of grasses // New Phytologist. 2000. Vol. 148. P. 459–471.

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ВЫСШИХ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ

Е. В. Кудрявец¹, В. Красинько¹, М. Л. Ломберг²

¹ *Национальный университет пищевых технологий, Киев, ievgen92@ukr.net*

² *Институт ботаники им. М. Г. Холодного НАН Украины*

На протяжении многих веков люди эмпирически отбирали из окружающей среды то, что было пригодно для питания и лечения, передавая эти знания из поколения в поколение. У народов, живущих в различных природных и климатических условиях, естественно, сложились свои представления о съедобности, пользе и лекарственных свойствах разных представителей растительного мира. На сегодняшний день съедобными представителями царства грибов признаны около 2000 из известных науке 15000–16000 видов макромицетов, которые произрастают в разных регионах планеты. Более 200 видов съедобных, несъедобных, а также ядовитых грибов использовались традиционно и используются сейчас в народной медицине для лечения различных заболеваний. Ассортимент продуктов питания современных жителей планеты значительно расширился, изменилась структура питания и традиционные представления о престижности и полезности тех или иных продуктов, о причинах возникновения и

способах лечения различных заболеваний. К концу XX века по известным причинам (сокращение естественных лесов, техногенное загрязнение и т.д.) сбор и потребление дикорастущих грибов существенно сократились. Однако, благодаря развитию промышленного грибоводства, в мире увеличились (до 20 млн тонн в год) объемы производства и потребления культивируемых съедобных грибов определенных видов (*Agaricus spp.*, *Pleurotus spp.*, *Volvariella spp.*, *Lentinus edodes*, *Flammulina velutipes* и др.) (Бухало, 2011).

Наряду с экономической и экологической целесообразностью важными аргументами в пользу дальнейшего увеличения объемов производства культивируемых грибов является их ценность как физиологически функционального пищевого продукта, а также возможность использовать отдельные виды макромицетов в качестве объектов современных биотехнологий получения диетических, лечебно-профилактических, лекарственных препаратов, а также в природоохранных технологиях (Беккер, 1988).

Таким образом, скрининг макромицетов, обладающих практически ценными свойствами, а также подбор оптимальных условий их лабораторного и промышленного культивирования является важным и актуальным заданием современной биотехнологии.

Объектами исследований были чистые культуры штаммов макромицетов *Flammulina velutipes* 1994; *Kuehneromyces mutabilis* 2003; *Hypsizygos marmoreus* 2273, *H. marmoreus* 2271; *Stropharia rugosoannulata* 2152; *Lentinus edodes* 1534; *Piptoporus betulinus* 1555; *Lyophyllum shimeji* 2247 из коллекции Института ботаники им. М.Г. Холодного НАН Украины (Бухало, 2011).

Исследование скорости роста вегетативного мицелия грибов, проводили на двух группах агаризованных сред:

- натуральных: агаризованное пивное сусло (СА), овсяный агар (ОА);
- комплексных: картофельно-глюкозный агар (КГА), глюкозо-картофельно-декстрозный агар (ГКДА), мальт-экстракт агар (МЭА), мальт-экстракт-дрожжевой-пептон агар (МЭДПА), мальт-экстракт-пептон агар (МЭПА).

Как посевной материал были использованы 5–7 суточные мицелиальные культуры, выращенные на СА (8°Б). Стальным полым сверлом вырезали диски мицелия диаметром 5 мм, переносили их в центр чашки Петри с вышеуказанными средами, после чего посеы инкубировали в термостате при температуре 27 °С. Радиусы колоний измеряли в двух взаимно перпендикулярных направлениях через сутки, начиная со 2-го дня после посева до полного обрастания среды (Беккер, 1988).

Определение влияния экстремальных значений температуры на жизнеспособность различных видов макромицетов проводили в чашках Петри со средой КГА, которые инкубировали при значениях температуры: +4 °С и +37 °С в течение 10 суток. После 10 суток инкубации учитывали наличие или отсутствие роста культур.

Определение оптимальной температуры культивирования различных видов проводили в чашках Петри со средой КГА, которые инкубировали в термостате при различных значениях температуры: +30 °С, +27 °С, +20 °С в течение

10 суток. После 10 суток инкубации рассчитывали скорость роста (Ломберг, 2012).

Скорость роста колоний является одним из важнейших физиологических признаков любого микроорганизма, в том числе и грибов. Она характеризует способность организмов усваивать питательные вещества из окружающей среды, физиологическое состояние, в котором находятся культуры, влияние температурного фактора на ростовые процессы и т. д.

Макромицеты, являясь экологически неоднородной группой, сталкиваются в природе с большим разнообразием углеводов, чаще всего с полимерными формами простых сахаров. Поэтому при искусственном культивировании грибы предпочитают сахара другим источникам углерода. Многие из съедобных базидиальных грибов являются ауксотрофными, т. е. для своего роста нуждаются в определенных факторах роста — витаминах, аминокислотах и т. д.

Результаты наших исследований показали, что состав питательных сред имел значительное влияние на скорость роста различных штаммов макромицетов (табл. 1).

