СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ V ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,

посвящённой 120-летию со дня рождения профессора Е. В. Талалаева
Иркутск, 22 апреля 2022 г.

ISBN 978-5-9624-2095-0

УДК 57/59
ББК 28
С69

Печатается по решению
ученого совета биолого-почвенного факультета ИГУ

Редакционная коллегия:
А. Н. Матвеев, Е. А. Мишарина, А. В. Лиштва, О. Ф. Вятчина, В. П Саловарова, А. В. Третьякова, И. Н. Гутник, А. А. Приставка, Н. Д. Киселева, И. О. Батранина

Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий : материалы V Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Иркутск, 22 апреля 2022 г. / ФГБОУ ВО «ИГУ» ; редкол.: А. Н. Матвеев [и др.] – Иркутск : Издательство ИГУ, 2022. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM). – Заглавие с этикетки диска.

ISBN 978-5-9624-2095-0

Публикуются тезисы докладов, представленных на V Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной обсуждению актуальных проблем биологии, экологии и почвоведения.

Предназначено для преподавателей высших учебных заведений, научных сотрудников, аспирантов, студентов магистратуры и бакалавриата, интересующихся актуальными проблемами и разработками в различных областях биологии, экологии и почвоведения.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет»
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1; тел. +7 (3952) 51-19-00
Издательство ИГУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124
тел. +7 (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@lawinstitut.ru
Подписано к использованию 18.11.2022. Тираж 15 экз. Объем 13,5 Мб.

Тип компьютера, процессор, частота:	32-разрядный процессор, 1 ГГц или выше
Оперативная память (RAM):	256 МБ
Необходимо на винчестере:	320 МБ
Операционные системы:	ОС Microsoft® Windows® XP, 7, 8 или 8.1. ОС Mac OS X
Видеосистема:	Разрешение экрана 1024x768
Акустическая система:	Не требуется
Дополнительное оборудование:	Не требуется
Дополнительные программные средства:	Adobe Reader 6 или выше

© ФГБОУ ВО «ИГУ», 2022

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ V ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,

посвящённой 120-летию со дня рождения профессора Е. В. Талалаева

Иркутск, 22 апреля 2022 г.

ISBN 978-5-9624-2095-0

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет»
Биолого-почвенный факультет

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ V ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,

посвящённой 120-летию со дня рождения профессора Е. В. Талалаева
Иркутск, 22 апреля 2022 г.

ISBN 978-5-9624-2095-0

СОДЕРЖАНИЕ

КЛАССИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Батранин Д. А., Зуева А. Д. Роль водорослей в питании плотвы из р. Едарма (левый приток Богучанского водохранилища) 7

Белова В. А. Цифровой гербарий Иркутского государственного университета 9

Быченкова Л. О. Суточные вертикальные миграции амфипод оз. Байкал 11

Доржиева В. Р. Видовой состав и сезонная динамика амфипод литоральной зоны в истоке реки Ангары 14

Котова А. В. Зообентос залива Бурдаковка Иркутского водохранилища 17

Кузнецов Д. Ю. Свидетельства исторического развития флоры Усть-Илимского района Иркутской области 20

Лобкова Д. К., Таранюк С. И. Биология ельца в русловом участке верхней Лены 22

Макаров А. А., Михайлик И. А. Некоторые черты биологии чёрного байкальского хариуса р. Ии 24

Поваринцев А. И., Тютрина А. А. Характеристика «холодной» зимовки гусеобразных в г. Иркутске (сезон 2021–2022 гг.) 25

Ржепка Т. П. Анализ зимнего зоопланктона по результатам суточных исследований на юге Байкала 27

Ржепка Т. П. Предварительные результаты комплексного исследования вертикального распределения зоопланктона с использованием погружной голографической камеры 30

Саранчина А. Е., Мутин А. Д., Ржечицкий Я. А., Дроздова П. Б. Генетическое разнообразие байкальских амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* в реке Ангаре 32

Сидорова А. И. Зообентос р. Илиньга (Верхняя Лена) 34

Фроленок В. В. Ресурсные перспективы развития биоэкономики в Иркутской области 36

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Арбузова Г. А., Любушкина И. В., Полякова М. С., Поморцев А. В. Влияние стрессовой предобработки на содержание водорастворимых углеводов и некоторых важных фитогормонов у донорных растений озимой пшеницы 39

Бабаш В. А., Адельшин Р. В. Молекулярная эпидемиология SARS-CoV-2 на территории Иркутской области, Забайкальского края и Республики Бурятия 41
Бережная Е. В., Полякова Е. А., Корсукова А. В. Влияние фунгицидов азоксистробина и тебуконазола на функционирование митохондрий озимой пшеницы при низкотемпературном закаливании 43
Бобкова В. А. Биохимические и масс-спектрометрические методы идентификации микроорганизмов в биологических средах 46
Васильева У. А., Кириченко К. А. Изменение состава и содержания жирных кислот двух видов *Draparnaldioides* при культивировании в лабораторных условиях 47
Власевская А. Д., Золотовская Е. Д., Дроздова П. Б., Лубяга Ю. А. Получение векторной конструкции с геном *CTL2* из амфипод вида *Eulimnogammarus verrucosus* 49
Власова А. А. Роль биодоступного азота в развитии индуцированного старения листьев *Arabidopsis thaliana* L. 53
Гавлик Е. И., Сергиенко С. Э. Эффекты додецилсульфата натрия на связывание клеток *Micrococcus luteus* с углеродсодержащими субстратами 55
Горбунова А. И. Отбор и хранение чистых культур базидиомицетов с использованием агаровых дисков 58
Дамбаева Г. В., Долгих М. М. Черви и нефтезагрязнения 60
Еловская И. С., Чёрницына С. М. Бесцветные серные бактерии рода Thiothrix, обитающие в районе термального источника Змеиный (Северный Байкал) 63
Захарова Д. В., Огарков О. Б., Орлова Е. А. Молекулярно-генетическая идентификация двух штаммов рода *Fomitopsis spp.* 65
Имидоева Н. А., Дмитриева М. Е., Шелковникова В. Н., Переляева Е. В. Первичная оценка биоразнообразия психрофильных микроорганизмов-деструкторов в экосистеме озера Байкал 68
Кащук Н. Д., Широкова Ю. А. Распределение байкальских эндемичных амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* в камере парного выбора при различных схемах проведения поведенческих экспериментов 70
Ласточкина Е. Е. Фильтрующиеся бактерии озера Байкал 73
Марцинечко А. С. Культивируемые психрофильные и психротолерантные микроорганизмы из озёр Восточной Сибири 75
Оюун-Эрдэнэ А., Дэлгэрмаа С. Результаты исследования молочнокислых бактерий, выделенных из традиционных кисломолочных продуктов Монголии 78
Перфильева А. И., Харасова А. Р., Липчанская Т. В., Нечаев Н. И. Влияние нанокомпозитов меди в природных полимерных матрицах на жизнеспособность бактерий и культурных растений 81

Полякова Е. А., Федотова О. А. Активность и содержание «внешних» ротенон-нечувствительных НАД(Ф)Н-дегидрогеназ в митохондриях яровой пшеницы при умеренном тепловом воздействии и тепловом шоке 84
Полянская И. В., Арбузова Г. А., Полякова М. С., Семенова Н. В. Влияние синтетических ауксинов на дыхательный метаболизм проростков яровой пшеницы сорта Новосибирская-29 87
Рыкова А. В., Казаринова Т. Ф. Исследование микроорганизмов, перспективных для биоремедиации грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами 89
Санчир Б., Дэлгэрмаа С. Микробиологическое исследование винных дрожжей 90
Сташкевич П. С., Топчий И. А. Эффекты цтаб и твина-80 на работу микробных топливных элементов 93
Тархова В. В., Ломакина А. В. Микробные сообщества как возможные участники процессов формирования аутигенных карбонатов в осадках озера Байкал 95
Топчая Е. С. Влияние твина-80 на рост штамма нефтеокисляющей актинобактерии 98
Шелковникова В. Н., Дмитриева М. Е., Белышенко А. Ю., Аксёнов-Грибанов Д. В. Оценка метагеномных сообществ и антиоксидантной активности бактерий-оксифилов озера Байкал 101
Ярыгина Г. Г., Мориц А. С. Влияние анавидина на метаболизм *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D, культивируемого в минеральной среде с разными источниками углерода 102

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

Будак А. А. Некоторые физико-химические свойства почв острова Ольхон 104
Волошенко М. А. Цифровое картографирование почвенного покрова Зиминского района (на примере ключевого участка) 107
Гадалина Ю. А., Мартынова Н. А. Подходы оценки степени экологической устойчивости почв (на примере Прибайкалья) 109
Горбунова Л. Н. Агроэкологический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения 112
Иванова М. А. Подготовка почв к определению глинистых минералов на красноцветных отложениях Приангарья 114
Иванова Т. С. Сравнительная почвенно-экологическая оценка сельскохозяйственных земель Республик Хакасия и Тува, Иркутской области 116
Игнатьева Ю. А. Особенности почвообразования в аллювиальных почвах 119
Кокорин Н. А., Куклина С. Л. Следы криогенных явлений в отложениях ГАО «Мальта-Мост-3» 121

Колотилина К. В., Бережных Ю. В. Деградация сельскохозяйственных земель долины реки Куяда 123
Куклина А. Е. Сравнительный анализ содержания подвижных, лабильных, легкоразлагаемых форм гумусовых веществ в почвах как показателя уровня плодородия почв 126
Ливанова А. Д., Мартынова Н. А. Гумус почвы: современные представления, подходы, методы анализа и оценки свойств (на примере Байкальского региона) 129
Орхокова Е. А., Мартынова Н. А. Влияние почвообразующих пород на почвообразование (на примере Байкальской Сибири) 133
Радченко А. В. Роль природных и антропогенных факторов в формировании почвенного покрова 136
Савостьянова А. М., Киселева Н. Д. Карбонатное состояние почв 138
Савчук Т. А., Мартынова Н. А. Почвы окресностей г. Иркутска и оценка их экологического состояния на основе дистанционного зондирования 141
Сомов С. А. Солёный источник из скважины в устье ручья Сырой Кук-Юрт (пос. Большой Луг, Шелеховский район, Иркутская область) 145
Тупицына Ю. С., Шергина О. В. Экологическая оценка эмиссии углекислого газа из почв урбанизированных территорий Приангарья 149
Уткина А. Д. Применение методов математической статистики в почвенных исследованиях 152
Цыденова Д. Э., Мартынова Н. А. Неоднородность почвенного покрова Тункинской долины Байкальской рифтовой зоны 155
Шергина А. В., Тупицына Ю. С. Экологическая оценка почв и растений на техногенно-нарушенной территории г. Усолья-Сибирского 159

ЭКОЛОГИЯ

Верещагина Е. А. Эколого-субстратный анализ видового состава бриофлоры на градиенте Восточный Саян-Иркутского-Черемховская равнина (Иркутская область, Усольский район)... 162
Енин Э. В. Экоморфологическая структура *Salix*-фракции флоры сосудистых растений западной части Байкальской Сибири 166
Зуева А. Д. Эколого-биологическая структура ценофлоры верховых болот в междуречье Хара-Мурин и Паньковки 169
Рыков В. П. Некоторые аспекты экологии соболя Иркутской области по результатам промыслового сезона 2021–2022 172
Тельнова Т. Ю., Моргунова М. М., Шашкина С. С., Аксёнов-Грибанов Д. В. Загрязнение лекарственными препаратами водных экосистем. поиск лекарственных препаратов в амфиподах оз. Байкал 174
Шелест К. Ю., Мишарина Е. А., Батранина И. О. Особенности родников как малых водотоков и среды обитания для гидробионтов 175

УДК 597.554.3:582.2(282.256.3)

РОЛЬ ВОДОРОСЛЕЙ В ПИТАНИИ ПЛОТВЫ ИЗ Р. ЁДАРМА (ЛЕВЫЙ ПРИТОК БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА)

Д. А. Батранин, А. Д. Зуева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
badmal3477@gmail.com

Data on the feeding characteristics of roach from the Yodarma River are given.

Изучение питания рыб, населяющих малые реки, является одной из насущных задач, позволяющих дать оценку состояния как отдельного вида, так и в определенной мере всего сообщества водотока. Плотва, наряду с окунем, является одним из фоновых видов рыб р. Ёдарма.

Река Ёдарма расположена на территории Усть-Илимского района, на границе Иркутской области и Красноярского края. Водоём имеет протяженность 153 км и расположен в 720 км по левому берегу от устья р. Ангары (ныне Богучанское водохранилище).

Исследования ихтиофауны этой реки как в период формирования Богучанского водохранилища, так и в более ранний период практически не проводились. Также нет информации и о таксономическом статусе низшей водной растительности в рационе карповых рыб в водоёмах Восточной Сибири. В связи с этим целью настоящей работы стало изучение особенностей питания плотвы, в частности водорослей, преобладающего как по массе, так и по частоте встречаемости компонента её питания.

Сбор материала проводился в августе 2020 г. Лов осуществлялся в р. Едарма в районе подпора Богучанского водохранилища с помощью ставных сетей с ячеей 24–27 мм. Вся пойманная рыба фиксировалась 4%-ным раствором формалина, дальнейшая обработка проводилась в лабораторных условиях на базе кафедры зоологии позвоночных и экологии ИГУ согласно традиционным методам [1; 3; 4]. Трофологическому анализу было подвергнуто 40 экз. разновозрастных рыб.

Результаты. Исследование роли доминирующих пищевых компонентов в рационе плотвы показал, что наиболее часто встречаемой группой питания являются зелёные водоросли, преимущественно *Oedogonium* sp. (88,77 % по частоте встречаемости), *Cladophora* sp. (73,08 % по частоте

встречаемости) и *Spyrogura* sp. (61,54 % соответственно). Вторым по значимости компонентом питания были диатомовые с доминированием представителей рода *Pinnularia* (69,23 % по частоте встречаемости). Практически в два раза меньшим было значение представиелей родов *Fragilaria* (30,77 % по частоте встречаемости) и *Gomphonema* (23,08 % соответственно). В меньшем количестве потреблялись сине-зелёные водоросли, с доминированием рода *Rivularia* (50 % по частоте встречаемости) и *Oscillatoria* (38,46 % соответственно).

Стоит отметить, что в 53 % исследуемых желудков встречаются представители макрозообентоса, такие как личинки хирономид, ручейников, веснянок и подёнок, однако массовая доля их столь невелика (0,1–3,1 %), что можно считать их как случайно захваченные с основной пищей.

Индекс наполнения пищеварительного тракта в среднем составлял 47,47 $^{0}/_{000}$ при максимальном значении 167,41 $^{0}/_{000}$.

Сравнивая полученные нами данные по питанию с ранее опубликованными [2], приводимыми для Богучанского водохранилища, следует отметить резкое различие в спектре питания рыб. Так, питание плотвы в середине августа 2017 г. близ о. Берёзовый основывалось на потреблении планктона, составляющего 99,68 % массы съеденной пищи, отмеченной во всех исследованных пищеварительных трактах. Остальная часть приходилась на личинок и куколок хирономид.

Индекс наполнения пищеварительного тракта в среднем составлял 6,35 $^{0}/_{000}$ при максимальном значении 29,02 $^{0}/_{000}$.

В районе о. Берёзовый произошло значительное изменение гидрологического режима водоёма – снижение скорости течения, снижение процессов водообмена, увеличение глубин, увеличение температуры воды, что благоприятно сказалось на развитии зоопланктона в водоёме, однако в р. Ёдарма течение, а вследствие и низкая температура воды, являются лимитирующими факторами для его развития. Таким образом, низшие растения являются более доступным пищевым объектом, так как занимают значительные пблощади в данном водоёме.

Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых No (091-20-313) «Исследование механизмов формирования структуры ихтиоценоза верхнего участка Богучанского водохранилища и его притоков в первые годы после его заполнения.

Список литературы

1. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М. : Наука, 1974. 254 с.

2. Батранин Д. А., Юрьев А. Л., Хлуднев Г. Б. Некоторые черты биологии рыб верхнего участка Богучанского водохранилища // Современные проблемы биологии, экологии и почвоведения : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию высш. биол. образования в Вост. Сибири. Иркутск, 19–20 сент. 2019 г. / [редкол.: А. Н. Матвеев [и др.]]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2019. С. 24–26.

3. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М. : Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
4. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 164 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Матвеев А. Н.

УДК 58.082.115

ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ ИРКУТСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

В. А. Белова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
amarillis.bva@mail.com

Digitization of the herbarium named after Prof. V.I. Smirnov of Irkutsk State University (IRKU) has been carried out since 2019 as part of the project “Flora of Baikal Siberia Information System” on the platform plant.depo.msu.ru”, supported by the RFBR and the Government of the Irkutsk region. More than 40,000 herbarium sheets have been scanned. In open access on the portal plant.depo.msu.ru and 24805 samples of the IRKU herbarium containing 552 species of vascular plants are placed in the GBIF system. Digitization of herbarium collections is a necessary element of modern botanical science.

Гербарий имени профессора В. И. Смирнова кафедры ботаники Иркутского государственного университета (IRKU) – это крупнейшая в Восточной Сибири гербарная коллекция, включающая около 150 тыс. образцов. Гербарий представлен семью отделами: отдел Азиатской России, Общий, Исторический, Типовой, Криптогамный, Учебный гербарий и Дублетный фонд. Семейства в коллекции расположены по системе А. Энглера, роды и виды – в порядке латинского алфавита. Наиболее обширным является отдел Азиатской России. В настоящее время в нем инсерировано около 95 тыс. гербарных образцов, расположенных в 20 гербарных шкафах. Исторический отдел (примерно 2500 листов) включает сборы коллекторов XIX в. и некоторые персональные и тематические коллекции, хранящиеся отдельно от основных фондов [1].

С 2019 г. в рамках проекта «Информационная система “Флора Байкальской Сибири” на платформе plant.depo.msu.ru», поддержанного программой Российского фонда фундаментальных исследований и Правительством Иркутской области (проект № 20-45-380009), ведется ревизия, оцифровка и размещение в открытом доступе гербарной коллекции IRKU.

Важным, предваряющим сканирование этапом является ревизия гербарных образцов. На этой стадии в основном проверяется правильность идентификации образцов и размещения их по регионам. При необходимости, выполняется реконструкция поврежденных экземпляров. В результате ревизии IRKU обнаружены виды, новые для Иркутской области, Бурятии и Забайкальского края, а также образцы, дополняющие распространение некоторых таксонов в Байкальской Сибири [2].

Оцифровка гербарных образцов производится при помощи специально приобретенного для этих целей сканера MICROTEK ObjectScan 1600, с соблюдением международных требований. Каждый смонтированный гербарный лист снабжается этикеткой со штрих-кодом, к нему прикладывается масштабная линейка и цветовая шкала на 23 цвета. Сканирование проводится в цветном формате с разрешением 600 dpi. В настоящее время отсканировано более 40 тыс. гербарных листов.

Одновременно со сканированием формируется база данных гербарных образцов в программе Microsoft Excel. В нее заносятся таксономические данные, информация из этикеток и географические координаты, позволяющие сделать геопривязку местонахождений образцов. В настоящее время координаты указаны для 20 494 образцов.

Отсканированные образцы после предварительной обработки размещаются на платформе Цифрового гербария МГУ (https://plant.depo.msu.ru). Публикация отсканированных образцов ведется через двуязычный портал Национального банка-депозитария живых систем. Для Гербария ИГУ создана точка входа в виде отдельного портала. Стандартизированные данные автоматически экспортируются в систему GBIF (Глобальная информационная система о биоразнообразии), которая, в числе прочего, позволяет формировать точечные карты ареалов видов. В настоящее время в Цифровом гербарии МГУ и в системе GBIF размещено 24805 образцов гербария IRKU, содержащих 552 вида сосудистых растений: блоки споровых сосудистых растений, голосеменных и однодольных от семейства Typhaceae по семейство Cyperaceae (до рода *Carex* включительно). Среди девяти участников консорциума Цифрового гербария МГУ коллекция IRKU занимает третье место по числу образцов.

Для развития современной науки важной задачей является оцифровка гербарных фондов и создание баз данных по коллекциям, поскольку таким образом укрепляются междисциплинарные связи между ботаническими и смежными науками.

Цифровые коллекции значительно облегчают работу с большими массивами данных, привязанных к гербарным образцам. Открытый доступ к гербарию важен для сбора информации о биоразнообразии, географическом распространении таксонов, данных по биологии и экологии видов, проведения исследований по таксономии, систематике, охране растительного мира и т. п. При этом обеспечивается большая сохранность коллекций. Кроме того, появляется возможность работы с труднодоступными коллекциями, например, гербариями особо охраняемых природных территорий, гербариями научных и образовательных учреждений удаленных территорий и т.д. Базы данных позволяют быстро и качественно делать выборки видов по заданным параметрам, таким как географические координаты, дата сбора, коллектор, тип местообитания, фенофаза и др.

Список литературы

1. Чепинога В. В., Степанцова Н. В., Лиштва А. В. Состояние фондов Гербария имени профессора В. И. Смирнова Иркутского государственного университета // Актуальные проблемы науки Прибайкалья / отв. ред.: И. В. Бычков, А. Л. Казаков. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020. Вып. 3. С. 238–242.

2. Флористические находки на территории Байкальской Сибири / Н. В. Степанцова, В. В. Чепинога, С. Г. Казановский, В. С. Вишняков, О. А. Костромина, В. А. Белова. (в печати)

Научные руководители: д-р биол. наук, профессор Чепинога В. В., канд. биол. наук, доцент Степанцова Н. В.

УДК 574.589:911.52(282.256.341)

СУТОЧНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ МИГРАЦИИ АМФИПОД ОЗ. БАЙКАЛ

Л. О. Быченкова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
lyuba.kryukova.1998@mail.ru

The article describes the results of the research of daily vertical migrations of benthic amphipods in Bolshye Koty Bay in July 2021. Data on the species and gender and age composition of the nocturnal migration complex are presented.

Явление суточных вертикальных миграций (СВМ) свойственно многим гидробионтам, обитающим в морских и континентальных водоёмах. Оно наблюдается как у пелагических, так и у бентосных организмов, поднимающихся в ночное время в водную толщу. Наибольший интерес в изучении таких перемещений представляют байкальские бентосные бокоплавы (*Crustacea, Amphipoda*), которые совершают СВМ наиболее интенсивно до глубин 10–15 м. В Байкале СВМ бентосных животных изучают более 20 лет [4; 5].

Материалы и методы

Материал для изучения СВМ был собран 17 июля 2021 г. на Южном Байкал в районе бухты Большие Коты. Сбор проводился со старого пирса – в 500 м от действующего пирса, с глубины 2 м. По составу грунта – дно песчаное с единичными, средних размеров, валунами. Отбор проб выполняли после наступления тёмноты – в 01.00 ч. Для количественных сборов использовали планктонную сеть Джеди (D = 37,5 см, газ № 55), погружение которой производили по два раза. Материал фиксировали 70%-ным раствором спирта. В лабораторных условиях определяли видовой состав амфипод, у каждого экземпляра пол, у самок – стадию полового созревания по А. Я. Базикаловой [1], измеряли длину тела особей как расстояние от начала рострума до конца тельсона.

Результаты

В составе ночного миграционного комплекса (НМК) всего было обнаружено 7 видов амфипод: *Micruropus vortex vortex* (Dyb.), *Eulimnogammarus cyaneus* (Dyb.), *Micruropus koshowi koshowi* Baz., *Gmelinoides fasciatus* (Stebb.), *Baicalogammarus pullus* (Dyb.), *Pallasea brandtii brandtii* (Dyb.), *Pallasea cancelloides* (Gerstf.). Из них доминировали 4 вида: *E. cyaneus, M. koshowi koshowi, M. vortex vortex, G. fasciatus* (рис. 1).

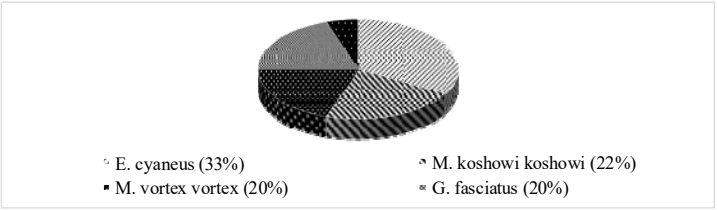


Рис. 1. Процентное соотношение амфипод в составе НМК
(бухта Большие Коты, 17 июля 2021 г.)

При изучении половозрастной структуры НМК было выявлено, что у вида *E. cyaneus* преимущественно мигрирует молодь (45 %), но также присутствуют самцы (23 %), самки I и II стадий (30 %). Самок III стадии не было обнаружено, хотя период размножения данного вида с мая по сентябрь. У видов *M. koshowi koshowi, M. vortex vortex* и *G. fasciatus* в составе НМК встречены самки III стадии (более 40 % от общего числа самок в пробе), но также отмечается доминирование молоди (25–35 %) (рис. 2). Факт поднятия в толщу воды в ночное время самок III стадии у видов *G. fasciatus* и *M. vortex vortex* отмечался и ранее [3].

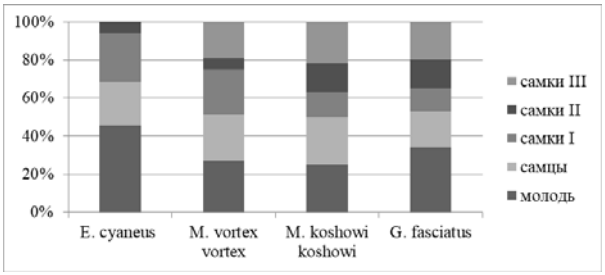


Рис. 2. Процентное соотношение половозрастных групп у доминирующих видов амфипод в составе НМК (бухта Большие Коты, 17 июля 2021 г.)

Молодью, самцами и неполовозрелыми самками I стадии в составе НМК были представлены второстепенные виды *B. pullus*, *P. brandtii brandtii*, *P. cancelloides.*

В результате проведенного исследования были подтверждены ранее опубликованные данные по СВМ в бухте Большие Коты [2]. В миграциях в ночное время участвуют представители следующих жизненных форм амфипод: гладкотелые прибрежные литофилы (*Eulimnogammarus, Baicalogammarus*), стройнотелые псаммофилы (*Micruropus*), фитофилы (*Pallasea*) и вид с переменным образом жизни (*G. fasciatus*). Также отмечается массовое присутствие в пелагиали в ночное время молоди и неполовозрелых особей амфипод. Что может указывать на то, что миграционное поведение в своем большинстве не связано с размножением и спариванием амфипод.

Список литературы

1. Базикалова А. Я. Материалы по изучению размножения байкальских // Известия АН СССР. 1941. № 3. С. 407–426

2. Верхотуркина (Говорухина) Е. Б., Бессолицына И. А., Тахтеев В. В. Популяционная структура ночных миграционных скоплений нескольких видов байкальских амфипод // Материалы ежегодной научно-теоретической конференции молодых ученых. Иркутск : Иркут. ун-т, 2000. С. 4–5

3. Говорухина Е. Б. Биология размножения, сезонная и суточная динамика населения литоральных и сублиторальных видов амфипод озера Байкал : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Иркутск, 2005. 19 с.

4. Суточные вертикальные миграции гидробионтов в прибрежной зоне оз. Байкал / В. В. Тахтеев, Д. Ю. Карнаухов, Е. Б. Говорухина, А. С. Мишарин // Биология внутренних вод. 2019. № 2. С. 50–61

5. Структура зоопланктона и ночного миграционного комплекса бентосных амфипод в районе Большого Ушканьего острова (оз. Байкал) в тёмное 153 время суток (июнь–июль) / В. В. Тахтеев, И. В. Аров, Е. А. Мишарина, Е. Б. Говорухина, И. О. Еропова (Батранина), Д. А. Батранин // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2018. Т. 23. С. 54–67.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Говорухина Е. Б.

УДК 631.4

ВИДОВОЙ СОСТАВ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА АМФИПОД ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ В ИСТОКЕ РЕКИ АНГАРЫ

В. Р. Доржиева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
viktoriadorzhieva@yandex.ru

The species composition and dynamics of coastal amphipod species in the source of the Angara River from July to October 2021 were studied. The sex and age structure and size composition of the dominant amphipod species were considered.

Бокоплавы (*Crustacea, Amphipoda*) являются одной из доминирующих групп зообентоса литоральной зоны Байкала. Значительный интерес представляет собой изучение экологии амфипод литоральной зоны, которая постоянно подвергается сезонным колебаниям абиотических факторов, таких как температура, освещенность и волнение воды. Эти и другие факторы являются определяющими в распределении в прибрежной зоне различных половозрастных групп и в сезонной дифференциации видов по периоду размножения. В настоящее время имеется лишь несколько опубликованных работ, посвящённых популяционной и репродуктивной биологии литоральных амфипод [1–6].

Цель исследований – проследить сезонную динамику популяционной структуры массовых видов амфипод у уреза воды Байкала.

Материалы и методы. Исследования проводили с июля по октябрь 2021 г. Пробы отбирали ежемесячно в дневное время на глубине 30–50 см, на участке прибрежной отмели протяженностью примерно 20 м с каменистым грунтом и единичными валунами. Для сбора использовали гидробиологический сачок из мельничного газа № 55. Материал фиксировали 70%-ным раствором спирта. Одновременно отмечали погодные условия – облачность, направление ветра, волнение. В лабораторных условиях определяли видовой состав амфипод, подсчитывали число экземпляров каждого вида. У каждого экземпляра измеряли длину и массу тела, пол, у самок стадию полового созревания по А. Я. Базикаловой [1]. Всего за период исследования было собрано 4 пробы, обработано 1851 экземпляр амфипод.

Видовой состав амфипод. В районе исследований всего было обнаружено 6 видов амфипод: *Eulimnogammarus vittatus (Dyb.), Eulimnogammarus verrucosus (Gerstf.), Eulimnogammarus cyaneus (Dyb.), Gmelinoides fasciatus (Stebb.), Pallasea brandtii brandtii (Dyb.), Microropus koshowi setosus.* Из них доминировало 4 вида: *E. vittatus, E. verrucosus, E. cyaneus, Gm. fasciatus* (рис.).

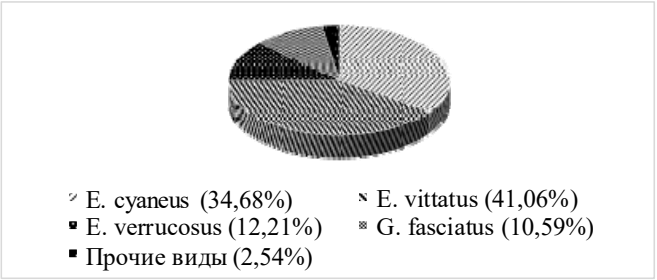


Рис. Процентное соотношение прибрежных видов амфипод в истоке р. Ангары с июля по октябрь 2021 г.

Сезонная динамика амфипод. При изучении сезонной динамики амфипод в истоке р. Ангары прослеживается изменение численной доли каждого из доминирующих видов в зависимости от месяца.

В июле и августе самым многочисленным видом амфипод был *E. cyaneus* (в июле – 33 % от общей численности; в августе – 90 %), а меньше всего около 13 % в июле и 3 % в августе – *E. vittatus*. В сентябре и октябре наиболее многочисленным оказался вид *E. vittatus* (в сентябрь – 47 %; в октябре – 83 %), а меньше всего представлен в сентябре (4,8 %) вид *E. verrucosus*, у которого отмечается с наступлением осени миграция на большие глубины [2, 5]. Вид *G. fasciatus* встречался в пробах только в июле и сентябре.

При исследовании половозрастной структуры всех четырех массовых видов амфипод были обнаружены самцы, самки всех стадий и молодь. Однако в разные месяцы происходит изменение соотношения этих групп, что, может быть, связано с сезонной миграцией к урезу воды или вглубь.

У *E. vittatus* в половозрастной структуре преобладала молодь (30–90 % от общего числа амфипод данного вида), которая встречалась в июле, сентябре и октябре. В августе молодь в пробе не наблюдалась, возможно, это может быть связанно с подъёмом уровня воды в Байкале. Соотношение самцов и самок составило 1:2,7. Размеры тела самцов достигали от 7 до 20 мм, самок I стадии от 7 до 18 мм, самок II стадии – от 15 до 20 мм, молоди – от 4 до 8 мм.

E. cyaneus был представлен самцами, самками всех стадий половой зрелости и молодью. Самки III стадии преобладали в июле и августе, так как данный вид размножается в летний период [1]. В июле, августе и октябре в половозрастной структуре преобладала молодь (до 90 %). Соотношение самцов и самок составило 1:1,4. Размеры тела самцов от 6 до 14 мм, самки I стадии от 6 до 11 мм, самки II стадии от 7 до 12 мм, самки III стадии от 7 до 11 мм, самки IV до 10 мм (один экземпляр), самки V стадии до 9 мм (два экземпляра), молодь от 5 до 7 мм.

У вида *E. verrucosus* присутствовали самцы, молодь, самки I и II стадии. В течение периода исследования у данного вида прослеживается динамика в половозрастной структуре. В июле доминировала молодь (90 %), в августе и октябре – самки I стадии (72 %; 94 %), в сентябре – самцы (78 %). Размеры тела самцов достигали от 7 до 30 мм, самки I стадии от 10 до 16 мм, самки II стадии от 10 до 30 мм, молодь от 4 до 10 мм. Соотношение самцов и самок составило 1:5,6.

G. fasciatus представлен самцами, самками I, II, III и V стадий. Размеры тела самцов достигали до 10 мм, самок I стадии – до 7 мм, самок II стадии – до 8 мм, самок III стадии – до 9 мм, самок V стадии – до 7 мм. В июле и сентябре в половозрастной структуре присутствовали самки III стадии, что соответствует периоду размножения данного вида. Соотношение самцов и самок составило 1:6,8.

Список литературы

1. Базикалова А. Я. Материалы по изучению размножения Байкальских амфипод // Известия Академии наук СССР. 1941. № 3. С. 407–425

2. Базикалова А. Я. О росте некоторых амфипод из Байкала и Ангары // Труды Байкальской лимнологической станции. 1951. Т. 13. С. 206–216.

3. Биология и продукция эндемичной байкальской амфиподы *Eulimnogammarus cyaneus* (Crustacea, Amphipoda) / И. В. Вейнберг [и др.] // Экологические, физиологические и паразитологические исследования пресноводных амфипод : сб. науч. тр. Иркутск : Иркут. ун-т, 2002. С. 59–66.

4. Говорухина Е. Б. Биология размножения, сезонная и суточная динамика населения литоральных и сублиторальных видов амфипод озера Байкал : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Иркутск, 2005. 302 с.

5. Говорухина Е. Б. Сезонная и суточная динамика структуры населения амфипод литоральной зоны Байкала в районе истока Ангары // Современные проблемы байкаловедения : сб. науч. тр. молодых ученых. Иркутск : Иркут. ун-т, 2001. С. 119–133.

6. Говорухина Е. Б. Популяционная биология массовых видов амфипод литоральной зоны озера Байкал. 1. Биология размножения и рост амфиподы *Eulimnogammarus (Philolimnogammarus) vittatus Baz.* // Гидробиология водоёмов юга Восточной Сибири. Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. (Биоразнообразие Байкальского региона. Труды Биолого-почвенного факультета ИГУ ; вып. 6). С. 67–82.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Говорухина Е. Б.

УДК 591.524.12(582.256.342)

ЗООБЕНТОС ЗАЛИВА БУРДАКОВКА ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. В. Котова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kotovanasta1998tylyn@mail.ru

Data on production features of macrozoobenthos in Burdakovka bay of Irkutsk reservoir (Angara River) in Yuly and August 2014, 2016, 2019 and December 2021 are presented.

Иркутское водохранилище стало первым из каскада искусственно созданных в русле Ангары водоёмов и существует в стабильном виде уже более 55 лет. Среди техногенных воздействий на Иркутском водохранилище как существенное можно определить лишь деятельность ГЭС. В последнее десятилетие наблюдаются заметные изменения водного режима водоёма, отмечаются периоды с низким и высоким уровнем. В 2021 г. на водохранилище отмечался экстремальный уровень, в связи с чем в течение всего периода открытой воды ГЭС сбрасывала большие объемы из водохранилища, особенно заметным это стало в весенний период при подготовке ложа водохранилища к паводкам, когда произошло осушение существенной акватории водоёма. В летний период же уровень воды почти на 100 см превосходил средние показатели. Колебания уровня оказывают сильнейшее воздействие на распределение гидробионтов в водохранилище. В связи с этим нами была предпринята попытка провести сравнительную характеристику структуры зообентоса Иркутского водохранилища в периоды с разной водностью.

Сбор материала проводился в июле 2016 г., в августе 2014 и 2019 гг. и в декабре 2021 г. Отбор проб проводился по трём поперечным разрезам зал. Бурдаковка на правом берегу водохранилища. В 2014 и 2019 гг. зообентос отбирался в устьевой, в 2016 – в кутовой, центральной и устьевой, в 2021 г. в центральной части залива. Сбор проб проводился по общепринятым в современной гидробиологии методам с использованием малой модели дночерпателя Петерсена ($S = 0{,}02$ м^2). Всего обработаны 42 пробы зообентоса.

В ходе исследований в заливе отмечено обитание донных беспозвоночных из девяти таксономических групп: хирономиды, амфиподы, олигохеты, двустворчатые и брюхоногие моллюски, остракоды, планарии, водяные клещи и пиявки.

В кутовой части залива в первой половине июля 2016 г. средние показатели зообентоса составляли 26 675 экз./м^2 по численности при биомассе 48,087 г/м^2.

На тёмно-серых илах на глубине 0,5 м их значение соответственно составляло 34 600 экз./м^2 и 62,3 г/м^2. Основная доля приходилась на олигохет (75,2 и 56 %), реже отмечались личинки хирономид (14,3 и 18,2 %). Высока была и численность остракод (6,9 %).

На глубине 1,2 м на тёмно-серых илах с зарослями элодеи канадской количественные показатели были практически вдвое ниже, чем на предыдущем горизонте (18 750 экз./м^2 и 33,875 г/м^2), по численности также преобладали олигохеты (55,4 %), в то время как по биомассе лидировали амфиподы (77,9 %). Довольно высокую численность имели остракоды (11,2 %).

В центральной части залива в июле 2016 г. средние показатели численности составляли 35 127 экз./м^2 при биомассе 28,486 г/м^2, в декабре 2021 г. их значение существенно снизилось (15 760 экз./м^2 и 43,18 г/м^2 соответственно).

Наибольшая численность и биомасса зообентоса в первой половине июля 2016 г. отмечались на тёмно-серых илах с зарослями элодеи канадской, рдестами и перистолистником в зоне глубин 0,4–3 м (25 250 экз./м^2 при биомассе 72,96 г/м^2). Основное значение имели олигохеты (72,4 % по численности и 51,9 % по биомассе), в меньшей степени отмечались амфиподы (19,1 и 17,03 % соответственно). В начале декабря 2021 г. на том же участке наблюдалось уменьшение количественных показателей, составлявших в среднем 17 816 экз./м^2 и 58,98 г/м^2. Отмечено также перераспределение групп: лидирующее положение приобрели амфиподы (39,7 % по численности и 44,03 % по биомассе), а субдоминантное положение имели олигохеты (39,2 и 30,6 % соответственно).

На серых илах с примесью песка в той же зоне глубин в июле 2016 г. численность организмов зообентоса была значительно выше (42 233 экз./м^2), в то время как показатели биомассы снизились в 2,5 раза до 28,52 г/м^2. Как и в предыдущем биотопе, лидирующее положение имели олигохеты (66,1 % по численности и 45,6 % по биомассе) и амфиподы (18,7 и 37,8 % соответственно). В декабре 2021 г. отмечалась практически схожая картина: наблюдалось снижение численности 14 967 экз./м^2 и увеличение биомассы 49,10 г/м^2. Амфиподы играли лидирующую роль (52,2 и 67 %), субдоминантное значение приходилось на олигохет (33 и 11,2 %).

На тёмно-серых илах в зоне глубин 3,1–6,9 м в июле 2016 г. средние показатели численности были выше (48 575 экз./м^2), в то время как биомасса существенно снизилась 14,675 г/м^2. Основное значение по численности имели остракоды (52,45 %), по биомассе составившие незначительную часть (15,95 %). Субдоминантное значение по численности занимали амфиподы (27,16 %), лидировавшие по биомассе (38,14 %). В декабре 2021 г. наблюдается трехкратное снижение численности (14717 экз./м^2) и увеличение биомассы более чем в 2,5 раза (38,57 г/м^2). По сравнению с 2016 г. в структуре зообентоса не отмечались остракоды,

а наибольшую роль по численности играли олигохеты (41,61 %) и амфиподы (32,9 %), а по биомассе – амфиподы (42,33 %).

В зоне глубин более 7 м на тёмно-серых илах в июле 2016 г. отмечалось снижение количественных показателей (11 000 экз./м^2 и 11,6 г/м^2). Наибольший вклад в общую численность, как и в предыдущей зоне глубин, вносили остракоды (53,63 %) и олигохеты (37,27 %). По биомассе основное значение имели олигохеты (67,67 %), субдоминантное – амфиподы (11,2 %). В декабре 2021 г. картина существенно изменилась: отмечается незначительное увеличение численности (16 583 экз./м^2) и заметное – биомассы (30,683 г/м^2), основное значение по численности (35,2 %) и биомассе (54,7 %) имели личинки хирономид, второстепенное – амфиподы (35,1 и 22,6 %) и олигохеты (25,5 и 13,3 % соответственно).

В нижней части залива в зоне глубин 0,4–3 м в августе 2014 г. средние показатели составляли 11 619 экз./м^2 по численности, 18,175 г/м^2 по биомассе. Основное значение по численности имели олигохеты 4557 экз./м^2 (39,2 %), в то время как по биомассе доминировали хирономиды (36,04 %). Субдоминантную роль имели амфиподы (31,7 и 28,2 % соответственно).

На серых илах с зарослями элодеи канадской в зоне глубин 3,1–6,9 м в первой половине июля 2016 г. численность составляла 49 675 экз./м^2 при биомассе 33,875 г/м^2. Преобладающими группами организмов зообентоса на данном участке были олигохеты и амфиподы (45,5 и 33,6 % по численности при биомассе 36,8 и 38,5 % соответственно).

На глубине более 7 м в июле 2016 г. отмечается снижение количественных показателей зообентоса, в среднем составлявших 43 367 экз./м^2 и 12,083 г/м^2. Доминирующее положение по численности приходилось на остракод (44,5 %), а по биомассе – на олигохет (32,1 %). Второстепенную роль по численности играли олигохеты (29,1 %), по биомассе – личинки хирономид (22 %).

В конце августа 2019 г. в нижней части залива в зоне глубин 0,4–3 м показатели численности и биомассы были существенно ниже, чем в предыдущие годы, в среднем составляя 3750 экз./м^2, и 8,15 г/м^2. Основное значение как по численности, так и биомассе имели амфиподы (88 % и 87,1 % соответственно). В зоне 3,1–6,9 м отмечено повышение численности практически втрое (15 075 экз./м^2), а показателей биомассы – в 7,5 раз (63,95 г/м^2). Лидирующую роль по численности играли амфиподы (46,3 %), а по биомассе –олигохеты (50,3 %). На глубине более 7 м прослеживается увеличение численности (18 950 экз./м^2) и более чем двукратное снижение биомассы зообентоса (30,80 г/м^2). Олигохеты и амфиподы занимали лидирующее положение по численности (38 и 35,4 % соответственно), а личинки хирономид и олигохеты – по биомассе (47,6 % и 27,1 %).

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Юрьев А. Л.

УДК 581.9

СВИДЕЛЬСТВА ИСТОРИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ФЛОРЫ УСТЬ-ИЛИМСКОГО РАЙОНА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. Ю. Кузнецов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
denis.kuznetsov.1999@mail.ru

Five species of plants are considered, which are evidence of the development of flora on the territory of the Ust-Ilimsk region. One species was identified, which is not a relict species.

Территория Усть-Илимского района Иркутской области по-прежнему остается довольно слабо и фрагментарно изученной во флористическом отношении, хотя основные черты структуры флоры и её особенностей в целом ясны [4]. Доминирующее положение таёжных видов вполне соответствует зональным особенностям региона, характеризующегося преобладанием хвойных лесов в сложении растительных сообществ. Доказательством длительного развития флоры территории является наличие в её составе ряда видов, которые можно считать дериватами (остатками) предшествующих этапов становления растительного покрова. Среди таких видов следует отметить *Adonis apennina* L. (*A. sibirica*), *Thelypteris palustris* Schott., *Nymphaea tetragona* Georgi., *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze., а также *Phlox sibirica* L. Сохранение указанных видов в составе флоры может свидетельствовать как о наличии специфических экотопов, являющихся рефугиумами, так и об экологической пластичности перечисленных таксонов.

Nymphaea tetragona Georgi в Иркутской области внесён в Красную книгу и имеет категорию. Вид приурочен к северным таёжным, а также южным лесостепным районам. Предпочитает водоёмы со стоячей водой, вроде малых дистрофных озёр (в том числе и болотные), а также медленнотекущие реки, где хорошо себя чувствует в поймах и заливах, протоках и старицах, является макрофитом-гидрофитом и плейстофитом. Уязвим перед загрязнением воды, заиливанием грунта и конкуренции с другими макрофитами. Выявлен в Присаянье, Прибайкалье, в бассейне р. Нижняя Тунгуска, а также сёлах Падун и Ербагочен. [3].

Nymphoides peltata (S.G. Gmel.) Kuntze внесён в Красную книгу Иркутской области. Вид приурочен к водоёмам со стоячей хорошо прогреваемой водой, а также медленно текущие речные заводи или старицы. *N. peltata* – корневищный травянистый многолетний нимфеид гидрофит; отмечен как укореняющийся плейстофит; *N. peltata* – типично клональное растение, размножающееся с помощью удлиненных столоновидных побегов. В условиях периодического осушения способен образовывать наземную форму [1].

Nymphaea tetragona Georgi и *Nymphoides peltata* (S.G. Gmel.) Kuntze являются видами, приуроченными к водным биотопам, для которых характерна медленная смена климатических условий – виды меньше подвержены влиянию климатических факторов среды, так как влажность влияет на температуру среды. Именно поэтому в близи водных объектов происходит изменение температуры, как правило, она выше.

Thelypteris palustris Schott. приурочен к топким берегам водоёмов и образованию сплавины; растет по окраинам болот, на сырых лугах, в заболоченных лесах. Встречается отдельными небольшими куртинами, реже образует густые заросли. Размножается спорами и вегетативно – частями корневища. Один из лимитирующих факторов телиптериса – влажность, в зависимости от которой может быть гигрофитом и гидрофитом. Встречается в Иркутской области и Бурятии [2].

Adonis apennina L. занесен в Красную книгу Иркутской области и имеет категорию 3 из-за малой численности, но может перейти во 2-ю категорию, что связано с ограниченностью ареала. Вид приурочен преимущественно в березняках, лиственничниках, где встречается на полянах и опушках, в зарослях кустарников. *A. apennina* активно размножается семенами и корневищами. Вид гелиофит, ксеромезофит, Ареал вида сокращается в связи с использованием населением в качестве лекарственного растения [3].

Phlox sibirica L. внесён в Красную книгу Иркутской области. *P. sibirica* обитает по сухим лугам и каменистым склонам в сухих остепненных лесах, на опушках лесов, в песчаных равнинных степях. У вида ослабленное семяношение, однако, способен к образованию компактных клонов. Вид мало конкурентоспособен, из-за этого численность вида за последние полвека резко снизилась. На территории региона встречается в Ольхонских и Приангарских островных степях; новые местонахождения вида выявлены в пределах известного ареала: в Верхнем Приангарье на правом и левом берегу Братского водохранилища. [1].

Относительно *Adonis apennina* L. и *Phlox sibirica* L., необходимо отметить, что данные виды приурочены к степной и лесостепной зоне, которая на территории Усть-Илимского района отсутствует, но имеются в наличии прогреваемые солнцем склоны южной экспозиции, которые отличаются повышенной инсоляцией. Кроме того, в таких экотопах часто наличествуют карбонатные породы, которые способствуют произрастанию теплолюбивых видов в северных широтах. Вероятно, именно этот комплекс факторов делает возможным сохранение указанных видов в несвойственных им сообществам.

Отнесение вида к реликтам возможно только в том случае, если вид отвечает трем основным критериям: дизъюнктивности ареала; произрастание в особых экотопах – рефугиумах – отличающихся по своим условиям от окружающей территории; у вида должно наблюдаться противоречие

между его экологическими потребностями и условиями территории [5]. Анализируя рассматриваемые виды, можно заключить, что критериям реликтовости не отвечает только *Thelypteris palustris*, произрастающий во влажных биотопах, однако указанный вид не имеет противоречий с современными условиями среды – редок, но хорошо себя чувствует в условиях болот и топей.

Список литературы

1. Флора Сибири. В 14 т. Т. 11: Pyrolaceae–Lamiaceae (Labiatae) / сост.: В. М. Доронькин [и др.]. Новосибирск : Наука, Сиб. издат. фирма РАН, 1997. С. 85–98.

2. Флора Сибири. Lycopodiaceae – Hydrocharitaceae / сост.: Л. И. Кашина [и др.]. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 64 с.

3. Флора Сибири. В 14 т. Т. 6. Portulacaceae-Ranunculaceae / сост.: С. А. Тимохина [и др.]. Новосибирск : Наука. Сиб. Издат. фирма, 1993. С. 96–206.

4. Ефимов Д. Ю., Верхозина А. В., Киселева А. А. Конспект флоры Усть-Илимского района (Иркутская область) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2013. Т. 6, № . 1. С 1–16.

5. Малышев Л. И., Пешкова Г. А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск : Наука, 1984. С. 146–206.

УДК 597.554.3(282.256.6)

БИОЛОГИЯ ЕЛЬЦА В РУСЛОВОМ УЧАСТКЕ ВЕРХНЕЙ ЛЕНЫ

Д. К. Лобкова, С. И. Таранюк

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
diankaivanova98.98@mail.ru

This article contains data on the biology of dace in the area of watercourse of the Lena River in 3530–3722 km from river mouth. Linear weight growth, sex and age composition, nutrition are considered.

Елец в верхнем течении Лены до сих пор недостаточно полно изучен, имеются лишь неполные сведения о его биологии на участке русла от пос. Жигалово до р. Таюра. В связи с этим нами была предпринята попытка пополнить данные об особенностях биологии сибирского ельца в пределах этого слабозаселённого участка реки.

Лов рыбы проводился с 5 по 11 июня 2021 г. на участке верхнего течения реки длиной около двухсот километров (3722–3530 км вверх по течению от устья) с использованием ставных сетей с ячеёй 10–36 мм. После лова рыба фиксировалась в 4%-ном растворе формалина. Дальнейшая обработка осуществлялась в лаборатории кафедры зоологии позвоночных и экологии ИГУ согласно традиционным ихтиологическим методам. Возраст рыб определялся по чешуе. Полному биологическому анализу было подвергнуто 222 экз. разновозрастных экземпляра рыб.

На исследованном участке реки елец является одним из доминирующих видов рыб, концентрируясь преимущественно в местах впадения притоков.

В наших уловах отмечались рыбы из шести возрастных групп от 2+ (промысловая длина 111,9 мм, масса тела 10,5 г) до 7+ (207 мм и 78,1 г соответственно), основная доля (66 %) приходилась на рыб в возрасте 3+ (116,2 мм и 12,4 г). Показатели роста находятся в пределах ранее известных для рыб, отловленных в районе пос. Жигалово, устьях рек Орлинга и Таюра в период открытой воды 2006–2009 гг. [1] или на участке от устья р. Киренги до устья р. Чечуй [2].

Соотношение полов в уловах составляло 1:1.

Половозрелость ельца на исследованном участке реки наступает на пятом году жизни. Судя по состоянию половых продуктов, нерест в 2021 г. проходил в конце мая – первых числах июня.

По типу питания елец является эврифагом. В районе дер. Боты в составе выборки было отмечено 70 % питающихся рыб, основу их питания составляли личинки ручейников (41,36 % по массе и 55,36 % по частоте встречаемости) с доминированием видов из семейств Limnephilidae (14,68 и 12,50 %) и Brachycentridae (12,64 и 21,43 % соответственно). Реже в питании встречались личинки подёнок (22,68 и 31,14 %), стрекоз семейства Gomphididae (16,4 и 8,93 %) и *Gammarus lacustris* (11,29 и 12,5 % соответственно). Накормленность рыб в среднем составляла 61,11 ‰ при максимальном значении 436,48 ‰.

В районе дер. Басово отмечено 80 % питающихся особей, в их питании доминировали брюхоногие моллюски (24,96 % по массе и 37,5 % по частоте встречаемости) и личинки ручейников (24,49 и 25 % соответственно). Второстепенную значение имели личинки стрекоз (18,84 и 12,5 %) и двустворчатые моллюски (12,91 и 12,5 %). Редко отмечалась рыбная пища (9,75 и 12,5 %). Накормленность рыб в среднем составляла 49,31 ‰ при максимальном значении 105,97 ‰.

В районе дер. Боярск в выборке отмечено более 90 % питающихся особей, основу их пищевого комка составляли личинки подёнок (51,3 % по массе и 48,57 % по частоте встречаемости) с преобладанием *Ephemera orientalis* (18,31 и 20 %). Реже потреблялись личинки ручейников (20,97 и 51,43 % соответственно). Накормленность рыб в среднем составляла 63,17 ‰ при максимальном значении 265,31 ‰.

В районе дер. Рига в пищевом комке 88 % питающихся особей основная доля приходилась на личинок подёнок (81,41 % по массе при встречаемости 80,0 %), преимущественно *E. orientalis* (62,22 и 71,43 % соответственно). Реже потреблялись постларвальные стадии поденок (11,48 и 8,57 %) и личинки ручейников (12,64 и 21,43 %). Индекс наполнения пищеварительных трактов был высоким и в среднем составлял 162,33 ‰ при максимальном значении 548,88 ‰.

Список литературы

1. Свердлова Т. В., Книжин И. Б. Биология ельца *Leuciscus leuciscus baikalensis* (Dyb.) верхнего течения реки Лена // Байкальский зоологический журнал. 2012. № 1(9). С. 9–23.
2. Татаринова Н. С. Биологическая характеристика ельца и плотвы верхнего течения реки Лена (на участке р. Киренга – р. Чечуй) // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2018. С. 33–34.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Юрьев А. Л.

УДК 597.553.2(282.257.3)

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ ЧЁРНОГО БАЙКАЛЬСКОГО ХАРИУСА Р. ИИ

А. А. Макаров, И. А. Михайлик

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
fisher_makarov@mail.ru

Information on biology of Black baikal grayling (growth, age structure, sexual composition, fertility and feeding habits) from Iya River (Angara River basin).

Река Ия берет начало на северном склоне Восточного Саяна и впадает слева в Окинский залив Братского водохранилища в 76 км выше плотины Братской ГЭС. Протяженность реки – 484 км, площадь водосборного бассейна – 18 100 км^2.

Исследования биологии рыб реки ранее проводились только в нижнем участке течения в период возникновения Ийского расширения водохранилища. В верхней части речного русла исследования не проводились, в связи с чем нами была предпринята попытка получить сведения по биологии населяющего его чёрного байкальского хариуса.

Сбор материала проводился с 23 по 27 сентября 2021 г. на участке реки 262–359 км выше устья. Лов рыб проводился ставными сетями с ячеей 10–45 мм и спиннингом. Вся рыба подвергалась биологическому анализу в свежем виде, желудки фиксировались в 4%-ном растворе формалина. Дальнейшая обработка осуществлялась с использованием традиционных ихтиологических методов в лаборатории кафедры зоологии позвоночных и экологии ИГУ. Возраст рыб определялся по чешуе. Полному биологическому анализу подвергнуты 174 экз. разновозрастных экземпляров рыб.

На исследованном участке реки чёрный байкальский хариус доминирует. В ходе исследований в уловах отмечались рыбы шести возрастных групп от 1+ (143,5 мм длины по Смитту и 35,5 массы) до 6+ (346 мм и 524 г соответственно) с преобладанием в уловах рыб в возрасте 3+ (246,5 мм и 154,9 г).

Соотношение полов в уловах было близко 1:1.

Половозрелость рыб, судя по состоянию половых продуктов, единично наступает на третьем, а в массе – на четвертом году жизни. Абсолютная индивидуальная плодовитость на переходной между III и IV стадии зрелости в среднем составляет 2780 икринок, с возрастом изменяясь от 1385 до 5418 икринок.

Питание чёрного байкальского хариуса основывалось на бентосных организмах, основное значение имели личинки ручейников (70,79 % по массе и 86,40 % по частоте встречаемости), представленные преимущественно *Molannodes tincta* (49,49 и 40,80 % соответственно) и *Apatania chrymophila* (10,94 и 27,20 %). Второстепенную роль играли постларвальные стадии поденок (16,91 и 44,80 %). Остальная часть пищевого комка приходилась на личиночные и постларвальные стадии прочих амфибиотических насекомых и имаго воздушно-наземных насекомых.

Накормленность рыб в среднем составляла 61,73 ‰ при максимальном значении 272,86 ‰.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Юрьев А. Л.

УДК 598.2:(571.5)

ХАРАКТЕРИСТИКА «ХОЛОДНОЙ» ЗИМОВКИ ГУСЕОБРАЗНЫХ В Г. ИРКУТСКЕ (СЕЗОН 2021–2022 ГГ.)

А. И. Поваринцев, А. А. Тютрина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
povarintcev99@mail.ru

This article contains the results of counts of waterfowl in the main part of the wintering area below the Irkutsk hydroelectric power station (16–31 km). The number of ducks in the winter of 2021–2022 was 13285 individuals. Wintered 6 species of ducks. The number of Common Goldeneye, Mallard and Smew has increased compared to previous years.

Зимовка водоплавающих в г. Иркутск (ниже ГЭС) появилась после постройки Иркутской ГЭС и дополнила природную зимовку уток в истоке р. Ангары. На этом участке поддерживается количество уток того же порядка, что и в истоке. Большая часть птиц держится в верхней части зимовки в черте Иркутска на участке, длиной 12 км. Учеты здесь выполняются иркутскими орнитологами с 1998 г. период с января по март (ранее появления перелетных уток). Полнота оценки зимовки во многом зависит от зимних температур воздуха и ледовых условий на Ангаре. Обычно в холодные зимы полынья значительно сокращается (до 16–30 км), при этом удается подсчитать большинство зимующих ниже ГЭС птиц. Зиму 2021–

2022 г можно оценить как умеренно теплую, что вместе с высокими показателями пропуска воды через Иркутскую ГЭС привело к формированию протяженного незамерзающего участка (более 40 км на конец февраля). Большая его часть, где наблюдаются самые крупные скопления птиц, была охвачена учетами. Ниже приводятся полученные результаты.

Учеты проводились при слабом ветре или в штиль, при температуре не ниже – 10–13 °С, чтобы избежать парения над водой и волнения, при которых учет невозможен. Полынья в течение четырех часов объезжалась на автомобиле от одного участка, который возможно осмотреть полностью, к следующему. Использовались бинокли 10–12 крат, а на дистанциях более 0,7 км – и зрительные трубы 20–60 крат. Если птицы во время учета перелетали на соседний участок, их количество также фиксировалось, чтобы избежать двойной регистрации. В ходе работы использовалась общая методика учета, разработанная Ю. И. Мельниковым [1–3] и неоднократно применяемая другими авторами [7; 8]. К кормящимся птицам применялась поправка на ныряние (в обычных условиях – умножение результата на 1,5; при необходимости – изменение коэффициента в пределах 1,1–2 в зависимости от активности ныряния). Неныряющие особи пересчитывались поголовно без внесения поправки. Поскольку при любых условиях учета происходит занижение численности (даже у опытных учетчиков – до 10 %) [5], возможны пропуски малочисленных видов в группах или при разрозненном нахождении птиц на большой площади, а также имеет место недоучет на сложных для обследования участках ниже станции Батарейной, приводимые ниже показатели следует считать минимальной оценкой числа водоплавающих, зимующих в данном кластере.

В ходе учета установлено, что численность гоголя (*Bucephala clangula*) на зимовке 2021–2022 года составила 8889 особей по данным прямого пересчета и 12 223 с применением коэффициентов на ныряние; кряквы (*Anas platyrhynchos*) – 605 особей; большого крохаля (*Mergus merganser*) – 453; длинноносого крохаля (*M. serrator*) – один самец; лутка (*Mergellus albellus*) – 16 особей; морянки (*Clangula hyemalis*) – две самки. Общее количество зимующих гусеобразных составило 13 285 особей.

Сравнение результатов исследования текущей зимовки с данными учетов предыдущих лет показывает, что в сезон 2021–2022 года наблюдалась самая высокая численность гоголя, кряквы и лутка с 2010 г., а также зимующих уток в целом с начала 2000-х гг. [8]. Это может являться следствием теплой зимы и высокого уровня Ангары в текущем сезоне, обеспечившим высокую выживаемость уток. Также есть указания на общую тенденцию увеличения численности зимующих гусеобразных в связи с глобальными климатическими изменениями и повышением комфортности условий зимовки [4; 6].

Список литературы

1. Мельников Ю. И. Особенности зимнего учета водоплавающих птиц в истоке р. Ангары / // Ресурсы животного мира Сибири: Охотничье-промысловые звери и птицы. Новосибирск, 1990. С. 38–40.
2. Мельников Ю. И. Изменение в поведении и экологии водоплавающих птиц на «холодных» зимовках в верхнем течении р. Ангара в начале XXI столетия // Вестник ИрГСХА. 2013. Вып. 57, ч. 2. С. 29–36.
3. Мельников Ю. И. Уточнение к учету водоплавающих птиц с берега на «холодной» зимовке в истоке р. Ангары // Байкальский зоологический журнал. 2016. № 1 (18). С. 58–60.
4. Мельников Ю. И. Холодные» зимовки гоголя *Bucephala clangula* на Верхней Ангаре: формирование и динамика в современных климатических условиях // Русский орнитологический журнал. 2018. Т. 27, Экспресс-выпуск 1708. С. 6080–6087
5. Мельников Ю. И., Щербаков И. И., Тестин А. И. Оценка точности учетов численности пластинчатоклювых птиц // Всесоюз. совещ. по проблеме кадастра и учета животного мира. Ч. 1. Уфа, 1989. С. 394–395.
6. Численность, видовой состав и распределение околоводных и водоплавающих птиц на «холодной» зимовке в истоке р. Ангары в экстремально теплый сезон 2014–2015 гг. / Ю. И.Мельников, В. В.Попов, И. И. Тупицын, П. И. Жовтюк // Байкальский зоологический журнал. 2016. № 1 (18). С. 89–98.
7. Фефелов И. В. Численность зимующих уток в верховьях Ангары в 2000-х гг./ И. В. Фефелов, В. В.Рябцев, И. И. Тупицын // Казарка, 2008. № 11, вып. 1. С. 92–106.
8. Фефелов И. В., Поваринцев А. И. Современное состояние зимовки водоплавающих птиц на незамерзающем участке Р. Ангары ниже Иркутской ГЭС // Региональные проблемы экологии и охраны животного мира : материалы Всерос. науч. конф., Улан-Удэ, 1–2 февр. 2019 г. / отв. ред. Е. Н. Бадмаева. Улан-Удэ: Бурят. гос. ун-т, 2019. С. 159–162.

УДК 574.585

АНАЛИЗ ЗИМНЕГО ЗООПЛАНКТОНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СУТОЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЮГЕ БАЙКАЛА

Т. П. Ржепка

Иркутский государственных университет, г. Иркутск, Россия
tasyarjpk@gmail.com

An analysis of the abundance and structure of zooplankton in the pelagic zone of the Southern Baikal in the area of Cape Ivanovsky in March 14–15, 2019 was carried out. Observations of zooplankton condition during control hours and at different depths allow us to judge about the stability of the lake ecosystem, and zooplankton plays one of the key roles in the functioning of this system.

Оценка состояния зоопланктона необходима в рамках экологического мониторинга оз. Байкал, являющегося объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО. Состояние зоопланктона также отражает структурно-функциональную устойчивость сообщества пелагиали озера.

Огромное значение имеет для состояния зоопланктона глобальное изменение климата. По данным экспертов, уже в настоящее время произошло увеличение поверхностной температуры оз. Байкал на 1,21 ºС (начи-

ная с 1946 г.), что привело к серьезной перестройке в трофических цепях озера и изменению планктонного сообщества в целом [3; 5].

С середины XX в. ученые проводили серьезные исследования суточной миграции зоопланктона пелагиали оз. Байкал [1; 4]. В условиях совершенствования приборов и изменений климата необходимость в этих исследованиях не исчезла [2; 6].

Основная задача нашего исследования – изучение суточных изменений пространственной структуры зоопланктона в условиях обратной стратификации.