Проанализировав полученные результаты, мы можем сделать вывод, что для подавляющего большинства исследуемых штаммов макромицетов наилучшей средой для культивирования оказалась ОА, на которой они росли с максимальной скоростью. В тоже время на среде ГПДА большинство исследуемых грибов, имели минимальную скорость роста, что свидетельствует о том, что данная среда не является оптимальной для их роста.

Отношение базидиомицетов к критическим температурам имеет существенное значение для характеристики отдельных таксонов. Критическими для большинства грибов являются температуры 4 °С и 37 °С.

Таблица 1

Скорость роста исследуемых штаммов базидиальных грибов на разных средах

Штамм	Скорость роста на средах, мм/сутки						
	КГА	МЭА	ОА	МЭПА	МЭДПА	ГКДА	СА
<i>K. mutabilis</i> 2003	3,1±0,1	2,5±0,1	3,5±0,1	2,9±0,2	2,9±0,2	1,9±0,1	3,5±0,1
<i>F. velutipes</i> 1994	6,4±0,1	6,91±0,3	7,6±0,2	6,9±0,3	6,8±0,2	6,5±0,3	5,4±0,2
<i>H. marmoreus</i> 2271	5,1±0,1	2,9±0,2	5,3±0,1	5,2±0,1	4,8±0,3	3,4±0,4	5,1±0,2
<i>H. marmoreus</i> 2273	4,2±0,1	3,4±0,2	3,4±0,1	3,8±0,1	4,5±0,2	3,2±0,1	2,6±0,1
<i>L. edodes</i> 1534	4,7±0,3	4,6±0,1	5,3±0,1	4,7±0,2	4,9±0,1	4,2±0,1	5,4 ±0,2
<i>P. betulinus</i> 1555	4,7±0,2	4,6±0,1	5,4±0,1	4,7±0,3	4,4±0,1	5,1±0,1	5,6±0,2
<i>L. shimeji</i> 2247	5,2±0,1	4,8±0,1	5,2±0,1	5,1±0,3	5,2±0,1	4,5±0,2	5,7±0,3

В таблице 2 приведены сводные данные исследования роста культур при критических температурах и последующей инкубации посевов на среде КГА при оптимальной температуре 26 °С.

Таблица 2

**Рост исследуемых базидиомицетов на КГА при 4 °С и 37 °С
с последующей инкубацией при 26 °С**

Вид	Штамм	4 °С	26 °С	37 °С	26 °С
<i>K. mutabilis</i>	2003	+	+	–	–
<i>F. velutipes</i>	1994	+	+	+	+
<i>H. marmoreus</i>	2271	+	+	–	+
<i>H. marmoreus</i>	2273	+	+	–	+
<i>S. rugosoannulata</i>	2152	+	+	–	+
<i>L. edodes</i>	1534	+	+	–	–
<i>P. betulinus</i>	1555	+	+	–	+
<i>L. shimeji</i>	2247	+	+	–	+

Примечание: «–» – рост отсутствует.

Было отмечено, что при критически низкой температуре (4 °С) все исследуемые штаммы сохраняли жизнеспособность (у *F. velutipes* 1994 даже наблюдался слабый рост мицелия) и возобновляли свой рост при переносе в оптимальные для большинства условия культивирования (26 °С).

Отношение к критически высокой температуре было более разноплановым. Все исследуемые культуры, кроме *K. mutabilis*, не росли на КГА при 37 °С. Четыре из них (*H. marmoreus*, *P. betulinus*, *L. shimeji*, *S. rugosoannulata*) возобновляли свой рост при последующей инкубации посевов в оптимальных температурных условиях (26°С), а штаммы *K. mutabilis* и *L. edodes* полностью теряли жизнеспособность.

В таблице 3 приведены обобщенные данные, характеризующие рост исследуемых культур при различных температурах.

Таблица 3

**Скорость роста (мм / сутки) исследованных культур
при различных температурах**

Вид	Штамм	20 °С	27 °С	30 °С
<i>K. mutabilis</i>	2003	2,8±0,1	3,5±0,1	–
<i>F. velutipes</i>	1994	4,6±0,1	5,5±0,3	3,4±0,1
<i>H. marmoreus</i>	2271	4± 0,1	5,44±0,2	4,5±0,3
<i>H. marmoreus</i>	2273	3,6± 0,1	3,8±0,3	1,2±0,2
<i>S. rugosoannulata</i>	2152	2,2± 0,1	2,9±0,1	3,1±0,1
<i>L. edodes</i>	1534	4,01± 0,1	5,2±0,3	2,6±0,1
<i>P. betulinus</i>	1555	4,8± 0,1	5,65±0,2	4,7±0,3
<i>L. shimeji</i>	2247	5,1± 0,2	6,75±0,1	4,02±0,1

Примечание: «–» – рост отсутствует.

Таким образом, для большинства грибов оптимальной температурой роста является 27 °С. Исключением является *S. rugosoannulata* для которого при температуры 30 °С скорость роста больше, чем при температуре 27 °С. Также стоит отметить, что для *K. mutabilis* и *H. marmoreus* 2273 температура 30 °С яв-

ляется неблагоприятной, поскольку у первого рост вообще не наблюдается, а у второго наблюдается, но очень медленный.

Литература

- Беккер З. Э. Физиология и биохимия грибов. М.: МГУ, 1988. 230 с
- Бухало А. С., Бабицкая В. Г., Бисько Н. А. Биологические особенности лекарственных макромицетов в культуре. Киев: Институт ботаники ім. Н. Г. Холодного НАН України, 2011. 217 с.
- Бухало А. С., Митропольська Н. Ю., Михайлова О. Б. Каталог культур колекції шапинкових грибів (ІВК). Киев: Альтерпрес, 2011. 100 с.
- Ломберг М. Л., Соломко Э. Ф. Рост культур макромицетов на агаризованных питательных средах и плотных субстратах // Биологические свойства лекарственных макромицетов в культуре. Киев, 2012. Т. 2. С. 345–371.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТРАМЕТОИДНЫХ ТРУТОВИКОВ

Г. Ф. Заринова¹, А. А. Широких^{1,2}

¹ Вятский государственный гуманитарный университет,
olorinochka@rambler.ru

² НИИСХ Северо-Востока, aleshirokikh@yandex.ru

Температура – один из важнейших факторов, влияющих на ростовую активность грибов и их физиологическое состояние. Оптимум температур для различных видов грибов, как правило, имеет достаточно узкий интервал, который редко превышает десяток градусов. Зоны пессимума, ещё позволяющие мицелию развиваться, но значительно снижающие скорость нарастания мицелия, составляют обычно не более 10° в обе стороны от оптимума температур (Guthrie, 2007). Изучение физиологии различных видов и штаммов лекарственных грибов необходимо для разработки эффективных методов их культивирования с целью получения лекарственных средств. В частности, необходимо установить оптимальные температуры роста грибного мицелия. Сообщалось, что разные штаммы одного и того же вида могут проявлять максимальную ростовую активность при различных температурах, особенно если эти штаммы были изолированы из природных зон, отличающихся по средним и максимальным/минимальным годовым показателям температур (Автономова и др., 2005).

Целью исследования явилось выявление оптимальных температур для культивирования различных видов траметоидных трутовиков, а также для грибов одного вида *Trametes versicolor*, но изолированных из различных природных зон.