Работы велись ранней весной 14–15 марта в 3,5 км от мыса Ивановский в Южной котловине оз. Байкал каждые 4 ч. Пробы зоопланктона отбирали с помощью сети Джеди с размером ячеек 88 мкм (открытый диаметр 35,7 см) на различных глубинах (0–10,10–25, 25–50, 50–100 м). Пробы были зафиксированы в 4%-ном растворе формалина и подсчитывались с помощью светового микроскопа. Температура, ФАР (фотосинтетически активная радиация) и хлорофилл «а» измерялись RINKO.Температура постепенно увеличивалась, а показатель фотосинтетической активной радиации постепенно падал максимальная глубина проникновения радиации 71 м, количество хлорофилла «а» увеличивалось до глубины 23 м, а затем уменьшался до глубины 98 м.

Работы проводились в период обратной стратификации. До глубины 25 м она составляла всего 0,5 ºС, с увеличением глубины температура постепенно поднималась до 2,8 ºС на глубине 100 м.

Хлорофилл «а» распределяется неравномерно на разных глубинах что могут подтвердить результаты RINKO.

В зимне-весенний период зоопланктон представлен разными возрастными стадиями эндемичной копеподы *Epischura baikalensis* Sars (Copepoda, Calanoida) и коловратками. Во время наших исследований 98 % численности *Epischura* приходилось на науплиальные стадии 1–6, так же как и в предыдущие годы [6].

На всех глубинах доминировали науплиусы *Epischura baikalensis*. Численность науплиусов на глубине 0–10 м сильно варьирует (от 670 до 5510 экз./м^3.) в зависимости от времени суток. В дневное время их число практически вдвое превышает ночное. На глубине 10–25 м численность науплиусов увеличивается именно в ночное время. Глубже 25 м суточная динамика не так явна.

Численность копеподитных стадий колебалась от 10 до 250 экз./м^3. До глубин от 0 до 100. Исключение составляет одна проба в 13:30 часов, когда их численность на глубине 50–100 м превысила все остальные горизонты практически в 10 раз и составила 250 экз./м^3.

Взрослые особи по численности составляли от 10 до 60 экз./м^3. Колебания по горизонтам составляли до 40 экз./м^3.

Практически во всех пробах присутствовали круглогодичные коловратки. Численность колебалась от 0 до 70 экз./м^3 до глубин 0–100 м.

Зимне-весенние точечно встречались в верхних горизонтах водной толщи. Численность колебалась от 0 до 10 экз./м^3. До глубин от 0–100 м.

Суточная динамика зоопланктона носит колебательный характер. Показатель ФАР (фотосинтетически активная радиация) в разное время суток постепенно падал от максимального значения 313,612 до 0 мкмоль/с. Температура постепенно повышалась от поверхности до дна в связи с обратной стратификацией весеннего периода. В течение дня количество науплиусов варьировалось от 0 до 6220 в зависимости от глубины и показателя ФАР.

Наши исследования подтверждают и дополняют прошлый опыт над работами по пищевой активности эпишуры [6].

Применение для исследований современного приборного комплекса позволяет проводить интересные студенческие исследования и получать научные результаты.

Список литературы

1. Могилев Л. Н. О суточных вертикальных миграциях массовых форм байкальского зоопланктона : дис.... канд. биол. наук : 03.00.00. Иркутск, 1955. 391 с.

2. Исследование экологии зимнего планктона озера Байкал с использованием комплексных инструментальных методов / Е. Ю. Наумова [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2021. Т. 16, № 3(60). С. 59–67.

3. Семенченко В. П. Оценка экологической степени риска в изменении содержания незаменимых полиненасыщенных жирных кислот в планктоне озёр при глобальном потеплении климата // Сибирский экологический журнал. 2012. Т. 19. № 4. С. 523–528.

4. Эггерт М. Б.Суточное вертикальное распределение зимнего зоопланктона в пелагиали озера Байкал // Гидробиологический журнал. 1973. Т. 9, № 1. С. 36–46.

5. Lake Baikal amphipods under climate change: thermal constraints and ecological consequences / L. Jakob, D. V. Axenov-Gribanov, A. N. Gurkov, M. Ginzburg, D. S. Bedulina, M. A. Timofeyev, T. Luckenbach, M. Lucassen, F. J. Sartoris, H.-O. Pörtner // Ecosphere. 2016. Vol. 7, N 3. e01308.10.1002/ecs2.1308

6. Vertical distribution and feeding activity of Epischura baicalensis Sars (Copepoda) nauplii in response to two predators in Lake Baikal in winter / E. P. Tereza [et al.] // Fundamental and Applied Limnology. 2007. Vol. 169, N 3. P. 211–216.

Научный руководитель: канд. биол. наук, с.н.с. Наумова Е. Ю.

УДК 535:778.38

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОГРУЖНОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

Т. П. Ржепка

Иркутский государственных университет, г. Иркутск, Россия
tasyarjpk@gmail.com

To study zooplankton in the pelagic zone in their natural medium, it is reasonable to make use of methods of sub-water pulse holography, which, due to sufficient resolution and scene depth allow taking information on each particle of the whole volume of the medium under study for one exposition. The results of vertical distribution and migrations of zooplankton in connection with environmental parameters are supposed to be processed using methods of mathematical modeling.

Непрерывные наблюдения за изменением в экосистемах необходимо вести в связи с глобальными изменениями климата, которые влияют на состояние водных объектов и коснулись даже самого глубокого озера планеты – Байкала [3; 5]. Для задач установления непрерывного автоматизированного мониторинга оз. Байкал были проведены суточные наблюдения за поведением планктона. В рамках конференции мы приводим краткое описание и первые результаты комплексной работы по оценке эффективности использования погружной голографической камеры и гидроакустических приборов для мониторинга количества зоопланктона в оз. Байкал.

Работы проводились 14 и 15 марта 2019 г. в Южной котловине Байкала в 3,5 км от мыса Ивановский. Наблюдения проводились каждые 4 ч на протяжении суток. Пробы мезозоопланктона отбирали закрывающейся сетью Джеди с размером ячеек 88 мкм (открытый диаметр 35,7 см) по горизонтам 0–10, 10–25, 25–50, 50–100 м, фиксировали в 4%-ном формалине, концентрирование седиментацией и затем подсчитывали под световым микроскопом [1]. Гидроакустическая съемка проводилась модернизированным эхолотом FCV–1100. Конфигурация эхолота была следующей: частота сигнала – 28 кГц, частота следования импульсов – 5 Гц, длительность импульса – 0,3 мс. Ширина луча однолучевого гидроакустического преобразователя 3 дБ составляла 12°. Температуру воды, хлорофилл, фотосинтетически активную радиацию и другие параметры измеряли зондом AAQ-Rinko [4]. Для измерения температуры воды использовались логгеры RBR-Company RBR TR-1000 (разрешение 0,002 °C, точность 0,05 °C) и TR-1060 (разрешение 0,0001°C, точность 0,002 °C). Одновременно использовалась погружная голографическая камера [2]. Мы приводим данные одной вертикали 12.00 14 марта 2019.

Профиль температуры во время проведения работ был обычен для подледного периода. До глубины 25 м она составляла 0,5 °С, глубже температура плавно поднималась до 2,8 °С на 100 м.

Количество хлорофилла «а» плавно возрастает от 0,37 г/л в подледном слое до максимального 0,98 г/л на глубине 23 м. Еще один пик наблюдался на глубине 34 м (0,81 г/л). Глубже 50 м количество хлорофилла было 0,29–0,32 г/л.

По изображениям, полученным с помощью эхолота, хорошо видно, как и на какой глубине работала планктонная сеть и погружаемая аппаратура, и также что регистрируемые скопления зоопланктона находились в поверхностном 5-метровом слое.

Основными компонентами мезозоопланктона в подледный период являются разные возрастные стадии эндемичного рачка *Epischura baikalensis* Sars 1900 и несколько видов коловраток. В наблюдаемый период в поверхностном слое 0–10 м численность науплиусов *E. baikalensis* составляла 413 экз./м^3, а всего зоопланктона 459 экз./м^3. Благодаря акустическим данным мы знаем, что хоть и облавливался 10-метровый слой основная масса зоопланктона была сосредоточена выше. Глубже на горизонте 10–25 м количество зоопланктона снижается до 218 экз./м^3, на горизонте 25–50 м – 98 экз./м^3, глубже 50 м – 169 экз./м^3.

Данные, полученные голографической камерой при погружении, отличались от данных при подъёме. Максимальные значения количества частиц и при погружении, и при подъёме получены на глубине 23 м и достигали 20 тыс. частиц/ м^3. При этом при погружении камеры и в поверхностном 5-метровом слое отмечался пик до 15 тыс. частиц/ м^3, который при подъёме не обнаруживался. Глубже 40 м показатели камеры при погружении и подъёме практически не отличаются. При этом количество частиц плавно уменьшается к глубине 50 м до 7 тыс. частиц/м^3 и опять повышается до 15 тыс. частиц/м^3 к 70 ме.

По результатам видно, что максимум фотосинтезирующих организмов наблюдался над термоклином и отражен в данных голографической камеры на глубине 23 м. При этом максимум мезозоопланктона также был зарегистрирован и в акустических, и в голографических данных на глубине около 3 м.

Полученные полевые данные позволят в дальнейшем усовершенствовать алгоритм распознавания образов в программном обеспечении голографической установки именно для условий Байкала. Результаты вертикального распределения и миграций зоопланктона в связи с параметрами среды предполагается обрабатывать с использованием методов математического моделирования.

Работа выполнена при поддержке Проекта РФФИ 2019-2021 19-07-00322 А «Исследования методов оценки параметров математических моделей с помощью аксиоматического подхода и вычислительных экспериментов».

Список литературы

1. Атлас и определитель пелагобионтов Байкала (с краткими очерками по их экологии) / О. А. Тимошкин [и др.]. Новосибирск : Наука. Сиб. издат. фирма РАН, 1995.
2. Monitoring of Plankton Spatial and Temporal Characteristics with the Use of a Submersible Digital Holographic Camera / V. V. Dyomin, A. Yu. Davydova, S. Yu. Morgalev, N. S. Kirillov, A. S. Olshukov, I. G. Polovtsev, S. A. Davydov // Front. Mar. Sci. 2020. Vol. 7. P. 1–9. URL: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00653/full
3. Izmest'eva L. R., Moore M. V., Hampton S. E. et al. Lake-wide physical and biological trends associated with warming in Lake Baikal // Journal of Great Lakes Research. 2016. N 42. P. 6–17
4. Makarov M. M., Kucher K. M., Naumova E. Yu. Vertical distribution of zooplankton after rapid change in temperature and chlorophyll concentration // Limnology and Freshwater Biology. 2019. N 1. P. 177–180.
5. Naumova E. Yu., Zaidykov I. Yu. Spring zooplankton of pelagial of the Baikal Lake // Hydrobiological Journal. 2018. N 54. P. 33–39.

Научный руководитель: канд. биол. наук, с.н.с. Наумова Е. Ю.

УДК 575.2

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД *EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS* В РЕКЕ АНГАРЕ

А. Е. Саранчина, А. Д. Мутин, Я. А. Ржечицкий, П. Б. Дроздова

НИИ биологии ИГУ, г. Иркутск, Россия
Alexandra147801@gmail.com

The obtained data allow us to conclude that the southern Baikal lineage of *E. verrucosus* inhabits both coasts of the Angara river and that there is yet another lineage of this species separated from Baikal ones.

Бассейн оз. Байкал является точкой активного видообразования. Одним из самых активно развивающихся отрядов является отряд амфипод. Новые виды и подвиды описываются каждый год, и на данный момент их насчитывается более 350. *Eulimnogammarus verrucosus* – распространённый вид в бассейне Байкала и популярный модельный объект для исследований фауны озера. Однако только спустя 150 лет после открытия вида было обнаружено, что он не однороден, а образует три филогенетических группы (западная, южная и восточная), различающиеся по последовательностям маркерных генов 18S рРНК и первой субъединицы цитохром с-оксидазы (COI) [1].

Ангара – единственная река, вытекающая из Байкала. В неё могут проникать представители двух ветвей, западной и южной, ареалы обитания которых отстоят на расстояние около 1 км у истока реки. Также следует отметить, что на протяжении Ангары располагаются мосты (могут связывать популяции с разных берегов) и плотина (создаёт барьер для распространения). Изучение генетического происхождения вида в этом регионе

даст понять, как представители ранее разделённых популяций одного вида взаимодействуют друг с другом при встрече.

Цель исследования: определить происхождение популяций *Eulimnogammarus verrucosus*, обитающих в разных участках р. Ангары, с помощью анализа последовательностей COI.

Были отобраны по четыре животных, схожих с *E. verrucosus*, с четырех разных точек: перед плотиной на правом (район Солнечный) и левом (пляж Якоби) берегу и после второго (Глазковского), моста на правом и левом берегу. Для полимеразной цепной реакции использовали известные последовательности праймеров [2]. Для получения последовательностей использовали секвенирование по Сэнгеру. В качестве референсной последовательности использовали последовательность COI представителя западной группы *E. verrucosus*. Выравнивание производили в программе UGENE [3]. Генетическая сеть построена в программе SplitsTree [4]. В качестве внешней группы выбран вид *E. vittatus*. Также были включены полученные ранее последовательности всех трех филогенетических групп. Согласно полученным данным (рис.), к южной кладе относятся все особи, собранные с правого и левого берега за мостом, а также три особи с левого и правого берега до плотины. Также по две особи с левого и правого берегов до плотины выделяются в обособленную группу. Представителей западной и восточной клад в выборке не обнаружено. Исходя из этого, можно сделать следующие выводы: в Ангаре происходит распределение амфипод южной клады по двум берегам; в реке обитает морфа *E. verrucosus*, обособленная от байкальских.

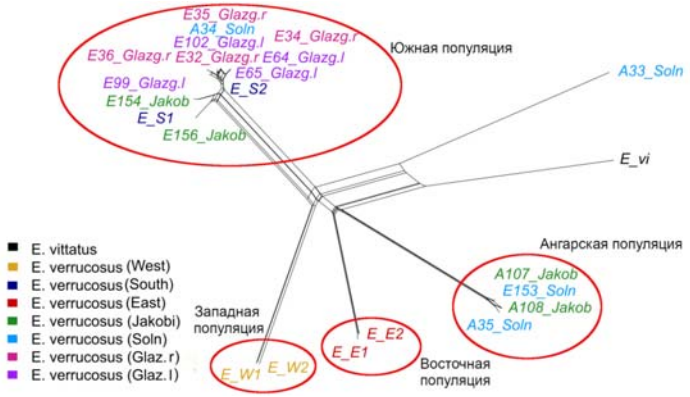


Рис. Генетическая сеть *E. verrucosus*, построенная по последовательности гена цитохром с-оксидазы

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 20-64-46003.

Список литературы

1. Indication of ongoing amphipod speciation in Lake Baikal by genetic structures within endemic species / A. Gurkov [et al.] // BMC evolutionary biology. 2019. Т. 19, № 138.

2. Macdonald Iii K. S., Yampolsky L., Duffy J. E. Molecular and morphological evolution of the amphipod radiation of Lake Baikal // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2005. Vol. 35, N 2. P. 323–343.

3. http://ugene.net/ru/

4. https://uni-tuebingen.de/

УДК 591.524.12(582.256.6)

ЗООБЕНТОС Р. ИЛИНЬГА (ВЕРХНЯЯ ЛЕНА)

А. И. Сидорова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
shlyapnik_2010@mail.ru

Original data on structure and production of macrozoobenthos in Ilin'ga River (Upper Lena system) are presented.

Река Илиньга является левым притоком р. Лены и впадает в неё на 3676-м км вверх по течению от устья. Длина водотока 46 км. Воды реки по величине минерализации относятся к пресным, по показателю pH – слабощелочные (8,1), по жесткости – мягкие, по химическому составу принадлежат к гидрокарбонатному классу группе кальция первому типу. Общая минерализация воды составила 363 мг/дм^3. Содержание кислорода высокое – 9,6 мг/л. Воды реки холодные: 6,2 ^{o}C в первой половине августа.

Сбор материала проводился 04–06.08.2018 г. и 6.06.2021 г. на 17-километровом нижнем участке реки от устья р. Сухой до впадения в Лену с использованием бентометра Леванидова (S = 0,0625 м^2) и дночерпателя Петерсена малой модели (S = 0,02 м^2). Все пробы промывались через мельничное сито № 23 и фиксировались 4%-ным формалином. Камеральная обработка проб проводилась в лабораторных условиях с использованием бинокулярных микроскопов МБС-1 и Биомед согласно классическим методам [1–3]. Всего отобраны и обработаны 22 пробы макрозообентоса.

В результате исследований установлено, что фауна донных организмов в русле р. Илиньга весьма разнообразна и представлена следующими группами разного таксономического ранга: планарии, нематоды, пиявки, олигохеты, брюхоногие и двустворчатые моллюски, остракоды, амфиподы, стрекозы, ручейники, поденки, веснянки, щитники, жуки-плавунцы, мошки, мокрецы, хирономиды, болотницы, мухи-зелёнушки, вилохвостки, вислокрылки, комары-долгоножки, бабочницы, толкунчики и прочие двукрылые.

В начале июня 2021 г. в устье р. Илиньга на светло-коричневых илах на глубине 0,8 м в структуре донного сообщества отмечены личинки и постларвальные стадии хирономид, олигохеты, остракоды, нематоды и пиявки. Показатели численности зообентоса в среднем составляли 33 217 экз./м^2 при биомассе 64,59 г/м^2. Лидирующее положение по численности имели олигохеты (50,78 %), второстепенное – личинки хирономид (36,03 %), отмечалось высокое значение остракод (12,14 %). По биомассе преобладали личинки хирономид (58,65 %), олигохеты играли меньшую роль (40,03 %).

На глубине 1,2 м на схожих грунтах в составе сообщества появляются личинки мошек, двустворчатые моллюски и *Gammarus lacustris*, повышаются показатели численности (45 000 экз./м^2) и биомассы (107,07 г/м^2). Изменяется распределение групп: наибольший вклад в структуру зообентоса по численности и биомассе вносят личинки хирономид (50,48 и 56,15 % соответственно), субдоминантная роль переходит к олигохетам (39,37 и 32,02 % соответственно), заметной остаётся численность остракод (7,44 %).

В 2018 г. в начале августа на участке реки в 100–600 м выше устья на галечных грунтах в зоне глубин 0,2 м отмечено обитание двадцати таксономических групп донных организмов. Средние показатели численности и биомассы макрозообентоса значительно понизились (10 764 экз./м^2 и 12,997 г/м^2 соответственно). Наибольший вклад в численность вносили личинки (71,76 %) и постларвальные стадии хирономид (13,86 %), в то время как по биомассе лидирующую роль имели личинки комаров-долгоножек (48,57 %), а второстепенную – личинки хирономид (17,70 %).

В 7 км выше устья в районе впадения руч. Рассоха на поросших водяным мхом галечниках на глубине 0,2–0,3 м отмечаются довольно высокие средние показатели численности (8442 экз./м^2) и биомассы (11,686 г/м^2). По численности преобладают личинки хирономид (67,85 %), субдоминантными группами являются личинки поденок (9,78 %) и ручейников (5,12 %), по биомассе же лидирующую роль играют личинки комаров-долгоножек (35,3 %) и подёнок (34,42 %).

В 17 км выше устья продукционные показатели понизились (4 331 экз./м^2 и 7,165 г/м^2), а в структуре зообентоса произошли некоторые изменения. Доминирование по численности перешло к планариям (31,03 %), субдоминантными группами являются личинки подёнок (28,2 %) и хирономид (24,63 %). По биомассе преобладают личинки поденок (47,56 %), меньшую роль играют олигохеты (11,84 %) и личинки веснянок (10,79 %).

Максимальные показатели численности и биомассы зообентоса отмечаются в устьевой части реки, где на илистых грунтах доминируют личинки хирономид и олигохеты. Вверх по течению показатели поступательно снижаются, здесь на галечных грунтах наибольший вклад в продукцию макрозообентоса вносят личинки хирономид, комаров-долгоножек, подёнок и планарии.

Список литературы

1. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. М. : Высш. шк., 1960. 189 с.
2. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоёмов. М. : Наука, 1975. 240 с.
3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л. : Гидрометеоиздат, 1983. 124 с.

УДК 334

РЕСУРСНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БИОЭКОНОМИКИ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Фроленок

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
frolenok99@mail.ru

Many world trends and circumstances such as environment pollution, population growth, lack of resources and very quick development of science and technologies leads us to bioeconomy. Irkutsk region one of those that have many resources to build bioeconomy. This report describes the actuality and perspectives of bioeconomy in Irkutsk region.

В современных реалиях все большую актуальность приобретает биоэкономика, базисом которой является уровень научных исследований, разработок и производства в биотехнологическом секторе. Инновационная биоэкономика характеризуется глобальными трансформационными процессами, вызванными меж- и трансдисциплинарными подходами развития, где синергетический эффект достигается благодаря научной кооперации биологии, экономики, кибернетики, информационных технологий.

Рассматривая биоэкономику [1] как сектор экономики, основанный на систёмно использовании биотехнологий, сложно переоценить значимость её развития. Российская Федерация не входит в число стран с развитой биоэкономикой, однако имеет большой потенциал её развития на своей территории благодаря огромному запасу природных, ископаемых и человеческих ресурсов. В качестве подтверждения актуальности биоэкономики, имеет смысл рассмотреть опыт лидирующих в этом сегменте стран. Опыт стран Европейского союза демонстрирует уверенный рост и развитие биоэкономики как хозяйственного и научного сектора, а также её стратегическую значимость и возможности. По данным Европейской комиссии [3], на 2019 г. объем благ производимый в биоэкономике Европейского союза составлял 657 млрд евро, из них 36,2 % – производство продуктов питания, 29,4 % – сельское хозяйство, 9,8 % – производства биоосновной химии и лекарств, 3,9 % – биоосновный текстиль; 0,5 % – жидкое биотопливо, а количество людей, занятых в данном секторе, составило более 17 млн человек, из них 8,8 млн заняты в сельском хозяйстве, 4,6 млн – в производстве продуктов питания, напитков и табака, 791 тыс. – в произ-

водстве биотекстиля, 462 тыс. – в производстве лекарств и биохимии, по 22 и 33 тыс. – в производстве биотоплива и биоэлектричества соответственно. В период с 2008 по 2019 г. наблюдается активный рост всех биоэкономики в ЕС. В особенности за указанный период выросли сектора биотоплива (на 129,6 %) и биоэнергетики (100,3 %). Более сдержанный, но также очень активный рост показали сектора биоосновной химии и лекарственных средств (на 48,4 %), производство продуктов питания, алкоголя и табака (на 35,4 %), а также производство бумаги (на 30,1 %). Таким образом, можно сделать вывод о быстром развитии сектора биоэкономики и пользе для хозяйственной сферы в целом.

Иркутская область богатый природными и человеческими ресурсами регион. Он обладает большим потенциалом для развития биоэкономики при помощи запуска производств на основе биотехнологий. В таблице представлены возможные направления развития биотехнологий в Иркутской области и обоснованные предпосылки.

Таблица

Наиболее перспективные биотехнологии, подходящие для развития биоэкономики в Иркутской области [2]

Предпосылки	Подтверждение	Биотехнология
Большое количество фуражного зерна	Около 200 сельхозорганизаций. Более 3000 крестьянско-фермерских хозяйств. Более 170 тыс. личных подсобных хозяйств	Производство биоэтанола, биополимеров
2-й по лесным ресурсам регион РФ	Лесистость более 75 % Лидер РФ по заготовки леса. Более 3000 договоров аренды лесных участков. Развитая деревообрабатывающая промышленность	Производство бумаги и биополимеров
Наличие крупной нефтегазовой отрасли	Добыча нефти: более 18 млн т Добыча газа: более 2500 млн куб. м.	Производство кормового белка
Большое количество пахотных земель	Посевные площади более 700 тыс. га	Получение глюкозы, целлюлозы и их производных

Помимо указанных предпосылок также стоит учитывать наличие водных ресурсов, большую территорию с ярким видовым разнообразием, дешевую электроэнергию, научный и кадровый ресурсы региона. Все указанные обстоятельства позволяют сделать вывод о наличии, с точки зрения природной и ресурсной базы, перспективы развития биоэкономики в Иркутской области. Однако в большой степени данное развитие зависит и от мер государственной поддержки, регулирования и кредитно-денежной политики.

Список литературы

1. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года : утв. Постановлением Правительства РФ от 24 апр. 2012 г. № 1853п-П8 // Правительство России : офиц. сайт. URL: http://static.government.ru/media/files/41d4e85f0b854eb1b02d.pdf (дата обращения: 07.04.2022).

2. Официальная статистика // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области. URL: https://irkutskstat.gks.ru/ofstatistics (дата обращения: 09.04.2022).

3. Jobs and Wealth in the European Union Bioeconomy // European Commission : official website.URL: https://datam.jrc.ec.europa.eu/datam/mashup/BIOECONOMICS/ (дата обращения: 10.04.2022).

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Саловарова В. П.

УДК 581.19

ВЛИЯНИЕ СТРЕССОВОЙ ПРЕДОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ УГЛЕВОДОВ И НЕКОТОРЫХ ВАЖНЫХ ФИТОГОРМОНОВ У ДОНОРНЫХ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Г. А. Арбузова[1,2], И. В. Любушкина[1,2]
М. С. Полякова[1], А. В. Поморцев[1]

[1]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
mingronland@mail.ru

The work is devoted to the study of the physiological reasons for the decrease in the efficiency of induced androgenesis during long-term low-temperature pre-treatment of winter wheat donor spikes. The changes of water-soluble carbohydrates and some important plant hormones (indole-3-acetic, abscisic, salicylic and jasmonic acids) were studied. It was found that one of the reasons could be the development of carbon starvation as an accompanying stress factor and a significant increase in the level of salicylic acid in donor spikes of winter wheat.

В современной селекции наряду с классическими методами применяется широкий ряд биотехнологических методов и подходов, позволяющих получать новые линии и сорта важных сельскохозяйственных культур за короткий промежуток времени. Одним из таких методов является индуцированный андрогенез, в котором развитие целого растения осуществляется из микроспоры. Эффективность перепрограммирования микроспор с гаметофитного пути развития на спорофитный определяется генотипом целевой культуры и стрессовой предобработкой донорных растений. В качестве индуцирующего стрессового фактора у озимых культур часто применяется длительное низкотемпературное воздействие. Обычно используются температуры в диапазоне от 2 до 8 °С, а длительность воздействия варьирует от 3 сут. до 3 недель. Такая вариабельность воздействия обусловлена, главным образом, тем, что на сегодняшний день не существует единого мнения о силе стрессового воздействия, необходимого для индукции андрогенеза *in vitro*. В связи с этим целью данной работы явилось изучение изменений содержания водорастворимых углеводов и ряда важных

растительных гормонов у озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Иркутская в процессе стрессовой холодовой предобработки донорных колосьев.

Растения озимой пшеницы выращивались в контролируемых условиях станции искусственного климата (фитотрон) СИФИБР СО РАН и на экспериментальном участке Заларинского агроэкологического стационара (деревня Тунгуй) до стадии трубкования. Затем колосья срезались и помещались в тёмноту в сосуды с водой при температуре 4 °С на 7 и 14 сут. Анализ содержания водорастворимых углеводов и ряда фитогормонов (индол-3-уксусной, абсцизовой, салицилловой и жасмоновой кислот) проводили непосредственно сразу после срезки, через 7 и 14 сут. Для анализа отбирались колоски из средней части колоса, обычно используемой для извлечения пыльников для индуцированного андрогенеза.

В работе было показано, что содержание водорастворимых углеводов постепенно снижалось на протяжении всего периода низкотемпературной обработки – от 40 % в контрольных образцах до 20 % в образцах, полученных из колосьев через 14 сут. низкотемпературной предобработки. Значительное снижение содержания основного источника энергии в донорных растениях может свидетельствовать о развитии углеродного голодания.

Изменения уровня индол-3-уксусной кислоты (ИУК), абсцизовой кислоты (АБК) и жасмоновой кислоты (ЖсК) в изученной части колоса осуществлялись сходным образом. Через 7 сут. низкотемпературной предобработки донорных колосьев уровень ИУК, АБК и ЖсК возрастал примерно в 2 раза по сравнению с контрольным, а через 14 сут. – возвращался к исходным значениям. Данный результат может указывать на взаимодействие сигнальных путей, опосредованных указанными гормонами, в процессах формирования ответной реакции озимой пшеницы на длительное низкотемпературное воздействие и перепрограммировании микроспор. Изменение содержания салиилловой кислоты (СК) происходило иначе. На протяжении всего периода стрессового воздействия содержание СК возрастало: через 7 сут. воздействия уровень данного гормона увеличивался в 2 раза, а через 14 сут. – в 3 раза по сравнению с контрольным. В совокупности с данными по содержанию водорастворимых углеводов в донорных колосьях озимой пшеницы, такое изменение уровня СК указывает на высокую стрессовую нагрузку, которой подвергаются донорные растения озимой пшеницы через 14 сут. низкотемпературного воздействия.

В совокупности с данными, полученными нами ранее [1], указанные результаты позволяют заключить, что снижение эффективности андрогенеза *in vitro* у озимой пшеницы сорта Иркутская в процессе низкотемпературной предобработки было обусловлено развитием углеродного голодания как сопутствующего стрессового фактора и значительным увеличением уровня СК.

Авторы выражают глубокую признательность лаборатории физико-химических методов исследований и лично заведующей лабораторией

канд. биол. наук Л. В. Дударевой, а также ведущему технологу Н. А. Соколовой, ведущему технологу лаборатории физиологической генетики Кириченко К. А. и А. В. Столбиковой за неоценимую помощь в постановке метода экстракции и проведении анализа содержания растительных гормонов в тканях колосьев озимой пшеницы.

Работа выполнена с использованием коллекций ЦКП «Биоресурсный центр» и оборудования ЦКП «Биоаналитика» Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-34-80003 мол_эв_а.

Список литературы

1. Влияние инициальных сред и длительности холодовой предобработки на эффективность андрогенеза в культуре изолированных пыльников озимой пшеницы сорта Иркутская / И. В. Любушкина, А. В. Поморцев, М. С. Полякова, Г. А. Арбузова, В. К. Войников, Б. Б. Анапияев // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2020. Т. 34. С. 20–32. https://doi.org/10.26516/2073–3372.2020.34.20

УДК 578.834.1+578.53

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ SARS-COV-2 НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ, ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ И РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

В. А. Бабаш[1], Р. В. Адельшин[1,2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока Роспотребнадзора
babach2014@yandex.ru

Nucleotide sequences of the coronavirus S gene fragment from sick people in the Irkutsk Region, the Trans-Baikal Territory, and the Republic of Buryatia were sequenced. A comparative analysis of the sequences was carried out with available databases to determine the genetic lineages of SARS-CoV-2.

Первые случаи заболевания новой коронавирусной инфекцией COVID-19 в г. Ухань (КНР) были связаны с посещением рынка морепродуктов Хуанань (Huanan), где, вероятно, и произошла передача вируса от животных к человеку [3; 5]. В отличие от коронавирусов SARS-CoV и MERS-CoV, SARS-CoV-2 характеризуется существенно меньшим уровнем летальности, точное определение которого возможно будет лишь по окончании эпидемии. Вместе с тем динамика развития эпидемии позволяет уже сейчас сделать вывод, что SARS-CoV-2 по сравнению с другими патогенными коронавирусами характеризуется гораздо более высокой контагиозностью и вирулентностью для человека [3].

S-белок коронавируса (150–220 kDa), располагается на поверхности билипидной оболочки вируса в виде булавовидных отростков, поэтому называется спайковый белок (от англ. *spikes* – шип), что придает вирусу неповторимую форму короны. S-белок по химической структуре – гликопротеин, создающий тримеры в виде пепломеров, формирующие «зубцы короны» длиной 10–25 нм, эти протеины коронавирусов определили название таксономической группы вирусов и обеспечивают проникновение вируса в соматическую клетку. Вероятно, произошедшая некоторое время назад мутация или несколько мутаций, повлияло на эволюцию вируса, что создало условия для перехода его от рукокрылых на человека и определило возможность шипам плотно связываться с рецепторами клеток человека [2].

Секвенирование генома вируса SARS-CoV-2 из клинических образцов является важным эпидемиологическим инструментом для мониторинга пандемии COVID-19 (в том числе для выявления новых мутаций в генах, ассоциированных с вирулентностью, инвазивностью и антигенностью) и последующего адекватного воздействия на новые геновариванты [1; 4].

Объектом исследования были РНК-изоляты, выделенные из назофарингиальных мазков больных COVID-19 людей, проживающих на территории Иркутской области, Забайкальского края и Республики Бурятия.

Ход работы:

1) выделение РНК из клинического материала;
2) проведение обратной транскрипции и ПЦР;
3) электрофорез ПЦР-продуктов в агарозном геле;
4) энзиматическая очистка ПЦР-продукта набором Exo/SAP;
5) секвенирование ПЦР-продуктов;
6) анализ нуклеотидных последовательностей.