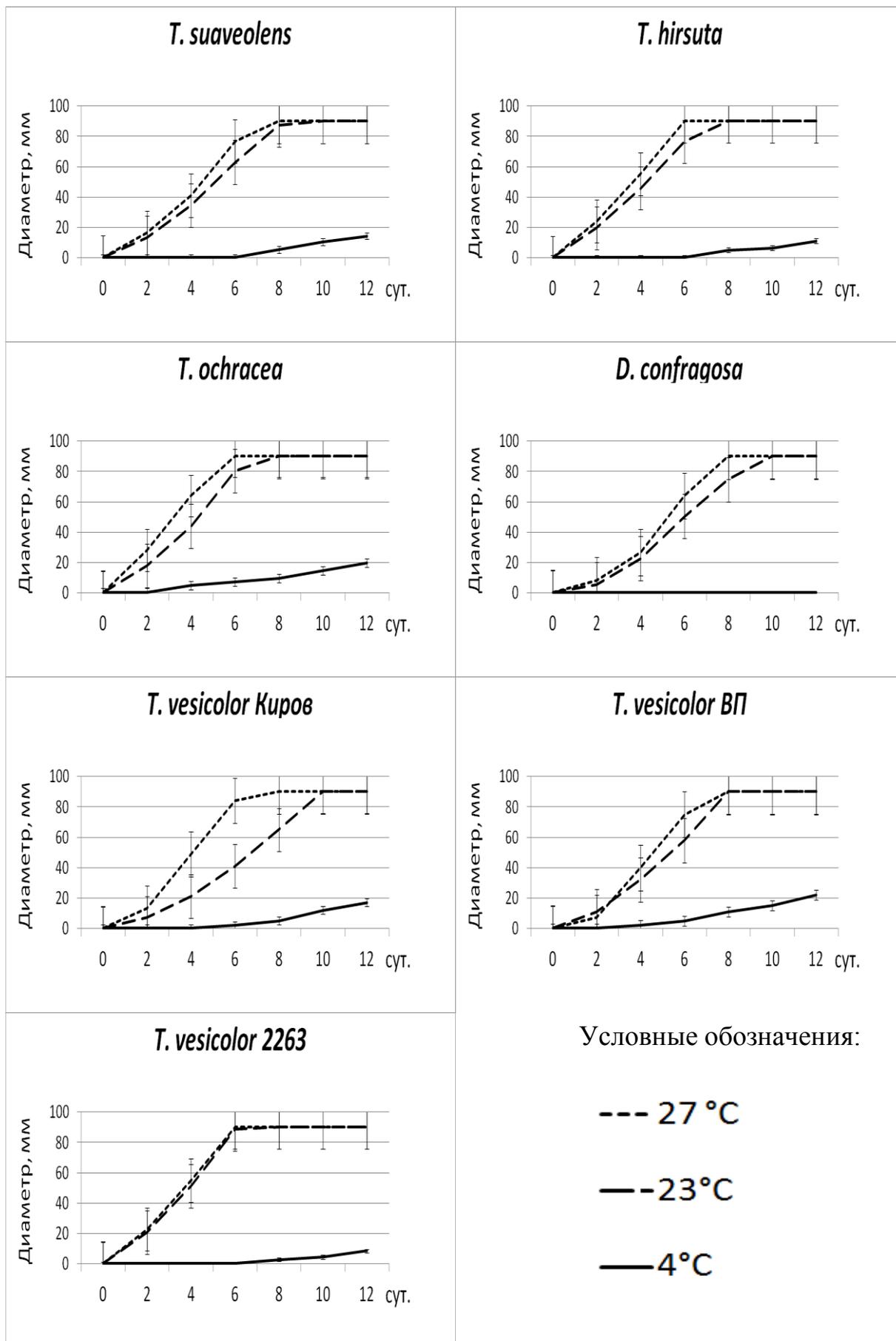


Рис. Динамика увеличения диаметра колоний траметоидных трутовиков в зависимости от температурных условий

Объектами исследования служили изоляты грибов 5 видов: *Trametes versicolor*, *T. suaveolens*, *T. hirsuta*, *T. ochracea* и *Daedaleopsis confragosa*. Трутовик разноцветный был представлен тремя штаммами, из различных географических пунктов: *T. versicolor* 2263 (Сибирь), *T. versicolor* ВП (окрестности г. Вятские Поляны Кировской области), *T. versicolor* Киров (окрестности г. Кирова).

Грибы выращивали в чашках Петри с агаризированным пивным суслом, разведённым до 4° Балинга. Посев гриба производили уколом в центр чашки, для каждого штамма использовали 3 чашки. Культивировали посеvy при 4°, 23° и 27 °С. Начиная со вторых суток, и далее через день, по 12-й день включительно, производили замеры диаметра колоний в 2-х перпендикулярных направлениях. Для всех грибных культур определяли радиальную скорость роста.

Анализ полученных результатов показал, что рост культур траметоидных грибов возможен уже при 4°С, но начинается он на 4-6 суток позднее, чем рост в условиях комнатной температуры (23°С) (рис.).

Из изученных культур только *Daedaleopsis confragosa* не был способен к росту при 4°С. Радиальная скорость роста на агаровой среде возрастала с повышением температуры культивирования до 23°С у штаммов *T. versicolor* ВП и *T. versicolor* Киров в 6 раз, а у штамма *T. versicolor* 2263 – в 17 раз. Другие виды грибов также увеличивали радиальную скорость при повышении температуры до 23°С по сравнению с ростом при 4°С (табл.).

Таблица

Радиальная скорость роста траметоидных трутовиков в зависимости от температуры культивирования, мм/сут.

Штамм	Температура культивирования		
	27°С	23 °С	4°С
<i>T. versicolor</i> ВП	17,00±0,901	11,67±0,946	2,46±0,289
<i>T. versicolor</i> Киров	17,63±0,884	12,88±0,530	2,08±1,809
<i>T. versicolor</i> 2263	16,83±0,577	17,00±1,299	1,04±0,260
<i>T. hirsuta</i>	16,50±0,250	14,25±0,750	1,38±0,545
<i>T. ochracea</i>	15,50±0,250	15,67±1,127	2,08±0,191
<i>T. suaveolens</i>	15,08±0,577	12,50±0,750	1,79±0,144
<i>D. confragosa</i>	14,00±1,061	11,25±1,146	0,00

При 23 °С достигали максимальной в опыте скорости роста только культуры *T. versicolor* 2263 и *T. ochracea*. Остальные штаммы грибов характеризовались максимальной скоростью роста при 27°С. Существенные различия в скорости роста при температурах 23°С и 27°С прослеживались у грибов до 8 суток включительно (рис.). В более поздние сроки наблюдений ростовые различия, ввиду зарастания грибами всей поверхности чашки, проследить не удалось.

Таким образом, экологические условия, в которых гриб произрастал в природе, оказывают влияние и на кинетические свойства штамма в мицелиальной культуре.

Литература

Автономова А. В., Завьялова Л. А., Гарибова Л. В., Краснопольская Л. М. Изучение физиологических характеристик штаммов *Ganoderma lucidum* (Curt.: fr.) P. Karst // Успехи медицинской микологии, Т. 5. М.: Национальная академия микологии, 2005. С. 164–166.

Guthrie J. M., Degradation of PSP by laccases of the white-rot fungus *Trametes* sp. HR577. – Palmerston North: at Massey University, 2007. 253 p.

СИНТЕЗ КСИЛАЗ *FENNELIA FLAVIPES* 2608 НА ПРЕДОБРАБОТАННОМ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕМ СУБСТРАТЕ

Ю. С. Неклева¹, В. О. Красинько¹, С. А. Сырчин²

¹ *Национальный университет пищевых технологий, Киев, info@nuft.edu.ua*

² *Институт микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины, secretar@serv.imv.kiev.ua*

Исследования в области получения целлюлаз с высокой активностью по отношению к лигноцеллюлозной биомассе продолжают оставаться актуальными, поскольку позволяют получать сахара для производства биоэтанола второго поколения (целлюлозного этанола).