В результате исследования образцов были получены 16 нуклеотидных последовательностей фрагмента гена S (длиной 631 н.) SARS-CoV-2 от больных людей в Забайкальском крае и Республике Бурятия (октябрь 2021 г.). Проведен сравнительный анализ полученных последовательностей с доступными базами данных для определения генетических линий SARS-CoV-2, были выявлены однонуклеотидная замена в последовательности (G>A) и делеция длиной шесть нуклеотидов (AGTTCA), относительно последовательности прототипного штамма Wuhan. Полученные данные указывают на преобладание геновариванта B.1.617.2 (Дельта) на выбранных для исследования территориях.

Расшифрованы восемь нуклеотидных последовательностей фрагмента гена S от больных людей Иркутской области (февраль 2022 г.). Были выявлены однонуклеотидные замены (C>T) дважды на исследуемом фрагменте, так же замена (T>A) и делеции длиной от 3 до 9 нуклеотидов (AAT, TACACG и GTGTTTATT), а также вставка из 9 нуклеотидов (GAGCCAGAA). Полученные данные указывают на преобладании геновариванта B.1.1.529 (Омикрон) на территории Иркутской области в начале 2022 г.

Список литературы

1. Global spread of SARS-CoV-2 subtype with spike protein mutation D614G is shaped by human genomic variations that regulate expression of TMPRSS2 and MX1 genes / Ch. Bhattacharyya, Ch. Das, A. Ghosh, A. K. Singh, S. Mukherjee, P. P. Majumder, A. Basu, N. K. Biswas // bioRxiv. 2020. 05.04.075911. DOI: 10.1101/2020.05.04.075911.
2. Graham R. L., Baric R. S. Minireview Recombination, Reservoirs, and the Modular Spike: Mechanisms of Coronavirus Cross-Species Transmission // Journal of Virology. 2010. Vol. 84, N 7. P. 3134–3146. DOI: 10.1128/JVI.01394–09.
3. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia / LiQ [et al.] // NEngl J Med. 2020. Vol. 382, N 13. P. 1199–1207. DOI: 10.1056/NEJMoa2001316
4. Emerging SARS-CoV-2 mutation hot spots include a novel RNA-dependent-RNA polymerase variant / M. Pachetti, B. Marini, F. Benedetti, F. Giudici, E. Mauro, P. Storici, C. Masciovecchio, S. Angeletti, M. Ciccozzi, R. C. Gallo, D. Zella, R. Ippodrino // J. Transl. Med. 2020. Vol. 18, N 1. P. 179. DOI: 10.1186/s12967–020–02344–6.
5. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019 / Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. // NEnglJMed. 2020. Vol. 382, N 8. P. 727–733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Адельшин Р. В.

УДК 581.1

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ АЗОКСИСТРОБИНА И ТЕБУКОНАЗОЛА НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИТОХОНДРИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ЗАКАЛИВАНИИ

Е. В. Бережная, Е. А. Полякова, А. В. Корсукова

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
ekaterina809@mail.ru

Azoxystrobin and tebuconazole fungicides did not influence on the respiration of mitochondria isolated from winter wheat etiolated seedlings. But these substances induced generation of ROS that can be related with their effect on the oxidative enzymes not involved in respiration.

В сельском хозяйстве для борьбы с грибковыми заболеваниями растений используют протравители семян на основе различных фунгицидов. Наиболее распространёнными действующими веществами протравителей являются вещества групп стробилуринов и триазолов, часто комбинируемые в составе одного препарата. Фунгицидное действие стробилуринов основано на ингибировании митохондриального дыхания патогенных грибов в результате связывания вещества с Qout-сайтом связывания убихинола [4]. Угнетающее действие на патогены триазолов происходит за счёт ингибирования синтеза стеринов. Однако известно, что триазолы также являются ингибиторами электрон-транспортной цепи (ЭТЦ) митохондрий, действуя на комплекс I [3]. Предполагают, что ингибирование ЭТЦ митохондрий на уровне комплекса III при действии стробилуринов может при-

вести к активации альтернативного пути дыхания через альтернативную оксидазу (АО) [5]. При этом известно, что представитель класса триазолов тебуконазол также активирует транспорт электронов через АО и ингибирует цитохромный путь (ЦП) [2]. При низкотемпературном закаливании происходит активация альтернативного дыхания через альтернативную оксидазу как адаптационного механизма к гипотермии [1]. В связи с этим представляется необходимым выяснить действие фунгицидов данных классов на функционирование митохондрий злаков при низкотемпературном закаливании.

Объектом исследования являлись этиолированные проростки озимой пшеницы сорта «Иркутская». В качестве изучаемых веществ были выбраны азоксистробин (стробилурины) и тебуконазол (триазолы) как наиболее распространённые действующие вещества протравителей. Фунгицидами обрабатывали поверхность семян в расчёте 2,5 мг азоксистробина и 1,5 мг тебуконазола на 50 г семян, растворяя вещества в 50 мкл диметилсульфоксида (ДМСО). Об эффективности действия фунгицидов судили по ингибированию роста побегов. Исследовали три варианта обработок фунгицидами: только азоксистробином или тебуконазолом и одновременно двумя фунгицидами. Проростки, выращенные из семян, обработанных только ДМСО, служили контролем (ДМСО-контроль). В качестве дополнительного контроля для учёта влияния ДМСО на исследуемые показатели использовали проростки, выращенные из необработанных семян. Проростки выращивали до возраста 3 сут. при +24°С (контрольные условия), а затем закаливали 7 сут. при +2°С. Из этиолированных побегов выделяли митохондрии и полярографическим методом оценивали их окислительную активность. В качестве субстрата окисления для изолированных митохондрий использовали малат в концентрации 10 мМ.

Выявлено, что при обработке только азоксистробином в контрольных условиях увеличивалась скорость дыхания митохондрий в состоянии 3 на 83 % по сравнению с ДМСО-контролем. При закаливании азоксистробин не оказывал влияния на скорость дыхания. Остальные обработки также не изменяли скорость дыхания по сравнению с контрольными растениями ни в контрольных условиях, ни при закаливании. Несмотря на то что азоксистробин и тебуконазол являются ингибиторами ЦП, вклад ЦП в дыхание при их действии оставался неизменным. Также не было выявлено влияния фунгицидов на вклад в дыхание альтернативной оксидазы. О сопряжении процессов окисления и фосфорилирования судили по коэффициенту дыхательного контроля (КДК) и коэффициенту АДФ:О. При обработке только азоксистробином КДК в контрольных условиях был равен 3,6 и значимо отличался от КДК ДМСО-контроля (2,6). При действии только тебуконазола выявлено уменьшение АДФ:О по сравнению с ДМСО-контролем (2,3 и 3,0 соответственно) в закалённых растениях. Возможно, азоксистробин в некоторой степени способствует улучшению со-

пряжённости митохондрий, а тебуконазол, наоборот, ухудшает сопряжённость окисления и фосфорилирования.

Поскольку ЭТЦ митохондрий является одним из пунктов генерации активных форм кислорода (АФК), то в работе определяли также содержание пероксида водорода. При действии азоксистробина уровень пероксида водорода был значительно выше, чем в ДМСО-контроле как в контрольных условиях, так и при закаливании (в 2,7 и 1,6 раза соответственно). Тебуконазол увеличивал содержание пероксида водорода только при закаливании (в 1,4 раза). При этом одновременная обработка двумя фунгицидами не оказывала такого эффекта, увеличивая содержание пероксида водорода только в контрольных условиях в 1,4 раза. Поскольку изучаемые фунгициды не вызывали ингибирования дыхания, можно предположить, что продуцирование АФК связано с их влиянием на другие окислительные ферменты, не задействованные в дыхании.

Таким образом, обработка семян озимой пшеницы азоксистробином и тебуконазолом в исследуемых дозах не оказывала значимого влияния на процессы окисления и фосфорилирования митохондрий, выделенных из побегов, выращенных из этих семян. Несмотря на отсутствие значимого влияния на дыхание, действие фунгицидов приводило к повышению продукции АФК митохондриями. Полученные данные позволяют предполагать, что действие фунгицидов тебуконазола и азоксистробина, используемых для обработки семян, может не быть напрямую связано с их влиянием на дыхательные ферменты митохондрий, но скорее обусловлено влиянием на активность про/антиоксидантных ферментов и их способность изменять устойчивость растений к низким температурам.

Список литературы

1. Митохондрии растений при стрессе и адаптации к гипо- и гипертермии / О. И. Грабельных [и др.] // Механизмы регуляции функций органелл эукариотической клетки : материалы докл. II Всерос. науч. Конф. с междунар. участием. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2018. С. 27–29.

2. Влияние тебуконазола и тебуконазол-содержащего препарата «Бункер» на функционирование митохондрий озимой пшеницы / Т. П. Побежимова [и др.] // Биологические мембраны: Журнал мембранной и клеточной биологии. 2020. Т. 37, № 3. С. 224–234.

3. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы / Т. П. Побежимова, А. В. Корсукова, Н. В. Дорофеев, О. И. Грабельных // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, № 3. С. 461–476.

4. The strobilurin fungicides / D. W. Bartlett [et al.] // Pest Management Science. 2002. Vol. 58, N 7. P. 649–622.

5. Tietjen K. Contribution of plant responses to efficacy of fungicides – a perspective // Modern Fungicides and Antifungal Compounds. 2017. Vol. 8. P. 33–50.

Научный руководитель: д-р биол. наук, доцент Грабельных О. И.

УДК 57.083.18

БИОХИМИЧЕСКИЕ И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ

В. А. Бобкова
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
varvar0299@gmail.com

The rapid emergence of resistant bacteria is occurring worldwide, endangering the efficacy of antibiotics, which have transformed medicine and saved millions of lives. Many decades after the first patients were treated with antibiotics, bacterial infections have again become a threat.

В современном мире большой проблемой является антибиотикорезистентность, которая во многом зависит от вида антибиотика. Видов антибиотиков очень много, но все их можно разделить на шесть основных групп: пенициллины, цефалоспорины, аминогликозиды, тетрациклины, макролиды, фторхинолоны, Антибиотики, применяемые в медицине, производятся из культур микроорганизмов или представляют собой полностью синтезированные лекарственные средства.

Устойчивость к антибиотикам может возникнуть у людей на любом этапе жизни, особенно развитие невосприимчивости к антибиотикам опасно для микроорганизмов, вызывающих острые кишечные инфекции такие как: *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Campylobacter* spp., *Yersinia* spp. Эти заболевания, вызванные бактериями с резистентностью к основным группам антибиотиков, достаточно сложно поддаются лечению, а иногда это и вовсе невозможно. В большинстве случаев такие инфекции требуют дополнительных визитов к врачу и применения лечения, которое может быть достаточно дорогостоящим и потенциально токсичным для всего организма.

Антибиотики, помимо устранения болезнетворных бактерий, также понижают жизнедеятельность нормальной полезной микрофлоры кишечника, которая отвечает за расщепление углеводов до короткоцепочечных жирных кислот, помогает организму в поддержании гомеостаза и иммунной системы.

Определенные виды бактерий в кишечнике борются с воспалительными процессами, другие способствуют развитию этих прессов. Помимо этого, некоторые бактерии могут привести к риску возникновения астмы или аллергических реакций на некоторые компоненты окружающей среды, хроническим заболеваниям (диабет, болезни сердца, рассеянный склероз и др). Все это очень важно учитывать при выборе лечения, поскольку давно известно: антибиотики применяются только для лечения бактериальных инфекций.

Для выбора наиболее эффективного препарата назначается исследование микрофлоры с определением чувствительности к основным группам антибиотиков.

В таблице представлены данные по среднему сроку выдачи результатов бактериологического исследования кала человека на условно-патогенную микрофлору с определением чувствительности к основным группам антибиотиков в зависимости от метода идентификации микроорганизмов.

Таблица

Выдача результатов в зависимости от метода

	Биохимия	Масс-спектрометр
Средний срок выдачи результата	6 дней	4 дня

Средний срок выдачи результата с помощью биохимических методов в биологических средах – 6 дней, а с помощью масс-спектрометрических методов – 4 дня. Согласно анализу данных, масс-спектрометрический анализ проводится на два дня быстрее, чем биохимический.

УДК 577

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ДВУХ ВИДОВ *DRAPARNALDIOIDES* ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

У. А. Васильева[1,2], К. А. Кириченко[1]

[1] Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
[2] Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
uliana.andreevna.vasilyeva@gmail.com

For the first time, the composition of fatty acids, as a possible marker of the physiological and biochemical state, was studied in two species of the genus *Draparnaldioides* (*D. baicalensis* and *D. arnoldii*) and its multidirectional changes during cultivation and their specificity were revealed.

Специфические условия оз. Байкал, такие как высокое содержание кислорода, низкие температуры, малое количество органических веществ и низкая минерализация, влияют на обитающие в озере организмы, вынуждая их приспосабливаться. Макроводоросли представляют собой важное звено экосистемы озера, поскольку служат источником органического вещества, местообитанием и источником биологически активных веществ для многих бентосных организмов. Они выступают в качестве одного из средообразующих природных компонентов, взаимодействуя со многими видами, обитающими в озере. Особый интерес представляют массовые виды эндемичного рода *Draparnaldioides* и их взаимодействие с окружающей средой [1]. До сих пор в литературе мало сведений о физиологии и

биохимии этого рода, что может быть одной из причин отсутствия успеха в её культивировании в лабораторных условиях. Согласно нашим предварительным результатам, жизнеспособность талломов одного из видов этого рода после переноса из естественной среды обитания в аквариум с сохранением температуры воды и её состава поддерживается не более 1,5 месяцев.

Одним из биохимических параметров, определяющих жизнеспособность организмов к изменяющимся температурным условиям, является липидный и жирнокислотный состав мембран. Известно, что содержание липидов и отдельных жирных кислот в водорослях значительно варьирует в течение года и зависит от внешних условий. Несмотря на внешние условия зелёные водоросли бедны липидами, их содержание составляет от < 1 до 7 % сухой массы, или от 1,6 до 36,2 мг/г сырой массы талломов [2]. Зеленые водоросли близки по составу жирных кислот с наземными растениями, однако по содержанию отдельных кислот могут от них сильно отличаться. Так, одной из особенностей состава жирных кислот зелёных водорослей является высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот с 18 атомами углерода: линолевой, α-линоленовой и октадекатетраеновой, которые в сумме могут составлять от 20 до 55 % [2].

Целью настоящей работы было сравнение относительного состава жирных кислот общих липидов у двух видов рода *Draparnaldioides* сразу после вылова и при культивировании.

Объектами исследования служили два вида макроводоросли: *D. baicalensis* и *D. arnoldii*. Пробоотбор проводили на побережье оз. Байкал, в поселке Большое Голоустное (с глубины от 0 до 0,5 м; t_{H2O} в момент вылова 11,7 ºС) по координатам от 52°01'33.6"N 105°25'06.7"E до 52°01'33.5"N 105°25'59.3"E. Пробы для анализа (талломы) отбирали сразу после вылова и через 7 и 14 сут. культивирования при температуре 12ºС, интенсивность освещения 2500 лк. Идентификацию жирных кислот проводили методом газожидкостной хроматографии/масс-спектрометрии. Относительный состав жирных кислот выражали в весовых процентах.

Проведенный анализ показал, что оба изучаемых вида *Draparnaldioides* имеют сходный качественный и количественный состав жирных кислот сразу после вылова. Всего было определено 8 типов жирных кислот: C14:0 (миристиновая), C16:0 (пальмитиновая), C16:1 (изомеры пальмитиновой кислоты), C18:0 (стеариновая), C18:1(n-9) (олеиновая), C18:1(n-7) (цис-вакценовая), C18:2(n-6) (линолевая) и C18:3(n-3) (α-линоленовая). Наибольшее содержание из них приходилось на пальмитиновую, стеариновую и α-линоленовую кислоты. Так, у *D. arnoldii* содержание данных жирных кислот составляло 40,70±2,34, 17,55±0,33 и 20,27±4,30 для C16:0, C18:0 и C18:3(n-3), соответственно, а у *D. baicalensis* 37,41±2,68, 16,33±4,91 и 26,42±4,90.

Культивирование сопровождалось изменением состава и содержания жирных кислот у обоих изученных видов. К концу культивирования было идентифицировано большое количество (16) различных типов жирных кислот с длиной цепей от 14 до 22 атомов. Большее разнообразие в составе жирных кислот было характерно для *D. arnoldii.* Так, через неделю культивирования у обоих видов выявили дополнительно жирные кислоты С20:0 (арахиновая) и С22:0 (бегеновая), а у макроводоросли *D. arnoldii,* кроме того, С17:0 (маргариновая) и С20:1(n-11) (гондоиновая). На 14 сутки культивирования в пробах *D. baicalensis* также наблюдали появление маргариновой кислоты. В то же время у *D. arnoldii* в этот период были идентифицированы нехарактерные для эукариот жирные кислоты С14:0-i и С15:0-i, являющиеся жирными кислотами с разветвленными цепями (i-изо и анти-изо) и специфичными маркерами бактерий. Также у *D. arnoldii* была определена пентадециловая кислота (С15:0) и стеаридоновая (С18:4(n-3)). Такие специфические изменения состава жирных кислот у *D. arnoldii*, вероятно, свидетельствуют об увеличении относительного числа клеток бактерий, ассоциированных с макроводорослью, показателями чего являются маркерные жирные кислоты С14:0-i, С15:0-i, С15:0 и С17:0.

По мере культивирования у изученных видов рода *Draparnaldioides* изменялось относительное содержание основных жирных кислот: пальмитиновой, стеариновой, олеиновой, линолевой и α-линоленовой. Содержание олеиновой и линолевой кислот снижалось у обоих видов, в то время как содержание пальмитиновой, стеариновой и α-линоленовой изменялось разнонаправлено. У *D. arnoldii* содержание насыщенных пальмитиновой и стеариновой кислот снижалось по мере культивирования, а содержание полиеновой α-линоленовой кислоты увеличивалось на 7-е сут. (30,09±0,66) с последующим некоторым снижением на 14-е сут. (26,83±1,42). У *D. baicalensis*, наоборот, содержание пальмитиновой и стеариновой кислот увеличивалось по мере культивирования, а содержание α-линоленовой кислоты не изменялось на 7-е сут. и снижалось на 14-е сут. (14,53±3,05).

Изменения относительного содержания жирных кислот сопровождалось изменениями суммы насыщенных и ненасыщенных жирных кислот и их соотношения. У *D. arnoldii* сумма насыщенных жирных кислот постепенно снижалась от 60,21 (сразу после вылова) до 50,06 % к концу культивирования, в то же время у *D. baicalensis*, наоборот, сумма насыщенных жирных кислот увеличилась с 56,08 до 78,41 %. Возможно, увеличение суммы насыщенных жирных кислот и снижение на этом фоне суммы ненасыщенных жирных кислот связано с более активной деградацией жирных кислот водоросли *D. baicalensis* в процессах β-окисления и перекисного окисления липидов.

Таким образом, сравнительный анализ жирнокислотного состава двух видов эндемичного рода *Draparnaldioides* (*D. baicalensis и D. arnoldii*) показал разнонаправленные изменения при культивировании в лабораторных условиях и их специфичность.

Авторы благодарят Вишнякова Василия Сергеевича за помощь в идентификации видов Draparnaldioides sp.

Список литературы

1. Ижболдина Л. А. Атлас и определитель водорослей бентоса и перифитона озера Байкал (мейо- и макрофиты) с краткими очерками по их экологии. Новосибирск : Наука, 2007. 248 с.

2. Nelson M. M., Phleger C. F., Nichols P. D. Seasonal lipid composition in macroalgae of the northeastern Pacific Ocean // Botanica Marina. 2002. Vol. 45. P. 58–65.

Научные руководители: д-р биол. наук, доцент Грабельных О. И., д-р биол. наук, профессор Тимофеев М. А.

УДК 577.21

ПОЛУЧЕНИЕ ВЕКТОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ГЕНОМ *CTL2* ИЗ АМФИПОД ВИДА *EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS*

А. Д. Власевская, Е. Д. Золотовская, П. Б. Дроздова, Ю. А. Лубяга

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
ananastasi.vl@gmail.com

Rapid determination of the immune response can speed up many environmental monitoring processes. This work is the first step in the study of a potential pattern-recognition receptor CTL2 in Baikal endemic amphipods.

Озеро Байкал представляет собой уникальную среду обитания, разнообразие организмов которого поражает своей вариативностью. Особый интерес вызывают представители ракообразных – амфиподы, широко представленные в озере (около 350 видов и подвидов [1]). Высокое видовое разнообразие может приводить к приобретению отличий в системе иммунной защиты. Механизмы иммунного ответа активируются, когда ассоциированные с патогеном молекулярные структуры распознаются белками-рецепторами, циркулирующими во внутренней среде или расположенными на поверхности иммунных клеток хозяина. Паттерн-распознающие рецепторы – особый класс белковых молекул, способных узнавать консервативные молекулярные структуры (паттерны), характерные для патогенных микроорганизмов. К таким рецепторам относятся лектины. Лектинами называют белки, которые способны вызывать агглютинацию остатков углеводов на поверхности микроорганизмов, тем самым выполняя функцию распознавания [2]. Так, белок CTL2 (рис. 1), обнаруженный в протеоме иммунных клеток эндемичных амфипод вида *Eulimnogammarus verrucosus* является потенциальным лектином. Изучение функций паттерн-распознающих рецепторов эндемичных байкальских ам-

фипод необходимо для разработки методов быстрого определения иммунного ответа организма амфипод *in vitro* в отношении инородных объектов.

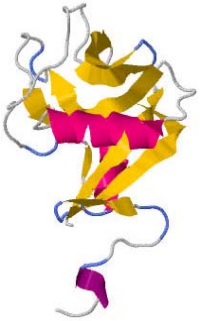


Рис. 1. Визуализация 3Д-структуры белка CTL2,
полученная при помощи сервера Phyre v2.0

Таким образом, целью данной работы было создание векторной конструкции, содержащей ген *CTL2*, выделенный из эндемичных байкальских амфипод вида *Eulimnogammarus verrucosus*.

Отлов амфипод проводили в прибрежной зоне оз. Байкал в районе пос. Листвянка. Акклимацию ракообразных осуществляли в аэрируемых аквариумах при температуре 6 °С в течение 4 сут. На первом этапе работы из амфипод выделяли общую РНК, с последующим синтезом кДНК. Для амплификации гена интереса были сконструированы праймеры, специфичные к *CTL2*. Последовательности прямого и обратного праймеров подбирали на 5' и 3' кодирующие области транскрипта GHHK01014723, таким образом, чтобы содержание оснований Г и Ц находилось в пределах 40–60 %, длина праймера не превышала 35 п.н., а разница температуры отжига не превышала 2 °С. В последовательности праймеров также были внесены сайты рестрикции, необходимые для клонирования целевого гена в вектор. Дизайн праймеров *in silico* осуществляли с использованием программы SnapGene Viewer 5.2.4. Полученный ПЦР-продукт клонировали в коммерческий вектор pAL2-T (Евроген, Россия). Данный вектор содержит ген устойчивости к антибиотику ампициллину, а также ген lacZ, что дает возможность проведения бактериальной селекции. Полученной лигазной смесью были трансформированы клетки бактерий *Escherichia coli* штамма XL10-Gold. Несколько колоний, отобранных с помощью бело-голубой селекции, были проверены методом ПЦР на наличие вставки гена *CTL2.* Колонии, содержащие ген интереса, нарабатывали в жидкой среде, с последующей очисткой плазмид. С полученными плазмидами pAL2-T-CTL2 проводили проверочную ПЦР, с праймерами, специфичными к гену интереса, рестрикцию и секвенирование.

В ходе работы были сконструированы праймеры к гену интереса *CTL2*, а также подобраны оптимальные условия работы данных праймеров. Получена плазмида на основе промежуточного вектора pAL2-T (рис. 2), содержащая ген лектин-подобного белка CTL2. Результаты секвенирования pAL2-T-CTL2 показали наличие нуклеотидных замен в гене интереса, которые привели к замене 2 аминокислот. Тем не менее, данные замены не приводят к дестабилизиции белка и не изменяют его свойства. Полученная генетическая конструкция будет использована для переноса гена интереса *CTL2* в окончательную плазмиду pPB-pCoBlast-actin5c-mScarlet, для изучения свойств белка интереса, как паттерн-распознающего рецептора, с использованием гетерологичной экспрессии в клеточных культурах.

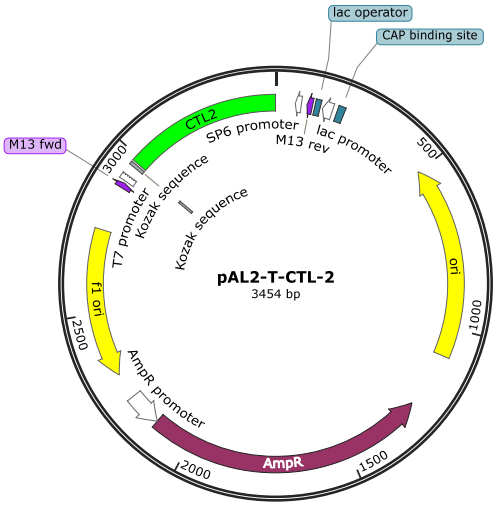


Рис. 2. Карта векторной конструкции pAL2-T-CTL2

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20–44–383007.

Список литературы

1. Базикалова А. Я. Амфиподы озера Байкал // Труды Байкальского лимнологической станции. 1945. Т. 11. С. 1–440.

2. Drickamer K., Dell A., Fadden A. J. Genomic analysis of C-type lectins // Biochemical Society Symposia. Portland Press, 2002. Vol. 69. P. 59–72.

Научный руководитель: директор НИИ биологии ФГБОУ ВО «ИГУ», заведующий лабораторией «Стресс-физиологии и перспективных биотехнологий», д-р биол. наук, профессор Тимофеев М. А.

УДК 581.14

РОЛЬ БИОДОСТУПНОГО АЗОТА В РАЗВИТИИ ИНДУЦИРОВАННОГО СТАРЕНИЯ ЛИСТЬЕВ *ARABIDOPSIS THALIANA L.*

А. А. Власова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
anfi98@bk.ru

During a dark-induced senescenceof Arabidopsis plants a slowdown in the chlorophyll degradation, depend on NH_4NO_3 content in growth media. We assume that NH_4NO_3 content impacts on the plant dark-induced senescence.

Старение однолетних растений – это последний этап их развития, который направлен на ремобилизацию питательных веществ в органы размножения и созревающие плоды. Позднее начало старения может увеличить накопление питательных веществ в листьях, и это впоследствии может способствовать улучшению урожайности зерновых культур, при условии, что позднее начало старения сопровождается активным переносом питательных веществ в зерна. На сроки наступления и скорость старения растений влияют нарушение распада хлорофиллов, нарушение гормональной регуляции, стрессовые условия, такие как засуха или повышенная температура, и др.

Существуют мутанты растений с разнообразными нарушениями старения. Одним из таких мутантов является двойной нокаут-мутант *Arabidopsis thaliana* по генам глутаматдегидрогеназы (ГДГ, КФ 1.4.1.2), линия *gdh1gdh2*. У этого мутанта отсутствует активность ГДГ. Этот фермент служит звеном, связывающим углеродный и азотный метаболизм. Подвергая, мутант *gdh1gdh2* индуцированному старению (длительному выдерживанию растений в тёмноте), мы наблюдаем отсутствие пожелтения листьев, что является одним из признаков нарушения старения. Поскольку ГДГ участвует в катаболических превращениях ряда аминокислот, мы предполагаем, что старение мутанта *gdh1gdh2* обусловлено именно дисфункцией ГДГ и соответствующими перестройками азотного обмена.

Цель: изучить влияние содержания солей азота в питательных средах на развитие индуцированного старения листьев растений арабидопсиса дикого типа и мутантной линии *gdh1gdh2*.

Растения двух линий арабидопсиса *Col-0* и *gdh1gdh2* выращивали на средах с повышенным, пониженным и нормальным содержанием NH_4NO_3. После выращивания растений в течение 21 сут. в режиме «16 ч свет + 8 ч тёмнота», освещённость 150 $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, Т 23 °С, чашки с растениями убирали в полную тёмноту.

Мы оценили содержание хлорофиллов у растений *Col-0* и *gdh1gdh2* в описанных условиях. Нами были взяты 3 контрольные точки – 0, 4 сут. и 7 сут. в тёмноте.

У растений линии *Col-0* в контрольных условиях общее содержание хлорофиллов снизилось после 4 сут. в тёмноте с 1,2 мг/г до 0,7 мг/г сырого веса, после 7 сут. – до 0,4 мг/г. В условиях пониженного содержания аммонийного азота снизилось после 4 сут. в тёмноте с 0,9 мг/г до 0,5 мг/г сырого веса, после 7 сут. – до 0,4 мг/г. В условиях повышенного содержания аммонийного азота в питательной среде после 4 сут. в тёмноте содержание хлорофиллов составило 1,1 мг/г, после 7 сут. – 0,6 мг/г (рис. 1).

У растений линии *gdh1gdh2* в контрольных условиях общее содержание хлорофиллов снизилось после 4 сут. в тёмноте с 1,4 мг/г до 0,6 мг/г, дальнейшего снижения не происходило. В условиях пониженного содержания аммонийного азота после 4 сут. в тёмноте общее содержание хлорофиллов снизилось с 0,8 мг/г до 0,5 мг/г, после 7 сут. – до 0,4 мг/г. В условиях повышенного содержания азота уровень хлорофиллов у мутантных растений после 4 сут. в тёмноте составлял 1,3 мг/г, после 7 сут. составлял 1,2 мг/г (рис. 1).

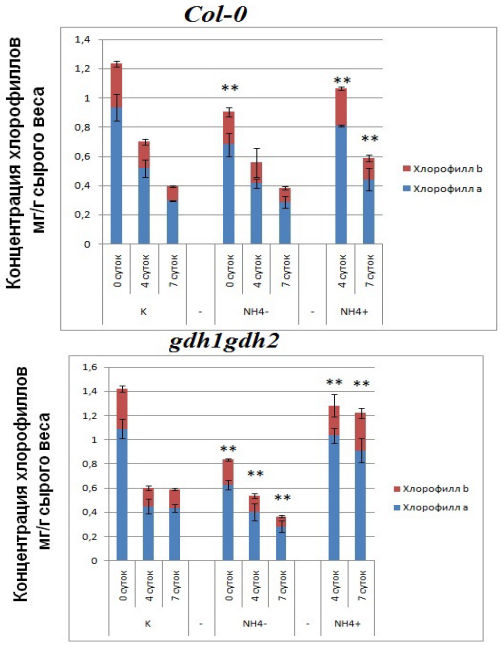


Рис. 1. Содержание хлорофиллов у линии дикого типа *Col-0* и мутанта *gdh1gdh2* при длительном выдерживании в тёмноте в условиях контрольного и пониженного содержания биодоступного азота в питательной среде. Знаком ** обозначены отличия от растений, выращенных на контрольной среде, по сумме хлорофиллов (a+b), $p < 0{,}01$

Таким образом, динамика распада хлорофиллов при индуцированном темнотой старении может зависеть от содержания биодоступного азота. Чем ниже содержание биодоступного азота в питательной среде, тем динамика снижения хлорофиллов у мутантных растений больше схожа с растениями дикого типа.

Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых № 091-21-315 «Роль биодоступного азота в развитии индуцированного старения листьев Arabidopsis thaliana L.»

Научный руководитель: канд. биол. наук, с.н.с. Гарник Е. Ю.

УДК 573.6

ЭФФЕКТЫ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ НА СВЯЗЫВАНИЕ КЛЕТОК *MICROCOCCUS LUTEUS* С УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИМИ СУБСТРАТАМИ

Е. И. Гавлик[1,2], С. Э. Сергиенко[1]

[1]Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
[2]Институт развития образования Иркутской области, Иркутск, Россия
lizagavlik@mail.ru

This work presents information on the ability carbon tissue to adsorb *Micrococcus luteus* in the presence of sodium dodecyl sulfate.

Микробные топливные элементы (МТЭ) вызывают большой интерес, поскольку являются альтернативной системой для производства биоэнергии. Как биоэлектрохимическая система, МТЭ участвует в производстве электроэнергии и очистке сточных вод. В этой замкнутой системе довольно часто углеродная ткань используется как анодный электрод, к которому прикрепляются электрогенные штаммы бактерий. Поверхностно-активные вещества, присутствующие в сточных водах, могут изменять гидрофобность клеточной поверхности бактерий, а затем изменять адсорбцию клеток [1] на твердых поверхностях электродов, используемых в МТЭ.