Целлюлазный комплекс представляет собой систему ферментов, действующих комплексно на целлюлозный субстрат и проявляющих синергизм действия. В комплекс входят: 1,4-β-D-глюканглюканогидролаза или эндоглюканаза (КФ 3.2.1.4), 1,4-β-D-глюканцеллобиогидролаза (экзоглюканаза или целлобиогидролаза, КФ 3.2.2.91), β-глюкозидаза (β-D-глюкозидглюкогидролаза КФ 3.2.1.21) (Kumar, Murthy, 2013). Все целлюлазы характеризуются большим биотехнологическим потенциалом и составляют около 30% мировой продукции ферментов.

Ксиланазы – ферменты, разлагающие линейный полисахарид β-1,4-ксилан до ксилозы, разрушая, таким образом, гемицеллюлозы – один из основных компонентов клеточных стенок растений. Ксиланазы используют в производстве кормов для животных. Предварительная обработка силоса зерновых кормов ксиланазой улучшает пищевую ценность кормов и пищеварение у жвачных (Регламент комиссии ..., 2005).

Установлена технологическая эффективность использования ферментных препаратов ксиланазы и гемицеллюлазы для формирования стабильного качества хлеба из ржаной и смеси ржаной и пшеничной муки в различных соотношениях. Исследованы свойства теста, в состав которого вносили α-амилазу, глюкозооксидазу или ксиланазу. Хлеб наилучшего качества был получен с применением ксиланазы. Он характеризовался большим удельным объемом и высоким качеством. Было установлено, что добавление ксиланазы увеличивает удельный объем хлеба на 60%. Кроме того, была улучшена структура мякиша и хлеб более длительный период оставался свежим (Гришутин, 2004).

Таким образом, принимая во внимание многоплановость применения ксиланаз, актуальным является подбор новых продуцентов и повышение эффективности биосинтеза этих ферментов.

Объектом исследования был микромицет *Fennellia flavipes* 2608 из музейной коллекции культур отдела физиологии и систематики микромицетов Института микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины, способный к образованию внеклеточных ферментов целлюлолитического комплекса.

Культивирование гриба осуществляли глубинным способом на среде Чапека, содержащей предобработанную солому (г/л): солома – 5, NaNO₃ – 2, KH₂PO₄ – 1, KCl – 0,5, MgSO₄ – 0,5, FeSO₄ – 0,01; при температуре 28°C в течение 4 суток.

Было выполнено 8 различных комбинаций предобработки (табл.), химическими (едким натром – 2% и 5%) и физическими (микроволновым облучением мощностью 450 Вт и 900 Вт, время экспозиции 5 и 10 мин.) методами. Отбор проб культуральной жидкости для определения ксиланазной активности проводили один раз в сутки.

Таблица

Варианты предобработки пшеничной соломы

№ варианта	Концентрация едкого натра, %	Мощность СВЧ, Вт	Время облучения, мин.
1	2	450	5
2	2	900	5
3	2	450	10
4	2	900	10
5	5	450	5
6	5	900	5
7	5	450	10
8	5	900	10

За единицу ксиланазной активности принимали количество фермента, которого было достаточно для гидролиза ксилозы с образованием 1 мкМ редуцирующих сахаров за 1 мин. при температуре 50°C и рН 4,6 (стандартные условия) (ГОСТ 31488-2012).

Ксиланазная активность носила синхронный характер почти во всех вариантах эксперимента, кроме варианта без предварительной обработки соломы (рис.). Пик ксиланазной активности на предобработанной соломе приходился на первые сутки культивирования и составлял 21,2 ед/мл в условиях наиболее жёсткой предобработки (варианты № 8 и № 7): концентрация NaOH 5%, мощность облучения 900 Вт, время облучения 10 мин. и концентрация NaOH 5%, мощность облучения 450 Вт, время – 10 мин.

В варианте без предобработки наивысший пик активности (18,5 ед/мл) наблюдали на 3 сутки.