В данном исследовании изучали сорбцию клеток электрогенного штамма *M. luteus 1-и* на поверхности углеродной ткани Урал Т22Р (СветлогорскХимволокно, Беларусь) под влиянием анионоактивного ПАВ додецилсульфата натрия (ДСН), являющегося распространенным компонентом сточных вод.

Объект исследования – штамм бактерий *M. luteus 1-и* – выделили из активного ила нефтехимического завода [2]. Его выращивали на ГРМ-агаре (ООО Биотехновация, Россия). Стерилизацию среды проводили ав-

токлавированием при 1 атм. в течение 45 мин. Для исследования использовали суточную культуру *M. luteus 1-и,* суспендированную в физиологическом растворе. Сорбент двухкратно промывали физраствором до начала опыта. В эксперименте объем суспензии составлял 20 мл. Сорбцию клеток *M. luteus 1- и* на углеродной ткани изучали по убыли оптической плотности бактериальной суспензии при экспонировании в ней образцов ткани в присутствии ДСН (хч, ЗАО «Вектон») в концентрациях 10, 100, 200, 400, 800 мг/л. Измерение оптической плотности проводили на спектрофотометре (спектрофотометр ПромЭкоЛаб ПЭ-5300В) при длине волны 540 нм в кювете толщиной 10 мм. Контролем служила суспензия бактериальных клеток с погруженной углеродной тканью (0,5 г для колб и 1 г для колонок) в отсутствии ДСН.

Экспонирование ткани в суспензиях бактерий осуществляли двумя способами. В первом из них ткань в суспензии экспонировали в колбах на орбитальном шейкере (BIOSAN OS-20, Латвия, скорость перемешивания 100 об. /мин) в течение 2 ч. После этого бактериальную суспензию отделяли от ткани фильтрацией через мельничный газ (размер ячейки 0,064 × 0.064 мм). Затем определяли оптическую плотность суспензии ($D_ф$), эту же ткань отмывали 20 мл физ. раствора с повторной фильтрацией через мельничный газ и измерением оптической плотности ($D_{от}$). Этот способ позволял оценить сорбцию бактериальных клеток при постоянном перемешивании (динамическая сорбция). Во втором способе ткань экспонировали в суспензии бактерий статически (без перемешивания), используя для этого стеклянные колонки (диаметр = 14 мм, длина = 140 мм). Как и в первом способе, время экспонирования составляло 2 ч. По истечению этого времени суспензию сливали и фотометрировали ($D_ф$). Затем для отмыва неадсорбированных клеток в колонки на углеродную ткань наливали 20 мл физ. раствора и определяли оптическую плотность ($D_{от}$) суспензии клеток, отмытых от ткани.

Полученные данные сопоставляли с оптической плотностью исходной бактериальной суспензии, взятой в опыт ($D_{исх}$), по формуле (1):

$$A = \frac{D_{исх} - (D_ф + D_{от})}{D_{исх}} \times 100\ \%, \qquad (1)$$

где $D_{исх}$ – исходная оптическая плотность суспензии м/о при 0,75 ед. $D_{540} = 0{,}75$; $D_ф$ – оптическая плотность суспензии м/о после фильтрации; $D_{от}$ – оптическая плотность суспензии после отмыва ткани; A – сорбция бактерий на ткани.

На рисунке показана зависимость сорбции клеток *M. luteus 1-и* на углеродной ткани от концентрации додецилсульфата натрия. Под действием ДСН величина адсорбции бактерий на поверхности углеродной ткани увеличивается с 23 до 42 %.

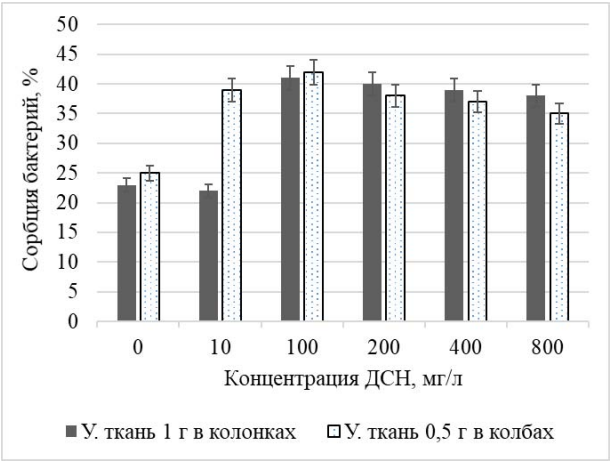


Рис. Сорбция клеток *M. luteus 1-и* на углеродной ткани Урал Т22Р за 2 ч экспонирования в растворах додецилсульфата натрия 10, 100, 200, 400 и 800 мг/л

Это может быть связано с тем, что поверхность углеродной ткани имеет отрицательный заряд, а ДСН является анионным поверхностно-активным веществом с положительным зарядом, что может увеличить адсорбционную способность бактерий на поверхности угля [1]. Формально, по рис. 1 величины динамической и статической сорбции близки. Но на самом деле сорбция при перемешивании (в колбах) значительно выше, так как используемая масса сорбента в 2 раза ниже, чем без перемешивания (на колонках).

Таким образом, показано увеличение сорбции *M. luteus 1-и* на углеродной ткани в присутствии ДСН в диапазоне концентраций 10–800 мг/л, а также преимущество динамической сорбции бактериальных клеток (т. е. при перемешивании) над статической.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Немецкого научно-исследовательского сообщества в рамках научного проекта № 21-54-12022.

Список литературы

1. Action modes of surfactants on biodegradation of Wudong low-rank coal by Pseudomonas aeruginosa / Hao Wu [et al.] // Research Square. URL: https://www.researchsquare.com/article/rs-1410150/v1 (дата обращения: 03.04.2022)

2. *Micrococcus luteus* and *Serratia marcescens*, as a new association of bioagents for microbial fuel cells / E. Yu. Konovalova [et al.] // IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci. 2020.

Научный руководитель: канд. биол. наук, с.н.с. НИИ биологии ИГУ Саксонов М. Н.

УДК 57.082.542

ОТБОР И ХРАНЕНИЕ ЧИСТЫХ КУЛЬТУР БАЗИДИОМИЦЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГАРОВЫХ ДИСКОВ

А. И. Горбунова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
gorbunova61.98@mail.ru

Today, the problem of a long-term, inexpensive and efficient method of storing pure cultures of biologically useful fungi remains relevant. Storage on agar discs is one of the most successful methods for maintaining a viable fungal reproductive culture.

Ксилотрофные базидиомицеты населяют широкий спектр экологических ниш, выполняя жизненно важные экосистемные роли, особенно в круговороте углерода и в качестве симбиотических партнеров с целым рядом других организмов. В частности, в контексте использования человеком базидиомицеты являются весьма ценным источником пищи и приобретают все большее медицинское значение. Однако до сих пор существует серьёзная проблема длительного хранения и последующего рекультивирования жизнеспособных биологически полезных, а также музейных образцов базидиомицетов с целью дальнейшего использования.

В связи с этим целью работы было рекультивирование и исследование чистых культур ксилотрофных базидиомицетов с применением метода агаровых дисков.

В экспериментах использовали одиннадцать чистых музейных культур ксилотрофных базидиомицетов (НИИ Биологии ИГУ): *Cantharellus cibarius*; *Flammulina velutipes*; *Fomes fomentarius*; *Fomitopsis officinalis*; *Ganoderma lucidum*; *Grifola frondosa*; *Hericium coralloides*; *Lentinus edodes*; *Pholiota nameko*; *Pleurotus ostreatus*; *Trametes versicolor*.

Первичное культивирование музейных образцов мицелия ксилотрофных базидиомицетов проводили на специализированных для микобионтов твёрдых питательных средах Чапека (дрожжевая и бездрожжевая), РПА, а также сусло-агаре. Посев кусочков мицелия (по 3–5 мм) культур производили на «косяки» в пробирки, а также на чашки Петри. Культивирование осуществляли при естественной освещенности и температуре +23-+25 ºС. Результаты культивирования проверяли в период с 3-х по 16-е сут.

Хранение культур базидиальных грибов, выращенных на чашках Петри и в пробирках, с наибольшим приростом биомассы закладывали на хранение в двух различных вариантах: в пробирках, а также вырезанными дисками геля (агаровыми дисками) с мицелием, помещенными в стерильную воду в эппендорфы (рис. 1). Культуры в эппендорфах и в пробирках хранили в холодильной камере при температуре +2…+4 ºС в течение 3–4 месяцев.

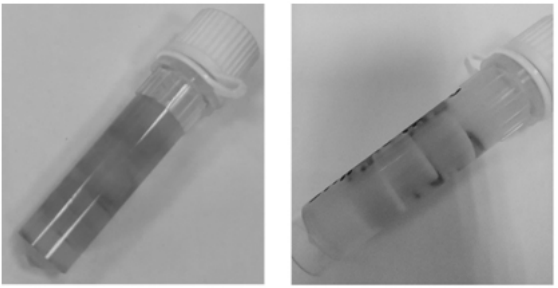


Рис. 1. Хранение агаровых дисков с мицелием в эппендорфах со стерильной водой

Вторичное культивирование производили на чашках Петри на средах Чапека и сусло-агаре в тех же условиях, что и первичное. Посев производился с агаровых дисков (рис. 2, А), а также со скошенной среды Чапека (рис. 2, Б).

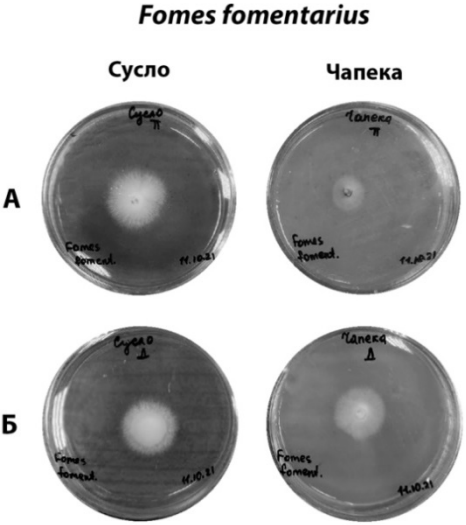


Рис. 2. Рекультивирование ксилотрофных базидиомицетов после 3 месяцев хранения

По результатам исследования было выявлено, что для наращивания биомассы рекомендуется использовать сусло-агар, позволяющий в короткие сроки получить большой объем продукции. Хранение культур базидиомицетов целесообразно осуществлять с помощью метода индикаторных или агаровых дисков, который «консервирует» мицелий и при последующем рекультивировании замедляет старение культуры. Это значительно сокращает затраты на постоянное рекультивирование грибов со ско-

шенных питательных сред, которые требуют постоянного обновления, так как рост в пробирке ограничен, а также подвергают чистые культуры постепенному старению и возможным генетическим изменениям.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Огарков Б. Н.

УДК 573.6

ЧЕРВИ И НЕФТЕЗАГРЯЗНЕНИЯ

Г. В. Дамбаева, М. М. Долгих

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
20Galya00@gmail.com

Oil and products of its processing have long become an integral part of human life and some of them inevitably end up in the environment. In this work, the effect of some petroleum products (fuel oil, kerosene, aviation kerosene) on the substrate preference-avoidance behavioral reaction of *Eisenia foetida* earthworms was studied.

Нефть и продукты её переработки давно стали неотъемлемой частью жизни человека. Часть из них неизбежно попадает в окружающую среду. Важной задачей является оценка их влияния на организмы. Для этих целей применяют методы биотестирования. В них та или иная тест-реакция объекта исследования (тест-объекта) позволяет судить о действии токсиканта на организм, его ингибирующем или стимулирующем действии. Целью данного сообщения явилась оценка и сопоставление влияния некоторых нефтепродуктов (мазут, керосин, авиационный керосин) на поведенческую реакцию предпочтения-избегания субстрата дождевыми червями *Eisenia foetida.*

Дождевые черви – доминирующий вид почвенных беспозвоночных и составляют 50–72 % всей биомассы почвы, также они перерабатывают почву в биогумус. Иными словами, дождевые черви определяют одно из важнейших качеств почвы, её плодородие. Это обусловило выбор данного тест-объекта (красный калифорнийский гибрид *Eisenia foetida*) в работе. Тест-откликом червей в работе являлась поведенческая реакция предпочтения-избегания субстрата. Для биотестирования червей в количестве 34 шт. помещали в чашку Петри с сухим утрамбованным песком (точка старта). Сухой песок является раздражителем, заставляя червей искать более комфортные условия. Вокруг чашки с червями по радиусу располагали 7 чашек Петри с увлажненным песком (в каждой по 50 г), предварительно загрязненным испытуемым токсикантом в определенной концентрации. Одна из чашек являлась контролем – увлажненный песок, не содержащий токсикант. Влажность песка составляла ~ 80 %. Как правило, в течение первого часа все черви покидали точку старта и распределялись по

чашкам. Затем они могли покинуть занимаемое место, если условия казались им не подходящими. Эта поведенческая реакция избегания являлась важным показателем токсичности среды. Для повышения достоверности опыт проводили в течение 4 ч. По истечении этого времени подсчитывали количество червей в каждой чашке. Полученное количество сравнивали данными контроля, определяя степень токсичности. Токсичность испытуемого образца по отношению к поведенческой реакции червей вычисляли по формуле:

$$T = \frac{K - O}{K} \cdot 100\ \%,$$

где T – токсичность, %; K – количество червей, обнаруженных на момент снятия результата в контрольном отсеке; O – количество червей, обнаруженных на момент снятия результата в опытном отсеке.

Испытуемыми токсикантами в работе являлись: мазут, авиационный керосин и керосин.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ Microsoft Office. Эксперименты проводили в 5 независимых экспериментах, по 3 повторности в каждом опыте. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза $p \geq 0{,}95$.

В результате проведенных опытов были получены следующие данные.

Токсичность мазута в концентрации 0,1 мл/кг составляла 27,2±6 %. При повышении концентрации до 1 мл/кг наблюдали снижение токсичности до 13,5±6 %. Пробу, содержащую 5 мл/кг мазута, избегали 37±8,6 % червей, 10 мл/кг – 19,8±7 %. При наибольшей из взятых в опыт концентрация (15 мл/кг) наблюдали наибольшую токсичность мазута – эту пробу избегало 50,1±7,7 % особей дождевых червей (рис., *а*).

Авиационный керосин в концентрациях от 0,5 до 10 мл/кг оказывал примерное равное негативное действие на поведенческую реакцию дождевых червей. Образцы песка, загрязненные этим нефтепродуктом в указанных концентрациях, избегало от 41,5±3,7 до 55±7 % особей дождевых червей. Дальнейшее повышение содержания авиационного керосина приводило к последовательному повышению токсичности: пробу, содержащую 20 мл/кг нефтепродукта, избегало 75,8±4 %, а при 40 мл/кг – 89,7±4,5 % дождевых червей (рис., *б*).

Керосин (рис., *в*) в концентрации 1 мл/л не оказывал значительного действия на реакцию избегания-предпочтения субстрата дождевыми червями. Количество особей, избегающих пробу с указанным содержанием нефтепродукта, достоверно не отличалось от контрольной пробы (незагрязненный песок). Токсическое действие на поведенческую реакцию дождевых червей керосин оказывал при содержании от 5 мл/кг. При этой концентрации показатель токсичности пробы, выражающийся в количестве особей червей, её избегающих, составлял 30,5±9 %. С дальнейшим

повышением количества токсиканта в пробе возрастал и показатель токсичности. При наибольшей из взятых в опыт концентраций керосина (20 мл/кг) избегание пробы червями составило 75,5 % (рис., *в*).

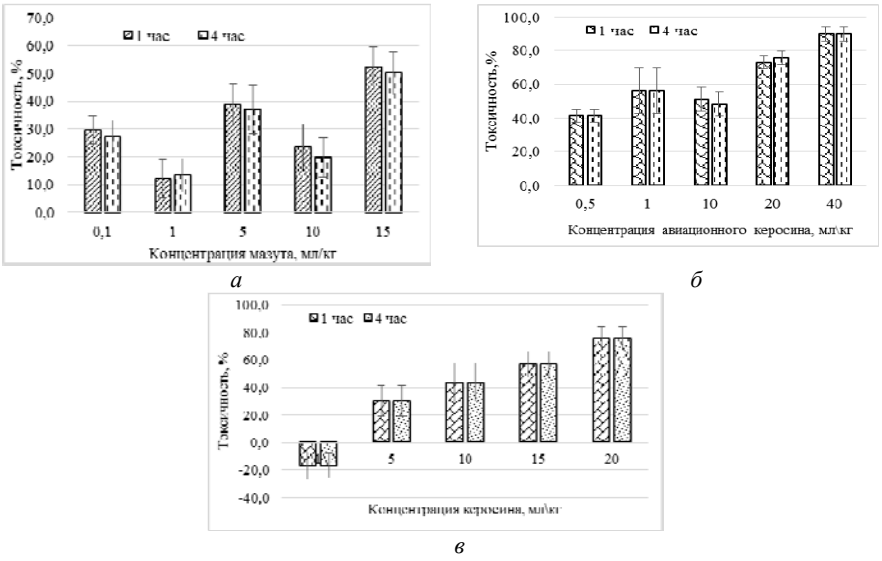


Рис. Влияние испытуемых нефтепродуктов на реакцию предпочтения-избегания субстрата дождевыми червями (*а* – мазут, *б* – авиационный керосин, *в* – керосин)

Таким образом, поведенческая реакция избегания-предпочтения субстрата дождевыми червями может быть использована как биотест для оценки токсичности нефтепродуктов в почвенной среде. Эксперименты показали, что мазут оказывал негативное действие на испытуемую поведенческую реакцию червей при концентрации от 0,1 мл/кг, авиационный керосин – от 0,5 мл/кг, а керосин лишь от 5 мл/кг.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-29-05213 мк «Механизмы комплексного взаимодействия почв с нефтью, нефтепродуктами и поверхностно-активными веществами в процессах нефтезагрязнения и биоремедиации».

Научный руководитель: сотрудник НИИ биологии ИГУ Жданова Г. О.

УДК 579.266.4

БЕСЦВЕТНЫЕ СЕРНЫЕ БАКТЕРИИ РОДА *THIOTHRIX*, ОБИТАЮЩИЕ В РАЙОНЕ ТЕРМАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ЗМЕИНЫЙ (СЕВЕРНЫЙ БАЙКАЛ)

И. С. Еловская[1,2], **С. М. Чёрницына**[2]

[1]*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*
[2]*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*
elovskaya.iren@yandex.ru

Colorless sulfur bacteria of the genus *Thiothrix* form massive fouling in the area of the thermal spring Zmeiny (Northern Baikal), participating in the oxidation of hydrogen sulfide and the accumulation of sulfur. The development of *Thiothrix* is observed in the zone of mixing thermal waters with lakes in the presence of hydrogen sulfide (2–0.7 mg/L) and oxygen (1.68–8.24 mg/L).

В сульфидных источниках отмечено развитие большого количества микроорганизмов, метаболизм которых основан на цикле серы. При температуре выше 75 °С развиваются нефотосинтезирующие виды микроорганизмов: аэробные бактерии родов *Thermothrix* и ацидофильные архебактерии *Sulfolobus*, а также автотрофные водородные бактерии *Hydrogenobacter thermophilus,* способные окислять сероводород и тиосульфат. При снижении температуры до 55°С преобладают серные бактерии родов *Thermothrix* и *Sulfobacillus,* а также сульфатвосстанавливающие анаэробы рода *Desulfovibrio* и *Thermodesulfobacterium commune* [2]. При температуре ниже 45°С развиваются фотосинтезирующие нитчатые цианобактерии, а также бесцветные серные бактерии родов *Thiothrix, Beggiatoa, Thiobacillus* и др., окисляющие сероводород до серы или сульфатов [1].

Изучение этой группы организмов представляет интерес в связи с уникальными свойствами её представителей – относительно большими размерами клеток, разнообразием морфологии и типов метаболизма. Представители рода *Thiothrix* имеют широкий ареал местообитания и развиваются при температуре ниже 40 °С. Они способны к аэробному и анаэробному росту. Могут быть органогетеротрофами и литоавтотрофами, а также миксотрофами в соответствующих условиях [4].

Бактерии рода *Thiothrix* были обнаружены в термальных источниках Байкальской рифтовой зоны: Змеиный, Умхэйский, Кучигерский, Аллинский, Горячинский, Давшенский, Котельниковский [3; 5].

Цель: исследовать морфологию и филогению бактерий, формирующих серные маты в районе термального источника Змеиный (Северный Байкал).

Обрастания *Thiothrix* отобраны в июне 2019 г. в районе горячего термального источника в бух. Змеиная [5]. Морфология бактерий исследована методом световой микроскопии с помощью эпифлюоресцентного микроскопа. Препараты окрашивали по Граму и красителем 4',6-диамидино-2-

фенилиндолом (DAPI) (рис.). Измерены диаметр и длина клеток, а также количество трихом из одной розетки. Получено 130 фотографий, проведено 1026 измерений (табл.).

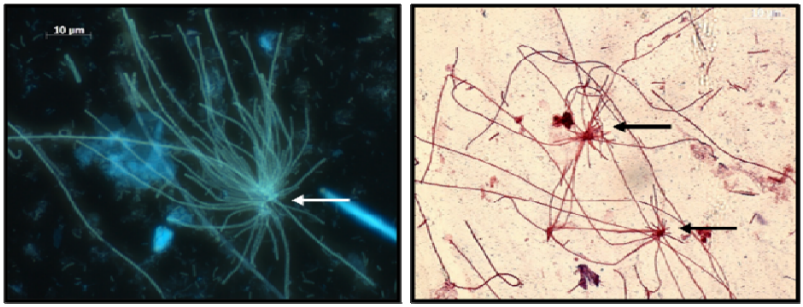


Рис. 1. Морфология бактерий рода *Thiothrix*
А – окрашивание DAPI; В – окрашивание по Граму. Стрелками указаны розетки

Таблица 1
Морфологические характеристики байкальских представителей рода *Thiothrix* (в мкм)

Проба	Диаметр	Длина	Диаметр/длина (средние)
3	от 0,9 до 1,4	от 1,8 до 7	1,116±0,06/3,58±0,554
4	от 0,4 до 1,6	от 1,4 до 9,4	0,975±0,4/4,65±0,52
6	от 0,5 до 1,6	от 1,5 до 9,6	1,055±0,05/4,69±0,42
8	от 0,4 до 1,3	от 1,5 до 7,2	0,82±0,06/4,341±0,498

Thiothrix образует обрастания, которые представлены многоклеточными неподвижными нитями, имеющими мощный полисахаридный слой. Толщина клеток варьирует по длине трихома от 0,4 до 1,6 мкм, длина клеток – от 1,4 до 9,6 мкм. Длина трихомов достигает от 5–500 мкм. Клетки грамотрицательные. Нити образуют пучки и розетки (см. рис. 1). В цитоплазме обнаружены включения (см. рис. 1). Наблюдаются ассоциации с другими бактериями: кокками и палочками разных размеров. Размеры клеток байкальского представителя *Thiothrix* варьируют в широком диапазоне и характерны сразу для нескольких видов. По морфологическим характеристикам байкальские представители *Thiothrix* близки видам *T. fructosivorans* (1,2–2,7×4,5 мкм), *T. subterranea* (1,19–1,8×4,0–6,3 мкм) и др. [4].

После последней таксономической ревизии род *Thiothrix* включает в себя 5 видов. Полные геномы зарегистрированы для трех видов и 2 кандидатных видов и включают в себя гены метаболизма серы [4]. При секвенировании гена 16S рРНК на платформе Illumina из проб б. Змеиной было выявлено большое количество последовательностей (350 пн), отличающихся между собой и отнесенных к роду *Thiothrix*, выделенному из различных биотопов. Для уточнения филогенетического положения бай-

кальского *Thiothrix* был проведен анализ гена *apr*A, отвечающего за синтез фермента – аденозин-5-фосфосульфатредуктазы (процесс сульфатредукции и окисления серы). Установлено, что процент сходства генов *apr*A *Thiothrix* sp. с аналогичными генами других бактерий составляет 97–98 %, что не позволило установить его видовой статус.

Работа выполнена в рамках Гос. задания 0279-2021-0006 и гранта РНФ 22-14-00084.

Список литературы

1. Геохимическая активность микробных сообществ термальных источников Монголии / Д. Д. Бархутова [и др.] // Науки о Земле. 2010. Т. 3, № 2. С. 19–29.

2. Кальдерные микроорганизмы / Г. А. Заварзин [и др.]. М. : Наука, 1989. 120 с.

3. Намсараев З. Б. Микробные сообщества щелочных гидротерм : дис. ... канд. биол. Наук : 03.00.07. М., 2003 – 151 с.

4. Comparative Genome Analysis of the Genus *Thiothrix* Involving Three Novel Species, *Thiothrix subterranea* sp. nov. Ku-5, *Thiothrix litoralis* sp. nov. AS and "*Candidatus Thiothrix anitrata*" sp. nov. A52, Revealed the Conservation of the Pathways of Dissimilatory Sulfur Metabolism and Variations in the Genetic Inventory for Nitrogen Metabolism and Autotrophic Carbon Fixation / N. V. Ravin [et al.] // Frontiers in Microbiology. 2021.[IF: 5.64]. https://doi.org/10.3389/FMICB .2021.760289

5. Distribution and morphology of colorless sulfur bacterium of the genus *Thiothrix* in water reservoirs of Baikal rift zone / S. M. Chernitsyna [et al.] // Limnology and Freshwater Biology. 2020. N 4. P. 976–978.

УДК 579.262

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДВУХ ШТАММОВ РОДА *FOMITOPSIS SPP.*

Д. В. Захарова, О. Б.Огарков, Е. А. Орлова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск, Россия
darya.zaxarova.98@inbox.ru

The data of molecular-genetic and phylogenetic identification of two basidiomycetes *Fomitopsis pinicola* strains in Irkutsk region are given. They have a high biotechnological potential as producers of various enzymes and biologically active substances.

Цель: определить таксономическую принадлежность биотехнологических штаммов лиственничной губки, выделенной в Восточной Сибири.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются два биотехнологических штамма (F1, F2) из коллекции образцов лаборатории экспериментальной биотехнологии при Иркутском государственном университете. Чистые вегетативные культуры выделены из плодовых тел базидиомицетов рода *Fomitopsis* поражённых лиственничных древостоев Иркутской области. Тотальную геномную ДНК экстрагировали из образцов

культивированного мицелия с использованием DNeasyBlood&TissueKit (Qiagen, Германия) согласно протоколу производителя. ITS1 регион рибосомального оперона амплифицировали с помощью праймеров ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') [1] и LR3 (5'-CCGTGTTTCAAGACGGG-3') [7] с последующим секвенированием ампликона по Сэнгеру в ЦКП «Центр разработки прогрессивных персонализированных технологий здоровья» ФГБНУ НЦ ПЗСРЧ. Нуклеотидные последовательности, полученные с прямого и обратного праймеров, выравнивали между собой для получения консенсусной последовательности в программе MEGA. Поиск гомологичных последовательностей проводили в NCBI GenBank с помощью программы BLASTN. Филогенетический анализ, проведённый методом MaximumLikelihood, выполнен пакетом программ MEGA на основе последовательностей генов ITS1 25 видов базидиомицетов, эволюционно наиболее близких к *Fomitopsis spp.* [2].

Результаты и обсуждение. При секвенировании вариабельных участков ITS1 рибосомального оперона двух биотехнологических штаммов *Fomitopsis spp*. были получены нуклеотидные последовательности, сходные между собой на 97 %. Скрининг по базе данных GenBank показал, что гомология исследуемых штаммов F1 (Strain1) и F2 (Strain2) с видом *F. pinicola* составляет соответственно 97,98 % и 99,21 %. Аналогичные результаты получены при построении филогенетического древа, на котором проанализированные нуклеотидные последовательности наиболее близко кластеризовались именно с видовым комплексом *F. pinicola* (рис.).

Изучаемые штаммы обозначены на рисунке соответственно Strain1 и Strain2.

Род *Fomitopsis* в настоящее время представлен 109 видами [3]. Вид *F. pinicola* (трутовик окаймленный), наряду с *F. nigra* и *F. officinalis*, является самым изученным. Binder M. с соавт. выполнили секвенирование всего генома и классифицировали *F. pinicola* в кладе Antrodia [4]. В 2016 году Haight E. и соавт. описал наличие целого видового комплекса *F. pinicola* [5]. На основе образцов, собранных в Северной Америке, Европе и Азии и фенотипически идентифицированных как *F. pinicola*, были идентифицированы четыре различных вида, при этом только *F. pinicola* обнаружены в Европе и Азии. Недавно были описаны ещё шесть видов *F. pinicola* на территории Китая [6].

Выводы. В настоящем исследовании на основе данных о нуклеотидной последовательности вариабельного участка ITS1 рибосомального оперона были идентифицированы до вида два биотехнологических штамма из коллекционных образцов трутовика окаймленного, которые принадлежат видовому комплексу *F. pinicola*. Этот распространённый вид ксилотрофных грибов имеет обширный биотехнологический потенциал, однако необходимы дальнейшие исследования для подробной характеристики его биологически активных компонентов.

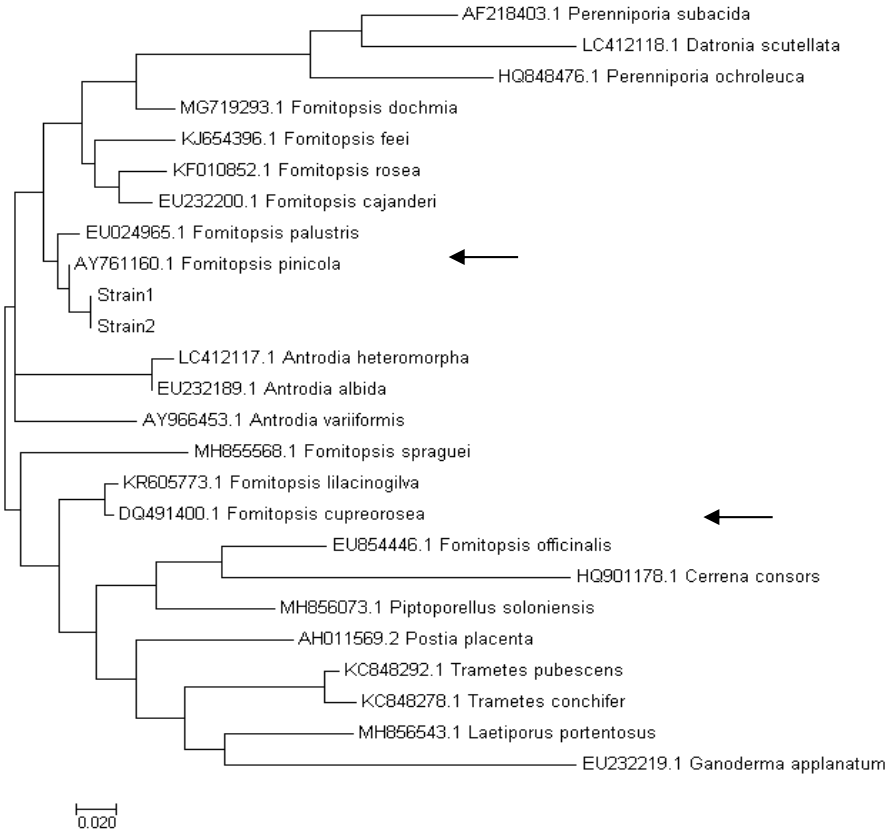


Рис. Филогенетическое древо, построенное на основе ITS последовательностей с использованием алгоритма максимального правдоподобия (Maximum Likelihood), по модели GeneralTimeReversible

Список литературы

1. White T. J., Bruns T. D., Lee S., Taylor J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics in PCR. PCR protocols, a guide to methods and applications. Cambridge, MA: Academic Press, 1990. P. 315–322. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1

2. Kim K. M., Yoon Y. G., Jung H. S. Evaluation of the monophyly of *Fomitopsis* using parsimony and MCMC methods // Mycologia. 2005. Vol. 97. P. 812–822. https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832773

3. MYCOBANK Database. Fungal Databases, Nomenclature & Species Banks. https://www.mycobank.org/ (Доступ 07.03.2022).

4. Phylogenetic and phylogenomic overview of the Polyporales / M. Binder, A. Justo, R. Riley, A. Salamov, F. Lopez-Giraldez, E. Sjökvist, K. H. Larsson // Mycologia. 2013. Vol. 105. P. 1350–1373. https://doi.org/10.3852/13-003

5. Phylogeny of *Fomitopsis pinicola*: a species complex / J. E. Haight, G. A. Laursen, J. A. Glaeser, D. L. Taylor // Mycologia. 2016. Vol. 108. P. 925–938. https://doi.org/10.3852/14–225R1
6. Taxonomy and phylogeny of the *Fomitopsis pinicola* complex with descriptions of six new species from East Asia / S. Liu, M. L. Han, T. M. Xu, Y. Wang, D. M. Wu, B. K. Cui // Front. Microbiol. 2021. Vol. 12. 644979. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.644979
7. Vilgalys R., Hester M. Rapid genetic identification and mapping of enzymatically amplified ribosomal DNA from several Cryptococcus species // J. Bacteriol. 1990. Vol. 172. P. 4238–4246. https://doi.org/10.1128/jb.172.8.4238-4246.1990

УДК 579.6

ПЕРВИЧНАЯ ОЦЕНКА БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПСИХРОФИЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ В ЭКОСИСТЕМЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Н. А. Имидоева, М. Е. Дмитриева, В. Н. Шелковникова, Е. В. Переляева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
natasha-imideva@rambler.ru

Currently, studies of the ability of microorganisms to carry out the processes of biological destruction of substances of various origins are of particular importance. Psychrophilic microorganisms are a source of unique biological molecules due to various mechanisms of adaptation to low temperatures. Therefore, the main purpose of research aimed to study the metabolites of psychrophilic microorganisms.

Исследования возможности микроорганизмов осуществлять процессы биологической деструкции веществ различного происхождения имеют особую актуальность и прикладную значимость. Особое значение для таких исследований представляют бактерии – обитатели древних экосистем, таких как оз. Байкал. Поскольку экосистема озера характеризуется прежде всего низкой температурой воды, микроорганизмы, адаптировавшиеся к таким условиям, являются психрофильными и могут выступать в качестве возможного источника уникальных ферментов биологической деструкции с высокой стабильностью и низким температурным оптимумом [2].

Целью данного исследования являлась первичная оценка биоразнообразия культивируемых психрофильных бактерий оз. Байкал, участвующих в процессах деструкции материалов, содержащих лигноцеллюлозу [1].

В ходе работ проведено выделение психрофильных бактерий-деструкторов с поверхности отходов лесопиления, погруженных в озеро Байкал. Полученные пробы были посеяны газоном на 4 различных по составу питательные среды, в том числе на среду Гетчинсона – специфическую питательную среду для целлюлозоразрушающих бактерий. Выделение чистых культур бактерий происходило в условиях холодильной камеры при температуре +5 °С. Так, было выделено 338 бактериальных куль-

тур, 128 из которых выделены с питательной среды Гетчинсона, что говорит о том, что данные бактерии, по-видимому, являются психрофильными бактериями-деструкторами. Идентификацию штаммов проводили посредством амплификации гена 16S рРНК. Обнаружены представители как широко распространенных родов, *Pseudomonas* sp. и *Arthrobacter* sp., так и представители редких родов *Janthinobacterium* sp., *Cryobacterium* sp., *Pseudarthrobacter* sp., *Pseudoclavibacter* sp. Проанализировав литературные данные, установлено, что представители родов *Janthinobacterium, Cryobacterium, Pseudarthrobacter, Arthrobacter, Pseudoclavibacter* упоминаются в единичных исследованиях, проводимых в экосистеме оз. Байкал. Половина идентифицированных штаммов не являются распространенными для оз. Байкал. Показано, что данные микроорганизмы представляют большую ценность для биотехнологических разработок и открытия новых ферментов и природных соединений с биологической активностью.

Исследование проведено при финансовой поддержке проекта Минобрнауки РФ в рамках создания лабораторий под руководством молодых ученых при научно-образовательных центрах (проект 075-03-2021-141/4, НОЦ Байкал) и Гранта Президента РФ (МК-1245.2021.1.4).

Список литературы

1. Илюшкина Е. С. Проблема утилизации лигнина в Иркутской области // Актуальные вопросы экономических наук. 2011. С. 241–247.
2. Collins T., Margesin R. Psychrophilic lifestyles: mechanisms of adaptation and biotechnological tools // Applied Microbiology and Biotechnology. 2019. Vol. 28. P. 2858–2867.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Аксёнов-Грибанов Д. В.

УДК 57.033+57.047+57.014

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД *EULIMNOGAMMARUS VERRUCOSUS* В КАМЕРЕ ПАРНОГО ВЫБОРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Н. Д. Кащук, Ю. А. Широкова

НИИ биологии ИГУ, г. Иркутск, Россия
natalyakkaschuk@gmail.com

We evaluated the distribution of Baikal endemic amphipods Eulimnogammarus verrucosus in a paired selection chamber using various behavioral experiment schemes. We found that the distribution of the amphipods was slightly more biased towards one side of the chamber when used high number of individuals.

В оз. Байкал одной из ведущих групп животных по уровню видового разнообразия и эндемизма являются амфиподы. Амфипод часто используют в экспериментальных работах в качестве объектов исследования. В то же время поведенческие реакции байкальских амфипод к различным потенциальным пищевым аттрактантам ранее не исследовали. При проведении поведенческих экспериментов в установке парного выбора важно, чтобы на распределение объектов исследования не оказывали влияние никакие факторы кроме исследуемого. То есть при отсутствии влияния каких-либо привлекающих или раздражающих факторов распределение в камере парного выбора в левом и правом отсеках (контрольный эксперимент) должно быть равномерным. Целью данного исследования было оценить распределение байкальских эндемичных амфипод *Eulimnogammarus verrucosus* в камере парного выбора при различных схемах проведения поведенческих экспериментов.

Амфипод отлавливали в п. Листвянка. После отлова амфипод подвергали лабораторной акклимации в течение недели. Во время акклимации животных не кормили. Эксперименты проводили в стеклянной камере парного выбора, включающей зону смешивания и два отсека, ограниченные друг от друга перегородкой. Размер камеры был равен 600×200×100 мм [1]. Перед началом каждого эксперимента, камеру обрабатывали мыльным раствором и 4%-ной перекисью водорода. В камере поддерживали проточную систему, воду подавали симметрично в левый и правый разделенные отсеки со скоростью 260 мл/мин. Вода из камеры свободно стекала через выемку на противоположном конце. В каждый отсек помещали одинаковое количество камней. Температура воды в камере в разных экспериментах варьировала от 5,2 до 10,2°С.

Поведенческие эксперименты проводили по четырем схемам. В первом случае в зону смешивания помещали 30 особей *E. verrucosus* на шесть часов. Каждый час считали распределение животных в камере. Проведено 2 повтора по данной схеме. Согласно второй схеме эксперимента помещали по 10 амфипод на один час, затем подсчитывали распределение и заменяли животных на следующие 10. Всего во втором типе экспериментов проведено 6 повторов. В третьей схеме экспериментов рассаживали по 5 животных на час, после чего отмечали их распределение по камере и, как в предыдущей схеме экспериментов, заменяли животных на следующую группу. По указанной схеме проведено 6 повторов эксперимента. В четвертом типе экспериментов в камеру садили по одной особи. Каждую особь в течение трех минут акклимировали в камере, при этом разделенные ячейки закрывали. Затем перегородку убирали и в течение следующих трех минут фиксировали, в какую из сторон заплывает животное. Всего в четвертой схеме экспериментов проведено 66 повторов.

При рассадке по первой схеме (30 особей на 6 часов) в первом повторе эксперимента их распределение в правой стороне камеры составило 53,4 %, в левой – 46,6 %. При втором повторе данного эксперимента 65 % особей выбрал правую сторону, 26,7 % – левую, 8,3 % животных остались в зоне смешивания.

При рассадке по второй схеме (10 особей на час в течение 6 часов) распределение амфипод составило 35 % особей в правой стороне, 63,3 % в левом отсеке камеры, 1,7 % в зоне смешивания.

В третьей схеме эксперимента, с рассадкой по 5 особей на час в течение 6 ч распределение было примерно равномерным и составило 46,7 % амфипод в правой стороне камеры и 53,3 % – в левой. При повторе третьего типа эксперимента 40 % особей были справа, 56,7 % слева и 3,3 % в зоне смешивания соответственно.

В экспериментах по четвертой схеме с единичными особями 59 % животных выбрали правую сторону, 41 % – левый отсек камеры (рис.).

Таким образом, в экспериментах с большим количеством особей (30 и 10 экз. на повтор) отмечали не равномерное их распределение по частям камеры. Эксперименты с единичными особями позволяют провести большее количество повторов, при этом выбор амфиподами частей камеры более равномерный. В связи с этим для получения наиболее релевантных результатов в дальнейшем планируется использование четвертой схемы эксперимента.

Работа проведена при частичной финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (грант Госзадание FZZE-2020-0026).

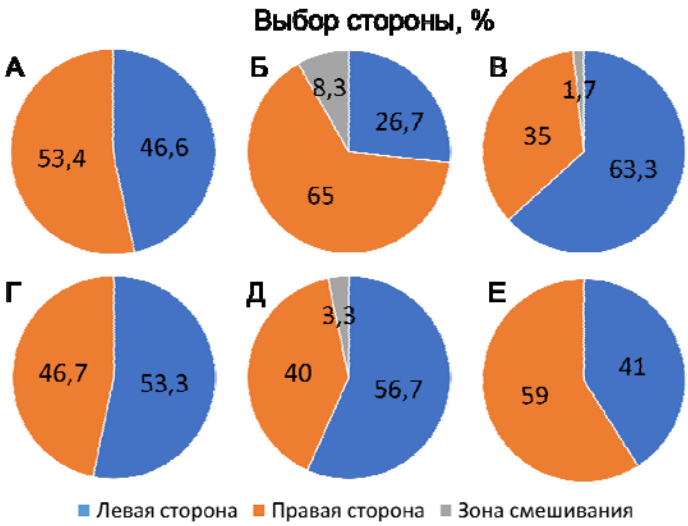


Рис. Распределение *E. verrucosus* в камере парного выбора при различных схемах проведения поведенческих экспериментов. А–Б – выбор стороны при рассадке 30 особей на 6 ч (n = 30). В – выбор стороны при рассадке по 10 особей на час в течение 6 ч (n = 60). Г–Д – выбор стороны при рассадке по 5 особей на час в течение 6 ч (n = 30). Е – выбор стороны при рассадке по одной особи на короткое время (n = 66)

Список литературы

1. Heading which way? Y-maze chemical assays: not all crustaceans are alike / M. Kenning [et al.] // Helgoland Marine Research. 2015. Vol. 69, N 3. P. 305–311.

Научный руководитель: директор НИИ биологии ФГБОУ ВО «ИГУ», заведующий лабораторией «Стресс-физиологии и перспективных биотехнологий», д-р биол. наук, профессор Тимофеев М. А.

УДК 579.245

ФИЛЬТРУЮЩИЕСЯ БАКТЕРИИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Е. Е. Ласточкина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
liza.lastochkina.00@mail.ru

Cultivation of ultramicrobacteria currently remains difficult, but filterable forms are cultivated more easily. In our study, the taxonomic structure of the microbial community of Lake Baikal was determined, as a result of which it can be seen that the genus *Pseudomonas* is dominant, and the form of bacteria was also visually demonstrated.

Фильтрующиеся формы – это спящие и устойчивые к стрессу формы крупных клеток, которые образуются в условиях голодания. Таким образом крупные клетки подавляют свой метаболизм, прекращают рост и стабилизируют свою ДНК, при этом остаются жизнеспособными в течение долгих лет [4].

В России с 2000-х гг. ведутся исследования ультрамикробактерий и фильтрующихся форм клеток, они обнаружены в различных местах: вечной мерзлоте, почвах, нефтешламе и илах, планктоне водохранилищ и ацидных озёр [1; 2; 5–7]. Впервые метагеномный анализ для исследования ультрамикробактерий и фильтрующихся форм был проведен для почв Антарктиды [3].

Цель нашей работы – выделить чистые культуры и идентифицировать фильтрующиеся бактерии из оз. Байкал, способные проходить через фильтры с диаметром пор 0,2 мкм с помощью секвенирования фрагмента 16S рРНК гена, а также визуализировать данные бактерии с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ).

Пробы воды были отобраны с разных станций оз. Байкал, в разные временные промежутки (2020–2021 гг.), а также профильтрованы через бактериальные фильтры с диаметром пор 0,2 мкм. Фильтрат, считающийся стерильным, был использован для выделения культур. Культуры 1LiU-21, 11LiU-21, 16LiU-21, 18LiU-21, 22LiU-21, 30LiU-21, 35LiU-21, 47LiU-21, 50LiU-21, 62LiU-21, 3LaU-21 получены при культивировании на средах с низким содержанием органики: $ПДМ_{/100}$, $РПА_{/100}$.

Далее выделяли ДНК выше указанных 11 культур с помощью комплекта реагентов для выделения ДНК из клинического материала «ДНК-сорб-В» по ТУ 9398-003-01897593-2009. Полученные ДНК были отправлены в компанию Евроген (г. Москва). Полученные последовательности использовали для установления филогенетического положения с помощью BLAST-анализа (http://blast.ncbi.nlm.nih.gov).

Результат BLAST-анализа показал, что культура 1LiU-21 с гомологией в 83,02 % относится к *Williamsia sp.* (1LiU-21 – *Williamsia sp.* (83,02 %)),

11LiU-21 – *Pseudomonas brenneri* (90,41 %), 16LiU-21 – *Pseudomonas brenneri* (90,98 %), 18LiU-21 – *Acinetobacter johnsonii* (98,65 %), 22LiU-21 – *Rhizobium rosettiformans* (86,63 %), 30LiU-21 – *Pseudomonas brenneri* (86,73 %), 35LiU-21 – *Deinococcus sp.* (95,71 %), 47LiU-21 – *Bacterium-Pseudomonas sp.* (75,25–80,74 %) гомология низкая нужно выравнивать, 50LiU-21 – *Pseudomonas brenneri* (98,76 %), 62LiU-21 – *Pseudomonas brenneri* (93,36 %), 3LaU-21 – *Pseudomonas brenneri* (92,22 %).

Визуализация проводилась с помощью сканирующей электронной микроскопии FEI Company Quanta 200 («FEI Company», США) (рис.).

Нами выявлено, что бактерии, культивируемые на питательных из фракции менее 0,2 мкм, увеличивали свои размеры. Мы исключаем возможность контаминации, поскольку согласно молекулярно-биологическому анализу все полученные штаммы гомологичны водным обитателям. Нужны дальнейшие исследования их ультраструктуры и геномов для понимания приспособительных стратегий этих микроорганизмов.

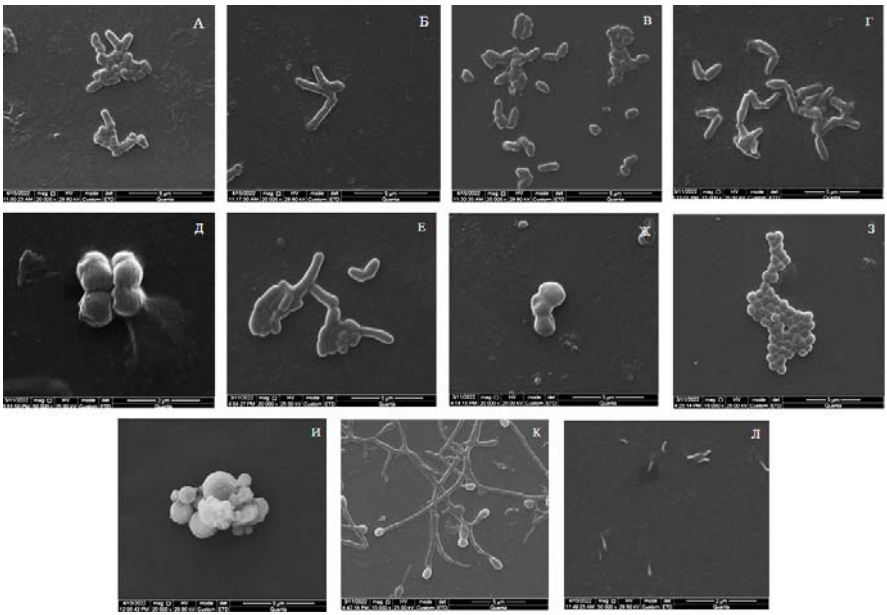


Рис. СЭМ фильтрующихся бактерий:
А – 1LiU-21, Б – 11LiU-21, В – 16LiU-21, Г – 18LiU-21, Д – 22LiU-21, Е – 30LiU-21, Ж – 35LiU-21, З – 47LiU-21, И – 50LiU-21, К – 62LiU-21, Л – 3LaU-21

Работа проведена с помощью государственного финансирования (№ 0279-2021-0015, руководитель Белых О. И.).

Список литературы

1. Молекулярная идентификация фильтрующихся форм бактерий и архей в воде ацидных озёр Севера России / А. В. Федотова [и др.] // Микробиология. 2012. Т. 81, № 3. С. 306.

2. Новые ультрамикробактерии из рода *Chryseobacterium*, штаммы NF4 и NF5 – факультативные эпибионты *Bacillus subtilis* / Н. Е. Сузина [и др.] // Микробиология. 2011. Т. 80, № 4. С. 529–542.

3. Таксономическое разнообразие бактерий и их фильтрующихся форм в почвах Восточной Антарктиды (оазисы Холмы Ларсеманн и Холмы Бангера) // А. Г. Кудинова [и др.] / Микробиология. 2020. Т. 89, № 5. С. 581–592.

4. Ультрамикробактерии – Ultramicrobacteria. URL: https://ru.other.wiki/wiki/Ultramicrobacteria (дата обращения: 14.04.2022)

5. Ультраструктурные особенности природных форм микроорганизмов, изолированных из грунтов вечной мерзлоты Восточной Сибири методом низкотемпературного фракционирования / В. В. Дмитриев [и др.] // Доклады РАН. 2001. Т. 378.

6. Численность и таксономический состав ультрамикробактерий в почвах / Л. В. Лысак [и др.] // Микробиология. 2010. Т. 79. № 3.

7. Filterable microbial forms in the Rybinsk water reservoir / A. V. Fedotova [et al.] // Microbiology (Mikrobiologiya). 2013. Vol. 82, N 6. P. 728–734.

Научный руководитель: канд. биол. наук, с.н.с. ЛИН СО РАН Тихонова И. В.

УДК 631.4

КУЛЬТИВИРУЕМЫЕ ПСИХРОФИЛЬНЫЕ И ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ИЗ ОЗЁР ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

А. С. Марцинечко

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
martsi_nya@mail.ru

Psychrophiles are a widespread group of bacteria that can exist and multiply at relatively low temperatures. With the help of temperature screening, a psychorotolerant strain isolated from Lake Krasnoe (Oymyakonsky district, Yakutia) was identified.

Психрофилы представляют широко распространенную группу бактерий, способных нормально существовать и размножаться при относительно низких температурах. Особый интерес для поисковых исследований представляют микроорганизмы олиготрофных озёр Восточной Сибири. Экосистемы озёр характеризуются специфичными условиями среды, в частности – высокой насыщенностью кислородом и низкой температурой воды, длительным периодом ледостава. Предполагается, что такие условия позволили микроорганизмам сформировать биохимические и клеточные механизмы, дающие им возможность функционировать в условиях низкого температурного режима в среде обитания. Для истинных психрофилов температурный диапазон колеблется от –10 до +20 °С, а оптимальная тем-

пература роста +15 °С; для психротолерантных температурный диапазон колеблется от –10 до +35 °С, а температурный оптимум составляет от +20 до +30 °С [1; 2; 6]. Психрофильные микроорганизмы обладают значительным биологическим потенциалом и могут представлять интерес для создания технологий криоконсервации клеток, а также для разработки на их основе биотехнологических препаратов для растениеводства и медицинского применения [3; 5].

Объектами исследования являлись культивируемые микроорганизмы, полученные из проб воды в период ледостава. Пробы были отобраны при помощи батометров из поверхностного слоя воды в апреле – мае 2021 г. из озёр Лабынкыр, Красное (Улу), Мертвое, Малых Лабынкырских озёр, из истока р. Лабынкыр в районе Полюса холода Северного полушария (Оймяконский район, Якутия), и в июле с глубоководной ст. Варначка–Танхой (51°53'25" с. ш. 105°05'55"в. д.) из оз. Байкал. Посевы проводили методом глубинного посева, культивировали при температурах +10 ºС, +24 ºС, +37 °С, чистые культуры получали методом истощающего штриха. Методом световой микроскопии провели контроль чистоты и определили морфологию штаммов [4]. Температурный скрининг проводили на среде РПА:10 и инкубировали в течение 14 сут. 10 штаммов при температурах +10 ºС, +24 ºС, +37 ºС [4].

В результате было выделено 550 чистых культур микроорганизмов, описаны их культуральные и морфологические свойства. Колонии были разнообразны по форме: круглые, круглые с фестончатым краем, ризоидные, амёбовидные; по консистенции: слизистые, вязкие, маслянистые, сухие, мучнистые; по цвету: белые, (бледно-/ярко-) желтые, (бледно-/ярко-) оранжевые, красные, коралловые, розовые, чёрные, зелёные или не имели никакого пигмента. Микроорганизмы, изолированные из озёр Якутии, характеризовались ростом колоний с насыщенным оранжевым, красным и желтым пигментом. В оз. Байкал преобладали белые бесцветные и желтые колонии. В коллекции изолированных штаммов представлены различные морфологические формы: палочки (55 %) из них 6 % спорообразующие, кокки (35 %), овоидные формы (6 %), дрожжеподобные клетки (3,3 %), другие формы (0,7 %).

Проведен эксперимент по выявлению температурного оптимума роста штамма RW577 изолированного из оз. Красное (Улу). Выбор штамма RW577 определили после температурного скрининга (+10 ºС, +24 ºС, +37 ºС) роста 10 штаммов. В результате теста рост всех штаммов был зафиксирован при температурах +10 и +24 ºС. При температуре +37 ºС BW718, BW923, BW937, LW357, RS798, BW974 выросли; у штаммов RW577, SW298, RW454, RLW246 роста не выявлено. Для эксперимента на температурные диапазоны роста выбрали штамм, не способный расти при +37 ºС. Далее выбранный штамм инкубировали на среде ПДБ (пептонно-дрожжевой бульон) в течение 24 часов для наращивания биомассы. Произ-

вели высев 24-часовой суспензии в 5 колб и инкубировали при температурах +4 °С, +8 °С, +18 °С, +24 °С, +32 °С в двух повторностях. Динамику роста определяли при помощи определения оптической плотности при длине волны $\lambda = 600$ нм ($ОП_{600}$) с использованием биологического спектрофотометра Bio Spectrometr Basic, Eppendorf. За положительный рост принимали значения оптической плотности ОП600 ≥ 0,2. Оптическую плотность измеряли с интервалом: 3 ч, 6 ч, 18 ч, 24 ч и далее каждые сутки в течение четырех недель. В результате эксперимента построили график зависимости роста исследуемого штамма от температуры культивирования и выявили его температурный оптимум (рис.). Выявлено, что штамм RW577, изолированный из оз. Красное (Якутия), характеризуется как психротолерантная форма с диапазоном роста от +10 до +24 ºС и имеет оптимальную температуру роста +24 ºС.

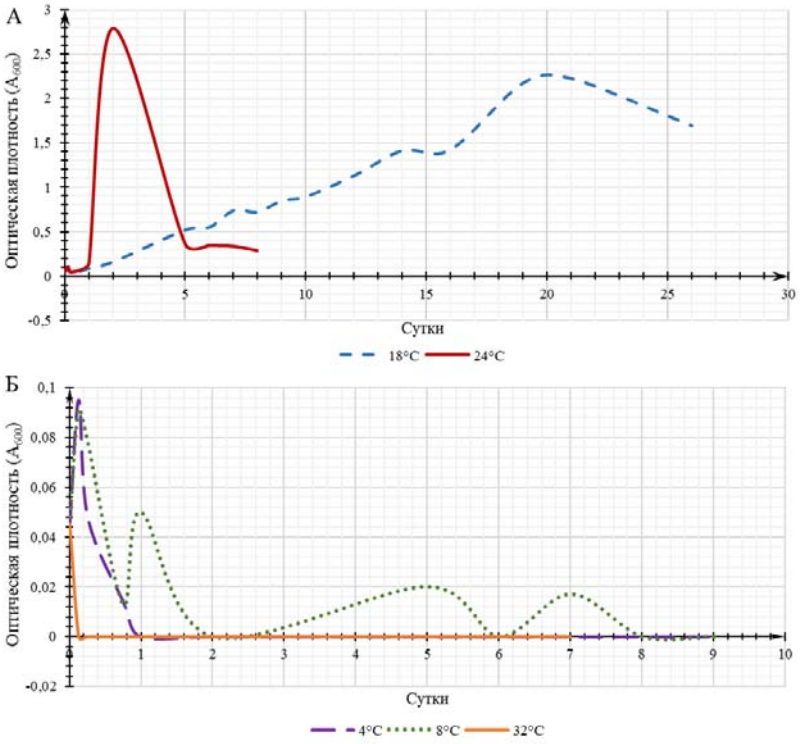


Рис. Динамика роста штамма RW 577 при температуре +18 °С и +24 °С (А); +4 °С, +8 °С, +32 °С (Б)

Таким образом, сформирована коллекция чистых культур микроорганизмов из холодных пресноводных водоёмов Восточной Сибири. Показано высокое разнообразие культуральных и морфологических форм изолированных штаммов, в том числе наличие в большинстве из них пигмента. В результате экспериментального культивирования выявлены психротолерантные штаммы, для RW577 определен оптимум роста +24 ºС.

Список литературы

1. Гидрохимия // Проблемы Байкала / отв. ред.: Г. И. Галазий, К. К. Вотинцев. Новосибирск, 1978. С. 124–144.

2. Громов Б. В. Экология бактерий : учеб. пособие для студентов вузов / Б. В. Громов, Г. В. Павленко. Л. : Изд-во ЛГУ, 1989. 246 с.

3. Ланкина Е. П., Хижняк С. В. Бактериальные сообщества пещер как источник штаммов для биологической защиты растений от болезней / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2012. 126 с.

4. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов [и др.] ; под ред. А. И. Нетрусова. М. : Академия, 2005. 608 с.

5. Banerjee R., Halder A., Natta A. Psychrophilic microorganisms: Habitats and exploitation potentials // Eur. J. Biotechnol Biosci. 2016. Vol. 4, N 3. P. 16–24.

6. Variability of Microbial Communities in Two Long-term Ice-covered Freshwater Lakes in the Subarctic Region of Yakutia, Russia / Y. R. Zakharova [et al.] // Microbial ecology. 2021. P. 1–16.

Научный руководитель: с.н.с. отдела ультраструктуры клетки ЛИН СО РАН., канд. биол. наук Захарова Ю. Р.

УДК 579.67

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ТРАДИЦИОННЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ МОНГОЛИИ

А. Оюун-Эрдэнэ, С. Дэлгэрмаа

Институт промышленных технологий при МГУНТ, г. Улан-Батор
delgermaa_s@must.edu.mn

In the course of research conducted in the microbiological laboratory of this institute, we isolated strains of lactic acid bacteria from fermented milk products. Based on morphological, physiological and biochemical properties, isolated lactic acid bacteria belong to the *Lactobacillus* and *Streptococcus*.

В последние годы в нашей стране большинство малых предприятий по производству молочных продуктов используют закваски, которые закупаются из заграницы. Эти закваски состоят из штаммов молочнокислых бактерий, которые в основном содержат фаг. Поэтому после двух пересевов эти бактерии перестают сквашивать молоко. Всё это сказывается на качестве и себестоимости выпускаемой продукции. Поэтому необходимо обеспечить отечественных производителей закваскаами на основе местных штаммов.

Цель работы – выделение и изучение морфологических и некторых физиолого-биохимических свойств термофильных штаммов из традиционных кисломолочных продуктов Монголии.

Объектом исследования служили штаммы, выделенные из традиционных монгольских молочнокислых продуктов. Это штаммы молочнокислых палочек и кокков.

Морфологические и физиолого-биохимические свойства исследованы по традиционным микробиологическим методам.

1. Результаты морфологических исследований

В результате проведенных по методике исследований выделенные нами штаммы молочнокислых бактерий имеют форму клеток, характерную для родов *Lactobacillus* и *Streptococcus*. Бактерии рода *Lactobacillus* имеют форму палочки, одиночные, иногда соединены парами. Бактерии рода *Streptococcus* имеют клетки кокковидной формы, соединенные в длинные цепочки (рис. 1).

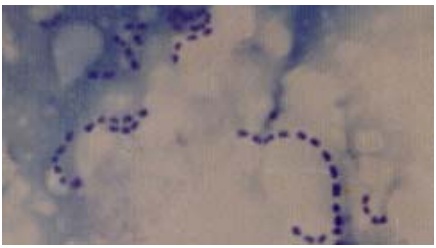


Рис. 1. Клетки выделенных *Streptococcus*

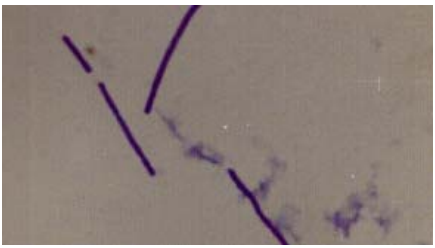


Рис. 2. Клетки выделенных *Lactobacillus*

2. Результаты исследования некоторых признаков выделенных культур

Способность сбраживать различные сахара мы проводили по методике. Результаты исследований показаны в табл. 1.

Таблица 1

Способность сбраживать углеводы

	Название углеводов									
Штамм	глюкоза	мальтоза	лактоза	дульцит	глицерин	крахмал	сахароза	фруктоза	раффиноза	галактоза
L. bulgaricus	+	+	++	–	–	–	–	++	–	–
Str.thermophilus	++	+	++	–	–	–	+	+	-	-

Примечание: «+» – положительный результат, «–» – отрицательный результат, «±» – признак вариабельный.

Как видно из табл. 1, палочковидные бактерии сбраживают глюкозу, мальтозу, фруктозу, лактозу, тогда как кокковидные бактерии кроме этих углеводов сбраживают сахарозу. Оба штамма не сбраживают спирты и полисахарид крахмал.

При исследовании данного признака стерильное молоко с бактериями прогревали в течение 30 мин при температуре 55 и 63 ºС, затем помещали в термостат при соответствующей температуре. Контроль термостатировали без прогревания. Эти штаммы хорошо переносят высокую температуру. Штамм вида *L. bulgaricus* хорошо заквашивает молоко после прогревания при 63 °С. Это соответсвует признаку термофильных молочнокислых бактерий.

Выделенные культуры пересевали в молоко с метиловой синью в концентрации 0,001; 0,01 и 0,1 %. Результаты исследования показаны в табл. 2.

Таблица 2

Рост в молоке с метиловой синью

	Концентрация метиловой сини, %		
	0,001	0,01	0,1
L. bulgaricus	++	+	–
Str. thermophilus	++	+	–

Как видно из табл. 2, выделенные штаммы дают рост в молоке с метиловой синью до 0,01 %, что указывает на их устойчивость к бактериофагу.

При изучении способности этих штаммов к образованию слизи и разложению аргинина данные культуры не обладали способностью образовывать слизь и разлагать аргинин, что соответствует признаку гомоферментативных молочнокислых бактерий.

Для определения кислотности выделенные штаммы пересевали в стерильное молоко и термостатировали в течение 5 ч, измеряя каждый час кислотность молока. Результаты показаны в табл. 3.

Таблица 3

Кислотность молока

	Нарастание кислотности от времени, ºТ				
	1	2 ч	3 ч	4 ч	5 ч
L. bulgaricus	18	22	32	46	60
Str. thermophilus	18	22	35	80	90

Как видно из табл. 3, штамм вида *L. bulgaricus* доводит кислотность молока через 5 ч до 60 °Т, а штамм *Str. thermophilus* – до 90 °Т. Так как кислотность по сравнению с данными других учёных низкая, то мы считаем необходимым повысить способность образовывать кислоту с помощью различных мутагенных факторов.

Выделенные штаммы переносят концентрацию соли в 2 %. При увеличении концентрации их способность падает. Поэтому мы считаем нецелесообразным использовать их в сыроделии.

Выводы

1. На основе сравнительного анализа мы определили, что клетки молочнокислых палочек имеют длину 1,6 мкм, ширину – 0,17 мкм, а кокковидные бактерии имеют диаметр 0,32 мкм.

2. Палочковидные бактерии сбраживают глюкозу, мальтозу, фруктозу, лактозу, тогда как кокковидные бактерии кроме этих углеводов сбраживают сахарозу. Оба штамма не сбраживают спирты и полисахарид крахмал.

3. Выделенные штаммы хорошо переносят высокую температуру. Они не способны образовывать слизь и разлагать аргинин, переносят 0,1 % метиловой сини, что указывает на устойчивость к бактериофагу.

4. Штамм вида *L. bulgaricus* доводит кислотность молока через 5 ч до 60 °С, а штамм *Str. thermophilus* – до 90 °Т. Штамм вида *L. bulgaricus* относится к гомоферментативным, а штамм вида *Str. thermophilus* – к гетероферментативным бактериям. Данные культуры переносят 2%-ную концентрацию поваренной соли.