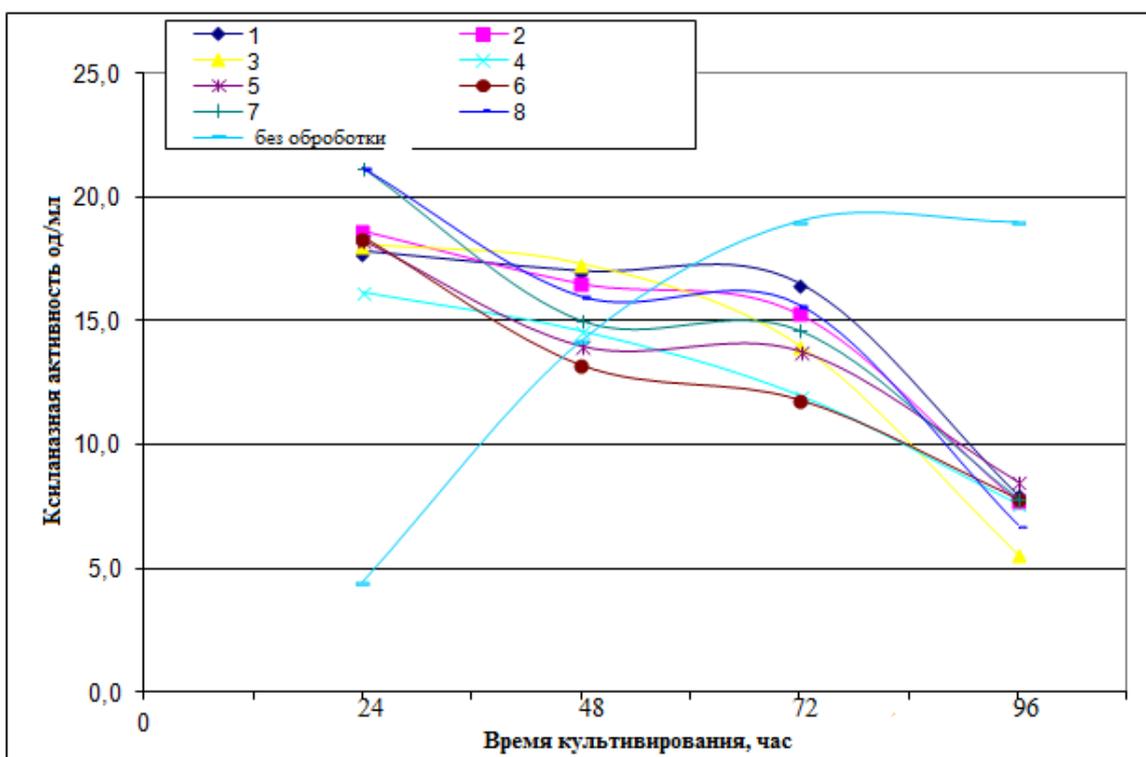


Рис. Ксиланазная активность при росте *Fennellia flavipes* 2608 на предобработанном субстрате

Таким образом, предварительная обработка субстрата позволяет не только повысить выход ксиланазы до 53%, а и существенно сократить срок культивирования продуцента, что является экономически целесообразным.

Литература

ГОСТ 31488-2012. Препараты ферментные. Методы определения ферментативной активности ксиланазы.

Гришутин С. Г. Свойства ксиланаз, β -глюконаз и ксилоглюконаз *Aspergillus japonicus*: дис. канд. хим. наук М., 2004. 177с.

Регламент комиссии (ЕС) № 521/2005 «О постоянном разрешении на некоторую предобработку и о временном разрешении на новое использование определенных кормов, что были разрешены в качестве кормов животным. От 1 апреля 2005 года.

Kumar D., Murthy G. S. Stochastic molecular model of enzymatic hydrolysis of cellulose for ethanol production // *Biotechnology for Biofuels*. 2013. V.6. N 63. 20 p.

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕДИ НА РАЗВИТИЕ ПОЧВЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ

Л. И. Домрачева^{1,2}, Е. А. Горностаева¹, Д. В. Казакова¹, Е. С. Субботина¹

¹Вятская государственная сельскохозяйственная академия,

²Лаборатория биомониторинга Института биологии

Коми НЦ УРО РАН и ВятГГУ,

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 (их направленность), 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 микробов-индикаторов 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 (природного или антропогенного). Поэтому возрастание относительного обилия пигментированных грибов служит сигналом о начинающемся неблагополучии почвы при изучении сельскохозяйственных или техногенных экосистем.

Цель данной работы – изучение влияния возрастающих концентраций ионов меди на развитие почвенных микромицетов в пахотной почве.

Опыт был проведен на опытном поле ВГСХА. Почва дерново-подзолистая, среднесуглинистая. Покрывающей культурой был горох сорта Лучезарный. Медь в виде раствора соли ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) вносили в почву перед посадкой семян в концентрациях 3, 150 и 300 мг/г почвы, что соответствует 1, 50 и 100 ПДК по меди.

При уборке урожая одновременно отбирали почвенные образцы для количественного учета микромицетов.

При прямом микроскопическом учете грибов было установлено, что при возрастании концентрации меди в почве происходят существенные изменения в состоянии популяций микромицетов. В первую очередь, это проявляется в увеличении общей численности грибных зачатков (пропагул) в вариантах с максимальной концентрацией меди (табл. 1). Так, по сравнению с контролем внесение в почву меди в дозах 150 и 300 мг/кг приводит к возрастанию фрагментов

мицелия в 6,7 и в 8,5 раз соответственно. Таким образом, между этими показателями наблюдается чрезвычайно высокая степень прямолинейной зависимости, о чем свидетельствует коэффициент корреляции, равный 0,9675. Однако это обилие не сопровождается нарастанием грибной биомассы, так как загрязнение почвы медью приводит к такой морфологической аномалии, как резкое уменьшение длины грибных фрагментов. Если в контроле средняя длина мицелиального фрагмента колебалась в пределах 32–40 мкм, в 3-м и 4-м вариантах этот показатель был необычайно мал (всего 3–6 мкм). Подобное стремительное измельчение клеток ранее отмечалось для бактерий, развивающихся в загрязненных почвах, независимо от характера загрязнения (Лысак, 2010). Было установлено, что численность и доля наноформ бактерий в загрязненных почвах, в том числе загрязненных и ТМ, выше, чем в незагрязненных. Предполагают, что способность обычных бактерий переходить в состояние наноформ является одним из возможных механизмов сохранения жизнеспособности в неблагоприятных условиях среды.