5. Считаем в дальнейшем продолжить исследование в направлении повышения активности выделенных местных штаммов молочнокислых бактерий.

УДК 577.2

ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ МЕДИ В ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТРИЦАХ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ БАКТЕРИЙ И КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

А. И. Перфильева[1], А. Р. Харасова[2], Т. В. Липчанская[2], Н. И. Нечаев[2]

[1]*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия*
[2]*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*
alla.light@mail.ru

The biological activity of two chemically synthesized copper nanocomposites based on natural polymer matrices, a nanocomposite of copper and sulfated arabinogalactan and (NC Cu/AGs), as well as a nanocomposite of copper and starch (NC Cu/St), was studied in order to develop a new pesticide and growth stimulant. It has been shown that NC Cu/AGs contains 0.00625 % copper nanoparticles in the leader solution to kill the phytopathogenic bacterium *Clavibacter sepedonicus*. When the growth-stimulating activity of seed copper NC treatment was detected, no results were found on biometric indicators (length and weight of seedlings). The study of the content of diene conjugates in the tissues of the root and stem measures their increase in comparison with the control. Both studied NCs do not adversely affect the growth and development of healthy potatoes *in vitro* and reduce the stress load on plants when infected with *Clavibacter sepedonicus*.

Нанотехнологии активно используются в современном сельском хозяйстве [1]. Медь (Cu) относится к тяжелым металлам. При этом она необходима для функционирования растительного организма. Cu является составной частью ферментов, участвующих в углеводном и белковом об-

мене, в фотосинтезе и дыхании [2]. Эффективность усвоения меди из почвы не всегда высокая. Поэтому существует необходимость внесения минеральных удобрений, обогащающих питание растений. При этом желательно, чтобы используемые химические вещества не оказывали токсического влияния на обитателей окружающей среды. В связи с обозначенной проблемой в качестве потенциальных агентов для оздоровления картофеля исследовали химически синтезированные нанокомпозиты меди в природных полимерных матрицах.

На первом этапе исследований мы изучили как влияет различное содержание сульфата меди – медьсодержащего компонента среды Мурасиге-Скуга для культивирования растений на вегетацию картофеля. В эксперименте с инкубацией растений, выращенных при различных концентрациях сульфата меди, на 14-е сут. в контроле картофель имел развитую корневую систему, ярко-зелёную окраску листьев и лишь единично встречались желтые листья. Растения, выросшие без соли меди или на среде с её удвоенным содержанием (0,2 ммоль/л), практически не отличались от контроля. У картофеля, инкубируемого на среде с более высокой кратностью 5–100 раз (0,5–10.0 ммоль/л) содержания соли меди в среде, все ещёнаблюдалась развитая корневая система и листья были ярко-зелёного цвета, внешне выглядели вполне жизнеспособным, однако на стеблях и листьях имелись некротические пятна, особенно в случае 100-кратного увеличения Cu в среде. По визуальным наблюдениям в конце эксперимента (28-е сут.), если у контрольных растений и растений, выросших на среде без меди или с её удвоенным содержанием в среде, корневая система была развита хорошо, а листья крупные ярко-зелёного цвета и только 2–3 листа на нижнем ярусе были пожелтевшими, то картофель, инкубируемый на среде с 5- и 10-кратным превышением содержания Cu (0,5 и 1,0 ммоль/л), уже имел слабо развитую корневую систему, а половина растений имела желтые листья на нижнем ярусе. У картофеля в варианте с 20- и 100-кратным превышением содержания Cu (2,0 и 10,0 ммоль/л) корневая система развита слабо, на стеблях отмечаются некротические пятна, а листья на нижнем ярусе желтого цвета с некрозами. У картофеля, растущего на среде с содержанием соли меди 10,0 ммоль/л, также отмечались более длинные междоузлия и концы листовых пластинок были пожелтевшими. Таким образом, с ростом содержания Cu в среде до 10 ммоль/л наблюдается медленный рост растений, некроз стеблей, пожелтение и высыхание листьев картофеля.

В работе с нанокомпозитами мы использовали 2 нанокомпозита: нанокомпозит меди и сульфатированного арабиногалактана (НК Cu/АГс), а также нанокомпозит меди и крахмала (НК Cu/Кр). Для синтеза медьсодержащих наночастиц использовался метод химического восстановления хлорида меди (II) борогидридом натрия в водном растворе арабиногалактана или крахмала с использованием конформационно-конфигурационных

пустот макромолекул этих полисахаридов в качестве нанореакторов синтеза наночастиц. Оказалось, что в результате этой редокс-реакции образуются наночастицы закиси меди Cu_2O, инкапсулированные в макромолекулы арабиногалактана или крахмала.

При изучении биологической активности НК сначала проверили их эффект на жизнеспособность фитопатогенной бактерии *Clavibacter sepedonicus*, вызывающей кольцевую гниль бактерий. Обнаружено, что НК Cu/АГс в концентрации 0,000625 % НЧ Cu в конечном растворе не снижал прирост *Clavibacter sepedonicus*. Увеличение концентрации в 10 раз вызывало снижение прироста бактерий на 30 % по сравнению с контролем. НК Cu/АГс в концентрации 0,000625 % НЧ Cu снижение биопленкообразования было в 2 раза. Увеличение концентрации в 10 раз угнетало этот показатель на 70 % по сравнению с контролем. При исследовании эффекта НК на количество живых и погибших клеток бактерий после их инкубации с НК было обнаружено, что в варианте инкубации бактерий в течение 1 сут. с НК Cu/Агс в концентрации 0.000625 % НЧ Cu в образцах присутствовали количество мертвых клеток составляло 9 %. Концентрация 0,00625 % НЧ Cu значительно увеличивала число мертвых клеток до 52 % от общего числа. Таким образом, исследования, проведенные на бактериях *Clavibacter sepedonicus*, демонстрируют наличие антибактериального эффекта НК Cu/Агс.

Исследования биологической активности НК по отношению к растениям были проведены на уровне растений *in vitro* и на семенах. Для изучения влияния НК на интенсивность прорастания семян была проведена серия опытов по влиянию НК Cu/Агс и НК Cu/Кр на прорастание семян сои. Семена дезинфицировали в спирте, перекиси. После 3-кратного отмывания семена на 30 мин замачивали в одном растворе НК. Далее высыживали на влажную фильтровальную бумагу в чашки Петри. Спустя 6 сут анализировали длину и массу стебля и корня, а также количество диеновых коньюгатов (ДК). Обнаружено, что НК Cu/Агс и НК Cu/Кр никак не влияли на длину и массу стебля и корня. Исследования содержания ДК втканях корня и стебля показали их увеличение по сравнению с контролем. Таким образом, результаты исследований показали, что НК Cu/Агс и НК Cu/Кр на прорастание семян сои не оказывали стимулирующего эффекта.

Также нами проводились исследования на вегетирующих растениях картофеля *in vitro* сорта Луговской. Для этого черенки картофеля высаживали на три различных среды культивирования. Контрольные растения садили на питательную среду Мурасиге – Скуга. В средах с НК сульфат меди заменяли на НК Cu/Агс и НК Cu/Кр по содержанию меди аналогичное сульфату меди в среде Мурасиге – Скуга. Растения инкубировали в факторостатных условиях 42 сут., каждые 7 сут. замеряя их прирост и количество листьев. Было обнаружено, что НК Cu/Агс не оказывал негативного влияния на прирост картофеля и количество листьев у них. Исследо-

вания активности пероксидазы в тканях картофеля, выращенного на среде с НК показали, что в тканях листьев активность пероксидазы у растений, инфицированных *Clavibacter sepedonicus* и обработанных НК была ниже, чем у инфицированного картофеля без обработки НК. По-видимому, НК снижает уровень стресса в клетках растения.

Проект поддержан Российским фондом фундаментальных исследований (№ 20-016-00152). Авторы выражают благодарность Биоресурсному центру коллективного пользования (Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН).

Список литературы

1. Review on nanoparticles and nanostructured materials: Bioimaging, biosensing, drug delivery, tissue engineering, antimicrobial, and agro-food applications / V. Harish, D. Tewari, M. Gaur, A.B. Yadav, S. Swaroop, M. Bechelany, A. Barhoum // Nanomaterials. (Basel). 2022. Vol. 12, N 3. P. 457. doi: 10.3390/nano12030457.

2. Investigation of copper homeostasis in plant cells by fluorescence lifetime imaging microscopy / B. Hötzer, R. Ivanov, P. Bauer, G. Jung // Plant Signal Behav. 2012. Vol. 7, N 4. P. 521–533. doi: 10.4161/psb.19561.

УДК 577.2

АКТИВНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ «ВНЕШНИХ» РОТЕНОН-НЕЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ НАД(Ф)Н-ДЕГИДРОГЕНАЗ В МИТОХОНДРИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ УМЕРЕННОМ ТЕПЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ И ТЕПЛОВОМ ШОКЕ

Е. А. Полякова, О. А. Федотова

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
polyackova.elizaveta727@yandex.ru

The activity and protein content of external rotenone-insensitive NAD(P)H-dehydrogenases in mitochondria from shoots of 4-day-old and leaves of 8-day-old spring wheat seedlings were studied under moderate heat exposure and heat shock. Differences in the functioning of external NADH and NADPH dehydrogenases in mitochondria are shown depend-on the age of plants and the intensity of heat exposure.

Электрон-транспортная цепь (ЭТЦ) митохондрий растений содержит альтернативные ферменты, представленные альтернативной цианид-резистентной оксидазой (АО) и «внешними» и «внутренними» ротенон-нечувствительными НАД(Ф)Н-дегидрогеназами, что отличает её от ЭТЦ митохондрий животных. Предполагается, что альтернативные ферменты дыхания участвуют в повышении устойчивости растений к действию различных стрессоров, регулируют образование активных форм кислорода в клетке и могут защищать фотосинтетический аппарат от сверхвосстанов-

ления ЭТЦ хлоропластов. Основные исследования в современной литературе направлены на изучение работы альтернативных ферментов в условиях засоления, повышенного освещения и засухи, но практически не изучено функционирование данных ферментов при действии высоких температур. В то же время с каждым годом температура воздуха на планете растет, что негативно сказывается на продуктивности важных сельскохозяйственных культур, несмотря на то что многие из них успешно выработали ряд механизмов адаптации к действию высокой температуры. Исследование функционирования альтернативных ферментов при действии высоких температур разной интенсивности поможет определить механизмы, позволяющие увеличить урожайность растений в условиях меняющегося климата.

Целью данного исследования было изучение активности и содержания белка «внешних» ротенон-нечувствительных НАД(Ф)Н-дегидрогеназ на начальных этапах онтогенеза яровой пшеницы при умеренном тепловом воздействии и тепловом шоке.

Объектом исследования являлась яровая пшеница сорта Новосибирская-29 в возрасте 4 и 8 сут. Контрольные растения были выращены при 23°C/20°C (день/ночь) 16 ч фотопериод, гидропонным способом на растворе ½ Кнопа. Умеренное тепловое воздействие при температуре 37°C в течении 6 ч для 4-суточных, в течение 24 ч – для 8-суточных проростков. Тепловой шок вызывали обработкой проростков температурой 50°C в течение 3 и 4 ч для 8-суточных и 4-суточных растений соответственно. Температурные воздействия были выбраны на основании ранее полученных результатов [2]. Из побегов 4-суточных и листьев 8-суточных проростков были выделены и очищены в градиенте плотности перокола митохондрии. Изолированные митохондрии использовали для анализа активности альтернативных ферментов с помощью полярографического метода и содержания белков данных ферментов с помощью денатурирующего электрофореза с последующим вестерн-блотингом с антителами против «внешних» НАД(Ф)Н-дегидрогеназ (NDB) [3], АО 1/2 (AS04054, Agrisera, Швеция) и белка наружной мембраны митохондрий порина [1].

Нами было показано, что в митохондриях из побегов 4- и листьев 8-суточных проростков скорость окисления митохондриями экзогенного НАДН была выше, чем скорость окисления экзогенного НАДФН. В митохондриях, выделенных из побегов и листьев, подвергнутых тепловому закаливанию при 37 ºС в течение 6 и 24 ч, наблюдали сопряженное функционирование АО и «внешней» НАДН-дегидрогеназы и увеличение вклада альтернативного пути в дыхание. Тепловой шок (50 ºС, 4 ч), вызывал увеличение активности «внешней» НАДФН-дегидрогеназы в митохондриях из побегов 4-суточных проростков, которая была связана с активностью как АО, так и цитохром *c* оксидазы. В митохондриях из листьев 8-суточных проростков при тепловом шоке были значительно снижены активности «внешних» НАДН- и НАДФН-дегидрогеназ.

Антитела к NDB [3] позволили выявить в митохондриях яровой пшеницы мажорный белок с мол. массой около 60 кДа. Поскольку используемые на NDB антитела не являются специфическими к NDB1 или NDB2, а скорее общими для них, то можно говорить о том, что мажорный белок является «внешней» НАДН-дегидрогеназой (NDB2). Показано, что активность НАДН-дегидрогеназы в митохондриях 4-суточных проростков во время действия закаливающей температуры (37 °С, 6 ч) и при тепловом шоке (50 °С, 4 ч) была связана с некоторым повышением содержания белка. В митохондриях 8-суточных проростков повышение содержания данного белка отмечалось только при закаливании (37 °С, 24 ч). При воздействии закаливающей температуры (37 °С) и теплового шока (50 °С) на 4-суточные и 8-суточные проростки отмечали изменения в содержании мономеров белка АО с мол. массой 30, 32, 34 и 37 кДа. Так в митохондриях из побегов 4-суточных проростков наибольшее содержание мономеров белка АО наблюдали при тепловом шоке, в то время как в митохондриях из листьев 8-суточных проростков наибольшее содержание мономеров белка АО отмечено при тепловом закаливании.

Таким образом, «внешние» НАДН- и НАДФН-дегидрогеназы митохондрий участвуют в развитии теплоустойчивости яровой пшеницы, их активность связана с увеличением содержания белков в митохондриях, а также с различной сопряженностью с АО. Кроме того, активность данных ферментов различается в зависимости от возраста и интенсивности температурного воздействия на растение.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-1720.2020.4. В работе использовали коллекцию ЦКП «Биоресурсный центр» и оборудование ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН (г. Иркутск).

Список литературы

1. Dynamic changes in the mitochondrial electron transport chain underpinning cold acclimation of leaf respiration / A. F. Armstrong [et al.] // Plant Cell Environ. 2008. Vol. 31. P. 1156–1169.

2. Fedotova O. A. Influence of high temperatures on heat tolerance and synthesis of heat shock proteins in spring wheat at the initial stages of development / O. A. Fedotova, E. A. Polyakova, O. I. Grabelnykh // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2020. Vol. 12, N 5. P. 179–191. DOI: 10.12731/2658–6649.

3. Svensson A. S., Rasmusson A. G. Light-dependent gene expression for proteins in the respiratory chain of potato leaves // Plant J. 2001. Vol. 28. P. 73–82.

Научный руководитель: д-р биол. наук, доцент Грабельных О. И.

УДК 581.19

ВЛИЯНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ АУКСИНОВ НА ДЫХАТЕЛЬНЫЙ МЕТАБОЛИЗМ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА НОВОСИБИРСКАЯ-29

И. В. Полянская[1], Г. А. Арбузова[1,2]
М. С. Полякова[2], Н. В. Семенова[2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
irina.polyanskaya.01@mail.ru

The work is devoted to the study of the effect of synthetic auxins on the respiratory metabolism of spring wheat in order to determine the prospects for the use of these compounds in the early stages of development. The inhibitory effect of auxins on the growth of shoots with different concentrations and lighting conditions was studied. A change in the content of some water-soluble carbohydrates was also noticed. It has been established that the action of auxins does not affect the process of respiration of seedlings.

Ауксины – группа важнейших растительных гормонов, ответственных за рост и морфогенез растений. Синтетические ауксины широко применяются в сельском хозяйстве в качестве регуляторов роста, гербицидов и средств, ускоряющих плодоношение некоторых культур. Также имеются данные, свидетельствующие об участии ауксинов в формировании ответной реакции растений на различные стрессовые воздействия путём активации системы антиоксидантной защиты. Таким образом, возможности применения синтетических ауксинов могут быть расширены. Тем не менее, физиологическое действие данной группы веществ на ранних этапах развития растений, в том числе злаковых культур, изучено не достаточно. С одной стороны, имеются сведения, указывающие на важную роль ауксинов в повышении устойчивости растений к различным стрессорам, например, к тяжелым металлам, а с другой стороны, известно, что высокие концентрации ауксинов ингибируют развитие корневой системы. В связи с этим данная работа посвящена изучению влияния таких синтетических ауксинов, как НУК и 2,4-Д на дыхательный метаболизм важнейшей злаковой культуры – яровой пшеницы – с целью определения возможностей применения данных соединений на ранних этапах развития.

Работа проводилась на 4-суточных проростках яровой пшеницы сорта Новосибирская-29. Проростки выращивались на воде или растворах 1 или 10 мкМ нафтилен-3-уксусной кислоты (НУК) и 2,4-дихлорофеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) без освещения или при 16-часовом фотопериоде в климатических камерах BINDER при температуре 22–26 ºС. Замену раствора осуществляли каждые 2 сут. Дыхание побегов осуществляли полярографическим методом с помощью Oxytherm system (Hansatech Inst., Англия), объём ячейки составил 1,4 мл. Среда инкубации

содержала 50 мМ KH_2PO_4 и 50 мМ сахарозу (pH 7,2). Для определения вклада основного цитохромного (ЦП) и альтернативного цианид-резистентного путей (АП) дыхания использовали последовательное добавление ингибиторов: 1,2 мМ цианида калия (KCN, ингибитор цитохром *с* оксидазы) и 3 мМ бензгидроксамовой кислоты (БГК, ингибитор цианид-резистентной альтернативной оксидазы). Определение содержания водорастворимых углеводов в тканях проростков осуществляли методом ВЭЖХ-анализа.

Показано, что используемые в работе концентрации НУК и 2,4-Д ингибировали рост побегов яровой пшеницы, причем на степень ингибирования влияла не только концентрация веществ, но и наличие освещения. На свету НУК и 2,4-Д в концентрации 1 мкМ ингибировали рост проростков примерно на 13 %, а в концентрации 10 мкМ – на 38,6 и 46,5 % соответственно. В тёмноте степень ингибирования роста проростков была ниже и составила 7,3 и 10,1 % для 1 мкМ и 22,1 и 29,7 % для 10 мкМ растворов НУК и 2,4-Д соответственно. Было установлено, что ингибирующий эффект ауксинов не оказывал влияния на процесс дыхания проростков. Так, активности ЦП и АП не изменялись при выращивании проростков на растворах НУК и 2,4-Д во всех изученных концентрациях. В то же время нами было отмечено 2-кратное снижение некоторых водорастворимых углеводов (фруктоза, глюкоза) в тканях проростков яровой пшеницы, выращенных на свету на растворах НУК и 2,4-Д. Вероятно, это было вызвано использованием данных моносахаридов для процессов детоксикации экзогенных ауксинов с образованием соответствующих гликозидов.

Авторы выражают глубокую признательность лаборатории физико-химических методов исследований и лично заведующей лабораторией канд. биол. наук Л. В. Дударевой за проведения ВЭЖХ-анализа содержания водорастворимых углеводов, а также ведущему технологу лаборатории физиологической генетики К. А. Кириченко за помощь в экстракции водорастворимых углеводов из тканей проростков яровой пшеницы.

Работа выполнена в рамках гос. задания СИФИБР СО РАН (№ гос. регистрации 121031300009-4) с использованием коллекций ЦКП «Биоресурсный центр» и оборудования ЦКП «Биоаналитика» Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН.

Научный руководитель: канд. биол. наук, н.с. лаборатории физиологической генетики СИФИБР СО РАН Любушкина И. В.

УДК 577.21:579.64

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ГРУНТОВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

А. В. Рыкова, Т. Ф. Казаринова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
rykovanas@yandex.ru

Some biological properties of oil-oxidizing microorganisms important for the bioremediation of contaminated soils have been investigated.

Нефть считается распространенным техногенным загрязнителем, при её разливе на длительное время прекращается нормальное функционирование почвенной экосистемы, ухудшается почвенное плодородие и происходит резкое изменение интенсивности и направленности окислительно-восстановительных процессов. Поступление нефти в почву неоднозначно влияет на активность ферментов, которая может как усиливаться, так и ослабевать в зависимости от дозы и вида загрязнителя и типа почвы, подвергшейся загрязнению. Одной из наиболее щадящих для окружающей среды технологий ликвидации последствий нефтяного загрязнения является биоремедиация, основанная на использовании биохимического потенциала микроорганизмов, водорослей, высших растений. При использовании биоремедиации возникает ряд трудностей. Необходимо выделить технологичные микроорганизмы, изучить их особенности, подобрать условия культивирования и использования для очистки. Наиболее эффективным способом поиска микроорганизмов-деструкторов является выделение микробных изолятов из природных почв, длительное время загрязняемых [1; 3].

Цель работы – исследовать некоторые биологические свойства выделенных штаммов нефтеокисляющих микроорганизмов.

Задачи – проверить на способность продуцировать лецитиназу, определить температурные параметры роста, исследовать отношение микроорганизмов к кислороду, определить отношение культур к различным концентрациям к NaCl, изучить рост на синтетической среде, а также исследовать чувствительность штаммов к антибиотикам.

Из загрязненных проб почвы было выделено 15 штаммов (из них 8 – на территории ГСМ Кустанайского ЛПХ и 7 – на территории гаража объекта капитального строительства Иркутской области) [2].

Были исследованы культуральные и морфологические свойства штаммов [2]. Половина штаммов, выделенных из почв, обладали лецитиназной активностью. При определении температурных параметров роста микроорганизмов выяснилось, что все штаммы растут при температуре 30–40ºС, при 45 ºС выросло 7 штаммов, от 50 до 60 ºС – только 3 штамма.

Исследование отношения микроорганизмов к кислороду показало, что все штамма факультативные анаэробы, то есть развиваются по всей толщине среды. На синтетической среде хороший рост показали 12 штаммов. В качестве источника азота используют азот из минеральных солей. Чувствительность штаммов к антибиотикам определяли диско-диффузионным методом. Использовались такие антибиотики: оксациллин, меропенем, цефтизидим, ампициллин, ванкомицин, фосфолицин, бензилпенициллин, тикарциллин, оптохин, фурадонин, тетрациклин. Установлено, антибиотики с фурадонином и тетрациклинов подавляют роста всех штаммов за исключением двух штаммов. Определяли рост штаммов при содержании в питательной среде NaCl в %: 0; 0,5; 2,5; 6,5. Было установлено, что все штаммы выдерживали концентрацию соли 6,5 %.

Список литературы

1. Логинова О. О. Использование штаммов рода *Acinetobacter* для биоремедиации нефтезагрязненных почв на территории Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Химия. Биология. Фармация. 2011. № 2. С. 127–133.

2. Рыкова А. В., Казаринова Т. Ф. Выделение и отбор нефтеокисляющих микроорганизмов // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий : тез. докл. III Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и мол. ученых. Иркутск, 24 апр. 2020 г. / редкол.; А. Н. Матвеев [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2020. С. 168–169.

3. Янкевич М. И., Хадеева В. В., Мурыгина В. П. Биоремедиация почв: вчера, сегодня, завтра // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». 2015. Т. 7, № 2. С. 199–208.

УДК 579.67

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ

Б. Санчир, С. Дэлгэрмаа

Монгольский государственный университет науки и технологии, г. Улан-Батор

We isolated wine yeast from berry juices, studied their morphological, physiological and biochemical characteristics. With the help of the accumulated yeast biomass, lingonberry juice was fermented and the alcohol content and the formation of glycerin in the product were determined.

Вино является продуктом, который вырабатывается путём заквашевания соков различных ягод винными дрожжами. Технологический процесс виноделия, вкус и аромат готового продукта зависят от используемых культур дрожжей. Цель работы состоит в изучении морфологических и некоторых физиолого-биохимических свойств чистых культур дрожжей, выделенных из сбраживаемых ягодных соков.

Объектом исследования служили чистые культуры дрожжей, выделенные из забродившихся ягодных соков. Морфологические и физиолого-биохимические свойства исследованы по традиционным микробиологическим методам.

В результате проведенных по методике исследований выделенные нами культуры дрожжей относятся к аскоспорообразующим дрожжам, без мицелей. Форма клеток овальная, диаметром 2,5–5 мкм. Колонии диаметром 1–2 см, круглые, выпуклые белого цвета. Оптимальная температура роста 20–27 ºС, могут расти до 37 ºС, не дают роста при 42 ºС (табл. 1).

Таблица 1

Окисление и усвоение углеводов дрожжевыми культурами

№	Углеводы	Окисление			Усвоение		
		Штамм 1	Штамм 2	Штамм 3	Штамм 1	Штамм 2	Штамм 3
1	Глюкоза	+++	+++	+++	+++	+++	+++
2	Фруктоза	++	+++	+++	++	++	++
3	Галактоза	–	+	+	++	+	+
4	Лактоза	–	–	–	–	–	–
5	Сахароза	++	++	++	+++	++	++
6	Арабиноза	++	+	+	–	–	–
7	Ксилоза	++	++	++	–	–	–
8	Мальтоза	–	–	–	–	–	–
9	Сорбит	–	–	–	–	–	–
10	Маннит	–	–	–	–	–	–
11	Дульцит	–	–	–	–	–	–

Примечание: +++ – очень хорошо, ++ – среднее, + – плохое, «–» – не проявляет признака

Как видно из табл. 1, выделенные культуры дрожжей способны окислять глюкозу, фруктозу, сахарозу, арабинозу, ксилозу. Штамм 1 в отличие от других культур не окисляет галактозу. По способности усваивать углеводы штаммы проявляют вариабельные признаки. Все культуры хорошо усваивают глюкозу, штамм 1 хорошо усваивает сахарозу, галактозу и фруктозу средне, а штаммы 2 и 3 средне усваивают фруктозу и сахарозу, плохо усваивают галактозу. Не способны усваивать остальные углеводы.

Данные культуры дрожжей на среде без витаминов образуют осадок без образования пленки и мутности. Из этого видно, что данные дрожжи сами способны продуцировать некоторые витамины, которые необходимы для их роста. Поэтому мы отнесли данные культуры к ауксотрофным организмам, что характерно для рода *Saccharomyces.* Выделенные культуры дрожжей способны усваивать такие органические кислоты, как молочную и уксусную, а лимонную, янтарную и винную кислоты не способны усваивать. Все штаммы обладают уреазной активностью, что характерно для дрожжей из класса аскомицетов.

Из исследуемых штаммов дрожжей мы выбрали штамм 2 и сделали накопление биомассы для использования его в качестве закваски для брожения сока брусники. После проведения брожения мы сняли органолептические показатели сброженного сока. Результаты показаны в табл. 2.

Таблица 2

Органолептические показатели

№	Признак	Свойство
1	Вкус	Сладкий, ощущается вкус брусники
2	Запах	Приятный, соответсвует запаху вина
3	Внешний вид	Без осадка, прозрачный, красный цвет

После брожения мы определили содержание спирта в сброженном соке. Содержание спирта было 20 %, что доказывает о спиртовом брожении дрожжей рода *Saccharomyces.* Брожение ягодного сока свидетельствует о том, что данный штамм относится к штамму винных дрожжей.

Качество вина определяется содержанием глицерина, которого образуют качественные винные дрожжи. Поэтому мы определили содержание глицерина в полученном продукте. Содержание глицерина в сброженном соке было 12,4 г на 100 г продукта.

При проведении данной работы нами сделаны следующие выводы:

1. Нами исследованы три культуры дрожжей, которые были выделены из забродившихся соков ягод. По морфологическим и культуральным признакам данные штаммы относятся к роду *Saccharomyces*. По данным признакам мы идентифицировали их как: 1 штамм относится к виду *Sach.oviformis*, 2, 3 штаммы – к виду *Sacch.vini.*

2. В сброженном штаммом 2 брусничном соке содержание спирта было 20 %, а глицирина – 12,4 г на 100 г продукта, это доказывает, что штамм 2 относится к виду *Sacch.vini* и способен про спиртовом брожении продуцировать этиловый спирт и глицерин.

3. В дальнейшем данный штамм можно использовать в качестве промышленного штамма для производства закваски для вина.

УДК 579.6:574.6

ЭФФЕКТЫ ЦТАБ И ТВИНА-80 НА РАБОТУ МИКРОБНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П. С. Сташкевич, И. А. Топчий

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
polinastashkevitch@yandex.ru

It was shown that both tested surfactants reduce the power generation of MFCs with bioagent *M. luteus* 1-i. It should be noted that in the presence of CTAB, the electrical parameters decrease more intensively than in the presence of Tween 80.

Микробный топливный элемент (МТЭ) – это, прежде всего, биоэлектрохимическая система, позволяющая преобразовывать энергию химических связей различных соединений в электрическую [4]. Действие МТЭ основано на использовании микроорганизмов, способных окислять органические соединения, вырабатывать при этом электроны и передавать их во внешнюю среду [2]. МТЭ позволяют вырабатывать электроэнергию, в частности, и за счет использования компонентов сточных вод. Внедрение и использование технологии МТЭ на территориях, загрязненных отходами предприятий, способно улучшить состояние окружающей среды с параллельной выработкой электроэнергии.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко используются в промышленности, при производстве средств личной гигиены и продуктов бытовой химии [1]. Данные вещества обладают дифильным характером и способны адсорбироваться на поверхности раздела двух фаз и вследствие этого снижающие поверхностное натяжение [3]. Ввиду широкого применения ПАВ, их содержание в сточных водах может превышать предельно допустимые в десятки раз [5].

В соответствии с этим, целью работы стало изучение эффектов ЦТАБ и твина-80 на работу микробных топливных элементов.

В данном исследовании биоагентом является штамм *Micrococcus luteus 1-и*, выделенный из активного ила нефтехимического завода, который далее культивировали на рыбо-пептонном агаре (питательный агар 36 г/л, микробиологический агар 10 г/л). Питательной средой для исследуемого штамма в проводимых опытах служила модельная сточная вода (МСВ) с пептоном (Na_2CO_3 – 0.05 г/л; CH_3COONa х $3H_2O$ – 0.05 г/л; KH_2PO_4 – 0,025 г/л; $(NH_4)_2$ HPO_4 – 0,025 г/л; $CaCl_2$ – 0,007 г/л; $MgSO_4$ х $7H_2O$ – 0,005 г/л; пептон – 0,5 г/л) с присутствием полиоксиэтилен(20)сорбитанмоноолеата (твин-80) и цетилтриметиламмонийбромида (ЦТАБ) в концентрациях 5, 10, 30, 50 мл/л и 0,01; 0,05; 0,1; 0,5 г/л соответственно. Стерилизацию проводили автоклавированием при 1 атм. в течение 45 мин. В эксперименте использовали суточную культуру *M. luteus 1-и*, суспендированная в физрастворе. Объем микробной суспензии состав-

лял 5 мл. на 1 анодную камеру. Заполняли МТЭ в стерильном боксе, далее помещали их в термостат на 30 °С, где они работали в течение нескольких суток. Регистрацию силы тока и напряжение проводили с использованием двух мультиметров DT32 DIDGITAL и магазина сопротивлений Р-33, который служил источником внешнего сопротивления (интервал подаваемой нагрузки: 0–100 000 кОм).

Все полученные результаты сравнивали с данными соответствующих контрольных вариантов. Проводили не менее чем в 5 независимых экспериментов с 3 параллельными измерениями в каждом. Экспериментальные данные были статистически обработаны с помощью пакета программ Excel Windows. Выводы были сделаны с вероятность безошибочного прогноза $p \geq 0{,}95$. Значимость различий в результатах определена с помощью критерия Стьюдента.