Таблица 1

Влияние возрастающих концентраций меди на численность микромицетов в почве

Вариант	Численность фрагментов мицелия (тыс./г)		Всего пропагул (тыс./г)
	бесцветных	окрашенных	
1. Контроль	900±100	430±50	1330±150
2. Cu ²⁺ 1 ПДК	600±100	1770±200	2370±300
3. Cu ²⁺ 50 ПДК	1530±35	7400±1100	8930±1135
4. Cu ²⁺ 100 ПДК	1770±300	9570±800	11340±1100

Корреляция между степенью загрязнения почвы и возрастанием численности грибов, возможно, обусловлена тем, что в загрязненных почвах происходит стимуляция размножения специфических групп микромицетов. Ранее отмечалось, что в грибном сообществе загрязненной почвы появляются необычные для нормальных условий, устойчивые к ТМ виды микромицетов, многие из которых обладают фитотоксическими свойствами (Левин и др., 1989). Эффект фитотоксичности сказывается как на прорастании семян, так и на развитии проростков. Подобные явления были зарегистрированы в вегетационных и полевых опытах только при концентрациях ТМ в 50-300 раз выше фоновых. Следовательно, возможное снижение урожая сельскохозяйственных культур в загрязненных почвах может определяться не только непосредственным действием поллютанта, но и возросшей токсигенной активностью микобиоты.

Еще один аспект влияния меди на микокомплексы проявляется в изменении структуры их популяций, которое проявляется в резком сокращении форм с бесцветным мицелием и возрастанием доли меланизированных грибов (рис. 1). Так, при фоновом содержании меди в почве (контроль) с коэффициентом корреляции Пирсона $r=0,9267$ пигментированные грибы составляют всего 32,3% от общего количества. При концентрациях меди 150 и 300 мг/кг (50 и 100 ПДК) этот показатель достигает свыше 80%. Выявленная закономерность ещё раз подтверждает давно установленный факт, что повышенной толерантно-

стью к различным экстремальным и стрессовым факторам среды обладают грибы, вырабатывающие меланины – соединения, способные в своих клетках связывать ТМ и другие поллютанты в нетоксичные комплексы. Поэтому доминирование пигментированных грибов в почвенных микоценозах можно рассматривать как индикационный признак на загрязнение почвы.

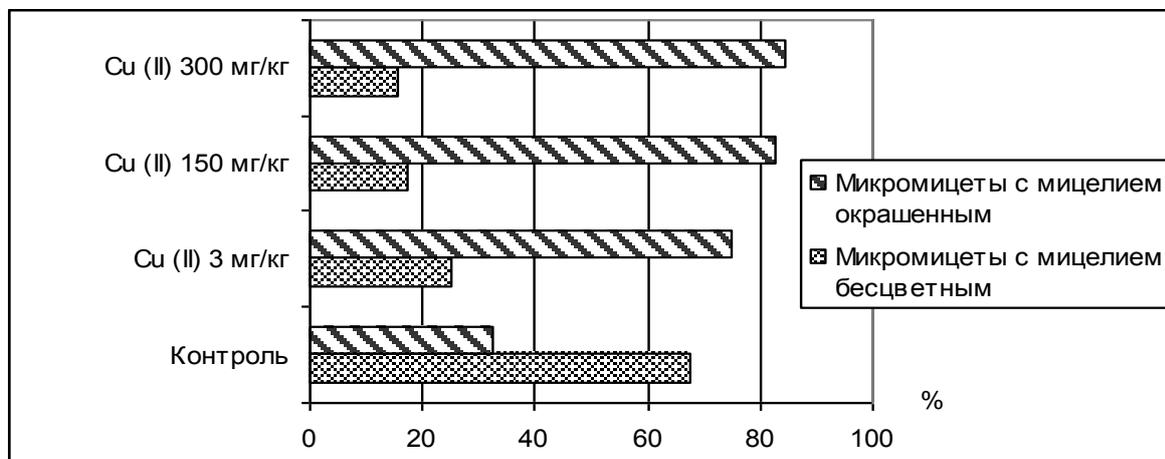


Рис. 1. Влияние возрастающих концентраций меди на соотношение грибов с бесцветным и окрашенным мицелием (%)

Совсем другая картина наблюдается при анализе урожайных данных по гороху (табл. 2). Медь в любых концентрациях вызывает снижение урожая ($r=-7924$), что, как отмечалось выше, может быть не только следствием действия ТМ, но и накоплением в почве токсинов грибного происхождения.

Таблица 2

Влияние возрастающих концентраций меди на урожай гороха (г/м²)

Вариант	Урожай семян гороха	Убыль к контролю, %
1. Контроль	292,3	0
2. Cu ²⁺ 1 ПДК	190,8	34,7
3. Cu ²⁺ 50 ПДК	105,6	63,9
4. Cu ²⁺ 100 ПДК	117,1	59,9

Таким образом, исследования по влиянию возрастающих концентраций меди на развитие почвенных микромицетов, проведенные в полевых условиях показали, что данный ТМ является сильнейшим стресс-фактором как для микробиоты, так и для высшего растения. Однако вектор действия данного фактора для них различен (рис. 2).

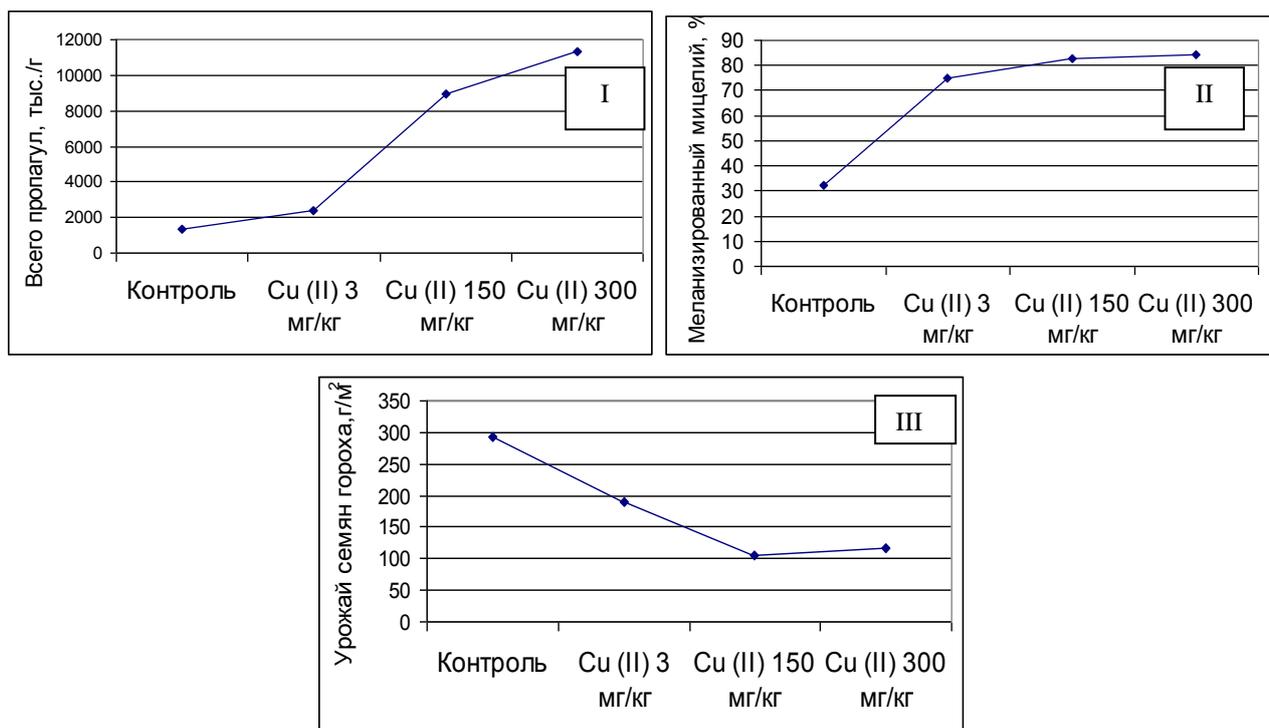


Рис. 2. Влияние возрастающих концентраций меди на численность микромицетов (I), относительное обилие меланизированных форм грибов (II) и урожай семян гороха (III)

Медь провоцирует следующие изменения в состоянии микокомплексов:

- резкое увеличение численности грибных зачатков в почве;
- усиление фрагментации мицелия, которое сопровождается снижением их средней длины;
- стремительная меланизация грибных популяций.

Подобные изменения микокомплексов, вероятно, вызваны серией адаптационных реакций микромицетов, направленных на выживание в изменившихся условиях среды. Однако высшее растение не способно к подобной адаптации и на действие меди отвечает снижением урожая семян более, чем на 60%.

Литература

- 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 агроэкосистему Московского региона // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2006. № 2. С. 79–86.
- Левин С. В., Гузев В. С., Асеева И. А., Бабьева И. П., Марфенина О. Е., Умаров М. М. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микрофлору // Микроорганизмы и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 15–46.
- Лысак Л. В. Бактериальные сообщества городских почв: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 2010. 46 с.
- Марфенина О. Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех, 2005. 196 с.

Научное издание

**Биодиагностика состояния
природных и природно-техногенных
систем**

Материалы
XII Всероссийской научно-практической
конференции с международным участием

2–3 декабря 2014 г.

Книга 1

Редактор: Т. Я. Ашихмина

Верстка: Е. М. Кардакова

Издательство ООО «ВЕСИ»
610000, г. Киров, ул. Казанская, 50 а,
E-mail: ooovesy@yandex.ru

Подписано в печать 18.11.2014 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. п. л. 21,75. Заказ № 722. Тираж 200 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Лобань»,
610000, г. Киров, ул. Московская, 52.
тел./ф.: (8332) 69-50-15

Вятский государственный гуманитарный университет,
610002, г. Киров, ул. Красноармейская, 26.