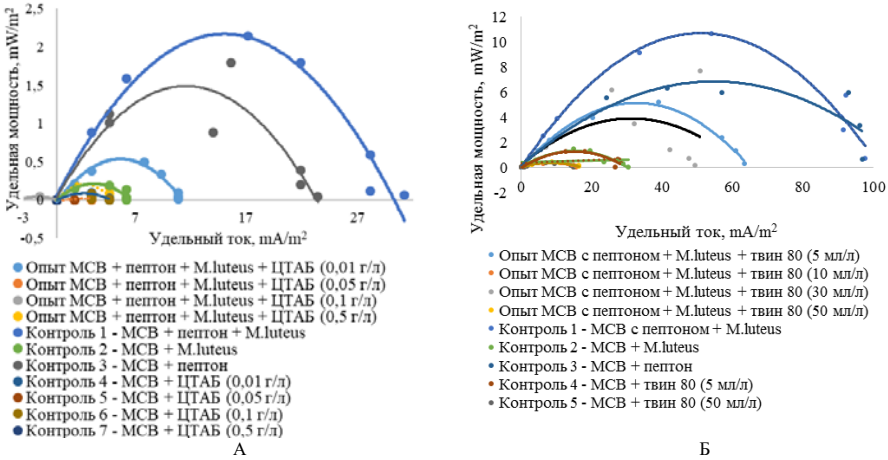


Рис. 1. Зависимость удельного тока от удельной мощности МТЭ при разных уровнях внешнего сопротивления: А – ЦТАБ; Б – твин 80

Максимальные показатели электрических характеристик были получены при внешнем сопротивлении в 1 кОм. Уже при концентрации 0,01 г/л ЦТАБ оказывает негативное влияние на производство электроэнергии по сравнению с контролем 1 (рис. 1, А). Аналогично действует твин 80, начиная с концентрации 5 мл/л (рис. 1, Б). Удельный ток в присутствии ЦТАБ и твина 80 при вышеупомянутых концентрациях снизился на 54,57 и 39,54 %, а удельная мощность – на 76,74 и 56,55 % соответственно.

Таким образом, показано, что оба протестированных ПАВ снижают электрогенерацию МТЭ с биоагентом *M. luteus 1-и*. Стоит отметить, что в присутствии ЦТАБ электрические показатели снижаются интенсивнее, чем в присутствии твина 80.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Министерства культуры, образования, науки и спорта Монголии в рамках научного проекта № 19-58-44003.

Список литературы

1. Валышев А. В., Валышева Н. А. Разрушение анионного поверхностно-активного вещества (додецилсульфата натрия) микроорганизмами окружающей среды // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2018. № 4. URL: http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2018–4/Articles/VAV-2018–4.pdf.

2. Микробный топливный элемент в орбитальном полете космического аппарата «фотон-м4» / И. А. Смирнов [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2018. Т. 52, № 5. С. 58–61.

3. Неудачина Л. К., Петрова Ю. С. Применение поверхностно-активных веществ в анализе : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. 76 с.

4. Bioelectricity production from kitchen wastewater using microbial fuel cell with photosynthetic algal cathode / S. Naina [et al.] // Bioresource Technology. 2020. Vol. 295. P. 1–28.

5. Palmer M., Hatley H. The role of surfactants in wastewater treatment: impact, removal and future techniques: A critical review // Water Research. 2018. Vol. 147. P. 60–72.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Стом Д. И.

УДК [579.266:550.72]549.74

МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА КАК ВОЗМОЖНЫЕ УЧАСТНИКИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ АУТИГЕННЫХ КАРБОНАТОВ В ОСАДКАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

В. В. Тархова, А. В. Ломакина

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
viktar@lin.irk.ru

Using new generation sequencing, we obtained a diversity of microorganisms from bottom sediments containing authigenic carbonates in the area of the Kedr-1 mud volcano and assessed their role in the processes of methane generation and anaerobic methane oxidation. For establish the mechanism of formation of authigenic carbonates were carried out experiments under laboratory conditions with environmental microbial communities in anaerobic conditions at a temperature and pressure close to Baikal conditions.

Озеро Байкал – самое глубокое и древнее пресноводное озеро мира, мощность его донных отложений составляет более 9 км [3]. Характерной особенностью донных осадков Байкала является наличие в них газовых гидратов (ГГ), обнаруживающихся преимущественно в морских экосистемах и не выявленных в других пресноводных водоёмах [2]. Помимо ГГ, уникальной чертой озера является наличие в донных осадках аутигенных карбонатов, формирование которых ранее считалось невозможным из-за низкой щелочности воды озера и низкого содержания необходимых для их осаждения ионов. Несмотря на это, в оз. Байкал были найдены родохрози-

ты и сидериты. Следует отметить, что необходимое количество HCO3 – для их формирования присутствует только в зонах разгрузки флюидов [1]. Одна из таких зон – грязевой вулкан Кедр, расположенный в Южном Байкале. Его особенностями является залегание в слоях осадка гидратов двух структур [4], а также наличие сидеритов с тяжелым (до +36,3 ‰ VPDB) изотопным составом. В морских экосистемах существует несколько способов формирования аутигенных карбонатов: за счет деструкции органического вещества, метаногенеза и анаэробного окисления метана (АОМ). Образование аутигенных карбонатов в других районах оз. Байкал было объяснено процессом метангенерации, осуществляемого при участии метаногенных архей [1].

Цель работы: исследование микробных сообществ донных осадков грязевого вулкана Кедр-1, содержащих аутигенные карбонаты и ГГ, а также выявление микроорганизмов цикла метана, как возможных участников процессов формирования аутигенных карбонатов.

Методом высокопроизводительного секвенирования было получено 17496–39565 бактериальных последовательностей и 49641–79179 архейных. По разнообразию микробных сообществ, исследованные донные осадки были условно разделены на две группы. Первая группа осадков включала образцы 0–5 см, 25 см, 50 см, карбонатный слой 52 см (К). Вторая группа включала 100 см, 150 см, карбонатный слой 160–165 см (К), 165–170 см, 180–185 см, гидратный слой 193–197 см (ГГ). ДНК поверхностного осадка 0–5 см отличается большим разнообразием бактериальных и архейных сообществ. Среди бактериальных последовательностей доминировали *Chloroflexi* (21 % от всех проанализированных последовательностей бактерий), MBNT15 (10 %), *Actinobacteriota* (10 %), *Acidobacteriota* (9 %), *Bacteroidota* (4 %), *Crenarchaeota*, *Nanoarchaeota* и филум *Thermoplasmatota*. В составе других исследуемых осадков первой группы среди бактерий наибольшую долю составили представители филумов *Chloroflexi* (21–31 %), *Nitrospirota* (13–31 %), *Desulfobacterota* (3–14 %), *Proteobacteria* (3–11 %). Во второй группе выявлены последовательности филумов *Chloroflexi* (32–39 %), *Caldatribacteriota* (18–26 %), *Proteobacteria* (3–9 %), *Caldisericota* (3–6 %). Среди архейных сообществ первой группы осадков доминировали археи филумов *Crenarchaeota* (29–47 %), *Halobacterota* (13–45 %), *Thermoplasmatota* (4–24 %). В составе архейного сообщества второй группы осадков доминировали *Crenarchaeota* (67–78 %), *Hadarchaeota* (4–21 %), *Halobacterota* (1–13 %).

Для установления возможных процессов формирования аутигенных карбонатов глубинные осадки 193–197 см были помещены для культивирования в экспериментальные автоклавы. С использованием бактериальных праймеров проанализировано 25661–30952 нуклеотидных последовательностей, в ДНК которых преобладали представители филумов *Proteobacteria* (3–47 %) и *Firmicutes* (28–88 %). Последовательности филума *Pro-*

teobacteria были отнесены к классу *Gammaproteobacteria*, порядкам *Burkholderiales* (2–12 %) и *Pseudomonadales* (17–46 %). Среди *Firmicutes* доминировали классы *Clostridia* (24–81 %) и *Desulfitobacteriia* (5–7 %). Только для одного экспериментального осадка получен ПЦР-продукт с архейными праймерам. Среди архей детектированы последовательности филумов *Crenarchaeota,* класса *Bathyarchaeia* (9 %) и *Euryarchaeota*, рода *Methanobacterium* (91 %), гидрогенотрофные метаногенные археи, которые не были обнаружены в природных образцах.

Среди микроорганизмов цикла метана в природных микробных сообществах выявлены *Thermoplasmatota* (порядок *Methanomassiliicoccales*), осуществляющие H_2-зависимый метилотрофный путь метаногенеза. Также детектированы последовательности филума *Halobacterota*, в том числе метаногены родов *Methanoregula* и *Methanosaeta*. Среди возможных участников процесса AOM детектированы представители семейства *Methanoperedenaceae*, использующие в качестве акцепторов электронов Mn (IV), Fe(III), NO_3^- [5]. Типичных для морских экосистем анаэробных метанотрофных архей кластеров ANME выявлено не было. Таксономический состав микроорганизмов двух горизонтов, содержащих аутигенные карбонаты, существенно отличался. Большинство бактериальных последовательностей карбонатного слоя 52 см отнесены к филуму *Nitrospirota*, представители которого осуществляют аэробное окисление аммония, в то время как в карбонатном слое 160–165 см доминируют *Chloroflexi,* являющиеся известными деструкторами органического вещества. Среди архейных последовательностей в карбонатном слое 52 см была высока доля *Halobacterota* и *Crenarchaeota,* класса *Bathyarchaeia.* В карбонатном слое 160–165 см самыми многочисленными были археи класса *Bathyarchaeia,* доминирующие в бескислородных морских и пресноводных отложениях и обладающие широкими метаболическими способностями, что подчеркивает их важную роль в глобальном круговороте углерода [6].

Работа выполнена в рамках Гос. задания 0279-2021-0006 и гранта РНФ 22-14-00084.

Список литературы

1. Формирование аутигенных карбонатов в грязевых вулканах озера Байкал / А. А. Крылов, О. М. Хлыстов, Т. И. Земская, Х. Минами, А. Хачикубо, Х. Шоджи, М. Кида, Т. П. Погодаева, Л. Наудтс, Д. Поорт // Геохимия. 2008. № 10. С. 1051–1062.

2. Первая находка газогидратов в осадочной толще озера Байкал / М. И. Кузьмин, Г. В. Калмычков, В. Ф. Гелетий, В. А. Гнилуша, А. В. Горегляд, Б. Н. Хахаев, Л. А. Певзнер, Т. Каваи, Н. Иошида, А. Д. Дучков, В. А. Пономарчук, А. Э. Конторович, Н. М. Бажин, Г. А. Махов, Ю. А. Дядин, Ф. А. Кузнецов, Э. Г. Ларионов, А. Ю. Манаков, Б. С. Смоляков, М. М. Мандельбаум, Н. К. Железняков // Доклады РАН. 1998. Т. 362, № 4. С. 541–543.

3. Логачев Н. А. История и геодинамика Байкальского рифта // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. С. 391–406.

4. Структура, морфология и состав природных газовых гидратов, отобранных на грязевом вулкане Кедр-1 (оз. Байкал) / А. Ю. Манаков, О. М. Хлыстов, А. К. Сагидуллин,

Т. П. Адамова, А. В. Хабуев, Т. В. Родионова, А. С. Юношев // Журнал структурной химии. 2021. Т. 62, № 6. С. 958–965. DOI: 10.26902/JSC_id74424

5. Anaerobic oxidation of methane: an “active” microbial process / M. Cui, A. Ma, H. Qi, X. Zhuang, G. Zhuang // MicrobiologyOpen. 2015. Vol. 4, N 1. P. 1–11. DOI: 10.1002/mbo3.232

6. Bathyarchaeota: globally distributed metabolic generalists in anoxic environments / Z. Zhou, J. Pan, F. Wang, J-D. Gu, M. Li // FEMS Microbiol. 2018. Vol. 42. P. 639–655. DOI: 10.1093/femsre/fuy023

УДК 579.6.+579.22

ВЛИЯНИЕ ТВИНА-80 НА РОСТ ШТАММА НЕФТЕОКИСЛЯЮЩЕЙ АКТИНОБАКТЕРИИ

Е. С. Топчая

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Katya25topchaya@gmail.com

The effect of twin-80 (as an emulsifier) on the growth of the strain of the oil-oxidizing actinobacterium was studied B-8–1-1 in a liquid medium with 1 % hexadecane. It was shown that twin-80 at a concentration of 1 % intensified the growth of the studied culture.

Очистка окружающей среды от нефтезагрязнений является актуальной проблемой. Восстановление экосиситемы с помощью микроорганизмов является перспективным направлением. Преимуществами биометода является относительно низкая стоимость и простота применения. При элиминировании нефтезагрязнений важной задачей является подбор веществ, облегчающих взаимодействие нефтеокисляющих микроорганизмов с нефтепродуктами.

В состав микробиологических нефтеокисляющих препаратов могут входить поверхностно-активные вещества биологического происхождения (биосурфактанты) или синтетические ПАВ. Роль ПАВ заключается в превращении нефтяной пленки в мелкодисперсную эмульсию, что приводит к увеличению площади контакта с микроорганизмами, а также к улучшению аэрации. Кроме того, ПАВ облегчают поступление гидрофобных соединений в клетки микроорганизмов [2].

Неионогенные ПАВ (НПАВ) характеризуются более слабым антимикробным действием по сравнению с ионогенными, некоторые из них совсем не обладают такой активностью. Характер влияния на микроорганизмы зависит от химической структуры НПАВ. Твины, являясь НПАВ, не только не угнетают микроорганизмы, но даже стимулируют их рост [1].

Цель данной работы: исследовать влияние твина-80 на динамику роста штамма нефтеокисляющей актинобактерии Б-8–1-1 на гексадекане.

В данной работе в качестве объекта исследования использовали штамм Б-8-1-1, выделенный из битума (коллекция углеводородокисляющих микроорганизмов доц. О. Ф. Вятчиной, кафедра микробиологии ФГБОУ ВО «ИГУ»).

Для проведения экспериментов использовали жидкую синтетическую среду № 1 следующего состава (%): KNO_3 – 0,40; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,08; KH_2PO_4 – 0,06; Na_2HPO_4 – 0,14; вода водопроводная; pH 7,2 – 7,3. В качестве источника углерода и энергии в среду добавляли 1 % (от общего объёма) гексадекана. В качестве эмульгатора в среду вносили твин-80 так, чтобы его конечная концентрация в среде составляла 0,1 и 1 %. Контролем являлась среда № 1 с 1 % гексадекана без твина-80. Также оценивали рост культуры в среде № 1, содержащей в качестве единственного источника углерода и энергии 1 % твина-80. Культивирование исследуемого штамма проводили в колбах (объемом 250 мл) со 100 мл указанных сред при температуре 30 °С в стационарных условиях. Количество клеток исследуемой бактерии в испытуемых средах определяли на 1-, 3-, 7-, 14-, 18-е сут. при помощи метода серийных разведений с последующим высевом на чашки Петри с плотной синтетической средой № 1.

Статистическую обработку данных проводили при помощи использования пакета данных в программе Excel.

Проведенные исследования показали, что штамм Б-8-1-1 хорошо рос на среде, содержащей в качестве единственного источника углерода и энергии гексадекан. На 1-е сут. количество клеток составило $(1,08 \pm 0,23) \cdot 10^7$ КОЕ/мл, на 7-е сут. культура переходила в стационарную фазу, при этом выход клеток увеличивался на порядок и достигал $(1,13 \pm 0,08) \cdot 10^8$ КОЕ/мл. При дальнейшем инкубировании численность клеток в среде была стабильной и составляла на 14-е сут. $(9,28 \pm 1,7) \cdot 10^7$, на 18-е сут. – $(1,2 \pm 0,07) \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Исследуемый штамм использовал в качестве источника углерода и энергии твин-80. При этом динамика роста культуры была схожей с таковой в среде, содержащей гексадекан. При добавлении твина-80 в качестве эмульгатора в среду с гексадеканом были получены следующие данные. Твин-80 в концентрации 0,1 % не влиял на рост исследуемой культуры в жидкой среде с гексадеканом. Существенное влияние на рост культуры оказал твин-80 в концентрации 1 %. Причем эффект усиления роста отмечали, начиная с 7-х сут. роста. При этом количество клеток в среде с эмульгатором было в 1,5 раза выше, чем в контроле (среда с гексадеканом без добавления твина-80) и составляло $(1,67 \pm 0,07) \cdot 10^8$ КОЕ/мл. На 14-е сут. численность бактерий в исследуемой среде была в 2,2 раза больше, чем в контроле ($(2,0 \pm 0,16) \cdot 10^8$ и $(9,28 \pm 1,7) \cdot 10^7$ КОЕ/мл соответственно) (рис.).

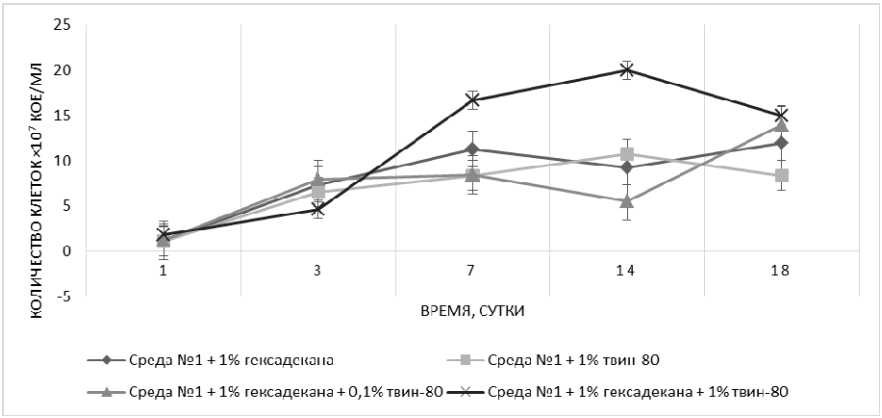


Рис.Влияние твина-80 (1 и 0,1 %) на рост штамма Б-8–1-1 в среде № 1 с 1 % гексадекана

Таким образом, в условиях данного опыта показано, что твин-80 в концентрации 0,1 % не оказывал влияния на рост исследуемой нефтеокисляющей акинобактерии Б-8-1-1 в жидкой среде с гексадеканом, а 1 % этого ПАВ интенсифицировал рост культуры, приводя к увеличению количества клеток в 1,5–2,2 раза по сравнению с контролем.

Список литературы

1. Ставская С. С. Биологическое разрушение анионных ПАВ / АН УССР, Ин-т коллоид. химии и химии воды. М., 1981. 114 с.

2. Биорекультивация нефтезагрязненных почв гуминовыми препаратами / К. М. Салим [и др.] // Экология и промышленность России. 2003. С. 19–21.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Вятчина О. Ф.

УДК 579.6

ОЦЕНКА МЕТАГЕНОМНЫХ СООБЩЕСТВ И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ БАКТЕРИЙ-ОКСИФИЛОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

В. Н. Шелковникова, М. Е. Дмитриева, А. Ю. Белышенко
Д. В. Аксёнов-Грибанов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Shelkovnikova551@gmail.com

In this experiment, the diversity of metagenomics communities of Lake Baikal water and the antioxidant activity of isolated bacteria were analyzed.

Озеро Байкал представляет собой экосистему с низкой температурой воды и высоким содержанием растворённого кислорода. Предполагается, что в таких условиях обитают бактерии – оксифилы, сформировавшие защитные механизмы от окислительного стресса путём синтеза антиоксидантов, которые способны ингибировать активные формы кислорода. Таким образом, антиоксиданты, синтезируемые оксифильными бактериями оз. Байкал можно использовать для лечения нейродегенеративных заболеваний и заболеваний репродуктивной системы, основной причиной которых зачастую является окислительный стресс.

Целью данного исследования являлись оценка разнообразия метагеномных сообществ воды оз. Байкал в очагах с повышенным содержанием кислорода и антиоксидантной активности выделенных штаммов.

Проботбор байкальской воды был проведён в пос. Большое Голоустное и пос. Бугульдейка (Южный Байкал) из 4 зон с различными концентрациями кислорода – 9,97; 10,78; 11,91 и 12,19 мг/мл. Часть воды была профильтрована через бактериальные шприц-фильтры и отправлена в ООО «Биоспарк» для метагеномного профилирования. Оставшаяся проба воды была использована для микробиологических посевов, направленных на селективное выделение оксифильных микроорганизмов, и оценки их антиоксидантной активности с помощью метода DPPH.

Согласно первичному анализу разнообразия микробных оксифильных сообществ, в образцах, выделенных из зоны с наибольшей концентрацией кислорода, было обнаружено 3 минорные бактериальные филы исключительные для данной зоны. К ним относились филы *Armatimonadetes* (OTU, % – 0,04 %), *Epsilonbacteraeota* (OTU, % – 0,1 %), *Spirochaetes* (OTU, % – 0,02 %). Также, во всех группах, различных по содержанию кислорода присутствовала фила *Cyanobacteria* (класс *Oxyphotobacteria*). Однако в образце с повышенным содержанием кислорода содержание таких бактерий было существенно выше (OTU, % – 38 %). В образцах, отобранных в зонах более низких концентраций кислорода, *Oxyphotobacteria*

являлись минорным классом бактерий (OTU, % – 1–5 %). Во всех зонах были обнаружены такие филы, как *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*. Однако, в зоне с более высоким содержанием кислорода найдены отдельные представители родов *Brachybacterium* (OTU, % – 0,04 %), *Porphyromonas* (OTU, % – 0,02 %), *Murdochiella* (OTU, % – 0,06 %), *Bacillus* (OTU, % – 0,04 %), *Abiotrophia* (OTU, % – 0,04 %), *Peptoniphilus* (OTU, % – 0,02 %). При селективном выделении оксифильных микроорганизмов было выделено 27 штаммов, из которых на данный момент антиоксидантную активность проявили 8. На данный момент идентифицировано 9 штаммов, из которых 4 относятся к роду *Flavobacterium* sp., 3 к *Janthinobacterium* sp. и 2 к *Pseudomonas* sp. В настоящее время ведётся идентификация остальных микроорганизмов и оценка их антиоксидантной активности.

Работа проведена при частичной финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Государственная регистрация 121111100025-5) и гранта Президента Российской Федерации № МК-1245.2021.1.4.

УДК 579.262

ВЛИЯНИЕ АНАВИДИНА НА МЕТАБОЛИЗМ *RHODOCOCCUS QINGSHENGII* VKM AC-2784D, КУЛЬТИВИРУЕМОГО В МИНЕРАЛЬНОЙ СРЕДЕ С РАЗНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ УГЛЕРОДА

Г. Г. Ярыгина, А. С. Мориц

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
galinka1204@mail.ru

By regulating metabolism, it is possible to manipulate the sensitivity or resistance of a microorganism. Many bacteria acquire antibiotic resistance when using different carbon sources. This study studied the effect of the disinfectant “Anavidin” on the metabolism of *Rhodococcus qingshengii* VKM AC-2784 depending on the carbon source in the environment.

Приспособление к изменяющимся условиям среды обитания – одно из важнейших свойств микроорганизмов. Чтобы сохранить жизнеспособность, многие бактерии выработали различные механизмы адаптации [1]. Бактерии приобретают устойчивость к антибиотикам при использовании источников углерода, метаболизирующихся через глиоксилатный путь, который не сопровождается накоплением НАДН и приводит к снижению интенсивности дыхания [2]. Мы предполагаем, что характер и сила ответной реакции на другие биологически активные соединения может развиваться по этой же схеме. Поэтому в данной работе мы решили изучить влияние дезинфектанта «Анавидин» на метаболизм *R. qingshengii*.

Цель: оценить влияние анавидина на метаболизм *R. qingshengii*, культивируемого в минеральной среде с разными источниками углерода.

Объекты и методы исследования. В экспериментах использовали *Rhodococcus qingshengii* VKM Ac-2784D из коллекции СИФИБР СО РАН. Бактерии выращивали на твердом субстрате ГМФ-агаре (ООО «НИЦФ») при температуре 26ºС. Культивировали бактерии в минеральной среде 8Е с конечной концентрацией солей (г/л): $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ – 1; $NaNO_3$ – 3; $FeSO_4 \cdot 7H2O$ – 0,01; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5; KCl – 0,5; pH – 7.0. В качестве источника углерода к средам добавляли (5 г/л): глюкозу, инозит, нафталин. Также в среды добавляли дезинфектант «Анавидин» (ООО «СмартСинтез») в концентрациях: 0,8; 0,4; 0,2; 0,01; 0,08; 0,04; 0,02; 0,01 %. Определение дегидрогеназной активности клеток культуры проводили с помощью тетразолиевого теста, описанного А. Г. Еникеевым [3]. Для всех образцов определяли оптическую плотность на спектрофотометре iMark (Bio-Rad, США) при $\lambda = 595$ нм.

Результаты и обсуждения. Нами установлено, что взаимодействие исследуемых бактерий с анавидином сопровождается изменением активности дегидрогеназ. Влияние анавидина в среде с глюкозой приводило к резкому падению активности дегидрогеназных ферментов, что связано, вероятно с гибелью клеток в первые минуты после воздействия. На среде с нафталином, активность дегидрогеназ была на уровне или выше контроля. Несмотря на это, можно предположить, что использование нафталина в качестве единственного источника углерода, приводит к снижению чувствительности *R. qingshengii*, о чем говорит отличие изменений активности дегидрогеназ от контроля, тогда как глюкоза в большей степени, и инозит в меньшей степени, способствуют увеличению чувствительности исследуемых микроорганизмов. При этом динамика их активности была характерна для исследуемого соединения, что связано, вероятно, с механизмом и скоростью его воздействия на микробную клетку. Таким образом, было установлено, что сила и характер влияния дезинфицирующего средства «Анавидин» на метаболизм *R. qingshengii* VKM Ac-2784D зависят от источника углерода в среде культивирования.

Список литературы

1. Фенотипическая пластичность бактерий как стратегия резистентности и объект современных антимикробных технологий (обзор) / Б. Г. Андрюков, Л. М. Сомова, Е. В. Матосова, И. Н. Ляпун // Современные технологии в медицине. 2019. Т. 11, № 2. С. 164–182.

2. Baek S. H., Li A. H., Sassetti C. M. Metabolic regulation of mycobacterial growth and antibiotic sensitivity // PLoS Biol. 2011. Vol. 9, N 5. e1001065 P.

3. Rhodococcus strains as source for ene-reductase activity / B. S. Chen [et al.] // Applied microbiology and biotechnology. 2018. Vol. 102, N 13. P. 5545–5556.

Научный руководитель: д-р биол. наук Маркова Ю. А.

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.44

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ОСТРОВА ОЛЬХОН

А. А. Будак

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
sunny.budak01@mail.ru

The soil cover of Olkhon Island (Lake Baikal) and some of its physico-chemical properties have been studied.

Одним из первых исследователей о. Ольхон посетил Густав Радде в 1855 г. с целью изучения энтомологии и ботаники и косвенно геологии. По результатам его путешествия выпущена книга «Путешествия по Амуру и Восточной Сибири». Также упоминания о почвенном покрове есть в работах В. А. Кузьмина, В. Т. Колесниченко, И. В. Николаева.

Целью данной работы является изучение некоторых физико-химических свойств почв о. Ольхон.

Ольхон расположен вдоль западного побережья средней части оз. Байкал и является его самым крупным островом. Длина Ольхона составляет 73 км, а ширина – 15 км, площадь острова – 700 км^2. Район Ольхона насыщен интересными формами рельефа и проявлениями молодой тектоники. Здесь четко прослеживается значение процессов впадинообразования в становлении горного рельефа – формируются глубокие впадины (рифтовые долины), а затем вокруг них начинают расти хребты [1]. Ольхон сложен древними архейскими комплексами, обыкновенными и графитовыми кристаллическими известняками, слюдянистыми и роговообманковыми гранитами, гнейсами, кварцитами, графитовыми гранитами. Неогеновые (миоценовые) отложения развиты преимущественно вдоль западного берега на длине около 20 км. Наиболее древними считаются озерные глины предположительно позднемелово-эоценового комплексов (возраст 70–25 млн лет) [4].

Берега, в зависимости от характера прибрежного рельефа, состава горных пород, а также от разнообразия проявления природных процессов, подразделяются на абразионные (северо-западные берега Приольхонья),

абразионно-аккумулятивные (берега Малого Моря), денудационно-абразионные (северная оконечность о. Ольхон), структурно-денудационные (западный и южный берега о. Ольхон, берега Приольхонья), аккумулятивные (дельта рр. Бугульдейка, Сарма) типы берегов. В районе Среднего Кедрового мыса располагается сложный комплекс сбросов эскарпов, рвов, трещин растяжения и крупных обвалов объемом в миллионы кубических метров [3]. При оттаивании многолетних мерзлых пород образуются сплывы и оползни грунтов, наиболее ярко выражены на северо-западном побережье острова. Активно протекают эоловые процессы в оголенных песках побережья озера, формируя дюны, гряды и котловины выдувания. Скорость дефляции оголенных песков у пос. Хужир достигает 70–90 мм/год [4].

Климат острова резкоконтинентальный с малоснежной зимой и сухим солнечным летом, со значительными амплитудами температур в течение дня. Ветер на Ольхоне дует практически всегда, при этом преобладают ветры северо-западного направления [1]. Условно Ольхон можно разделить на две части: лесную и степную. Леса состоят в основном из светлохвойных пород деревьев, с травяным покровом, а иногда почва сплошь покрыта хрупкими кустистыми лишайниками. Уникальны небольшие участки ельников: на горе Жима и в истоках ручья Харанцы. Они считаются реликтовыми, сохранившимися со времен ледникового времени. Степные сообщества Ольхона включают в себя самое большое в Иркутской области количество редких, эндемичных растений, многие из которых включены в Красные книги России и Иркутской области [2].

Под вторичными сосново-лиственничными и осиново-берёзовыми лесами развиваются дерново-подзолистые почвы. Обрывистые склоны, почти лишённые почвенного покрова, представлены литосолями и дерновыми степными почвами. Под сухими степями каштановые и каштановидные почвы. Засолённые почвы Ольхона относятся в основном к серым лесным, чёрнозёмам текстурно-карбонатным солонцеватым, солонцам тёмным гидрометаморфизированным и солончакам, сформированным вокруг солёных озёр. Самым крупным солёным озером на острове является Шара-Нур, расположенное в горной части на высоте 750 м над у. м.

Полевые исследования проведены в 2020–2021 гг. В ходе работ были отобраны образцы, пробоподготовка и аналитические работы проведены в Институте географии СО РАН.

В ходе проведенных исследований было выявлено 12 типов почв. По нашим данным на острове встречаются такие почвы, как подбуры, серые, тёмногумусовые, серогумусовые, подзолы, литоземы, псаммозем, каштановая и др. Некоторые данные по описанию свойства почв представлены в таблице.

Таблица

Некоторые физико-химические свойства верхних горизонтов почв о. Ольхон

Тип почвы	pH	Сорг, %	Гранулометрический состав, %					
			Кр. песок (1–0,25)	М. песок (1–0,25)	Кр. пыль (0,05–0,01)	Ср. пыль (0,01–0,005)	М. пыль (0,005–0,001)	Ил (<0,001)
Тёмно-серая	6,49	8,10	31,68	25,80	22,40	4,80	5,32	10,00
Подзол	5,48	2,70	34,70	51,38	5,08	0,60	4,24	4,00
Литозем	6,20	1,90	14,40	66,08	9,64	1,88	2,80	5,20
Каштановая	6,45	2,00	9,00	69,04	11,92	0,12	7,92	2,00

Большинство исследуемых почв легкого гранулометрического состава, исключение – тёмно-серая и тёмногумусовая. Реакция среды от 5,5 до 7, что является наиболее приемлемым для растений. Щелочные значения pH зафиксированы в каштановых и засоленных почвах (до 8,5). Общее содержание органического вещества почв о. Ольхон невысокое, что связано с засушливым климатом и небольшим количеством атмосферных осадков.

Вывод. В ходе проведенных исследований – анализа литературных данных, полевых исследований изучены некоторые физико-химические свойства почв о. Ольхон.

Список литературы

1. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н. С. Беркин [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1993. 303 с.

2. Галазий Г. И. Байкал в вопросах и ответах. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1987. 384 с.

3. Иметхенов А. Б., Долхонова Э. З., Елбаскин П. Н. Ольхон – край родной. Улан-Удэ : Из-во Бурят. гос. ун-та, 1997. 352 с.

4. Лисакова О. Г. Антропогенная трансформация геоморфологических процессов Ольхонского региона // Геоморфология. 2008. № 2. С. 32–37.

Научный руководитель: канд. геогр. наук Знаменская Т. И.

УДК 631.47

ЦИФРОВОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗИМИНСКОГО РАЙОНА (НА ПРИМЕРЕ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА)

М. А. Волошенко

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
mikhaiv@list.ru

The article describes the methods of digital mapping used in practice on the example of the selected site.

Публикации первых работ, которые можно условно отнести к цифровой почвенной картографии, относятся к 1980-м гг. В 1990 г. формировалось направление «педометрика» как ветвь почвоведения, занимающаяся применением математических и статических методов для изучения распределения и генезиса почв. По определению, которое дали в 2007 г. Филип Лагашери и Алекс Макбритни: «Цифровая почвенная картография – это создание и компьютерное производство почвенных пространственных информационных систем за счет использования полевых и лабораторных методов наблюдений в совокупности с системами логического вывода для пространственных и не пространственных почвенных данных». Таким образом, цифровая почвенная картография – это одновременно создание цифровых почвенных карт, т. е. научная работа, и их воспроизводство.

При цифровом почвенном картографировании конкретные фактические знание находятся в почвенной пространственной информационной системе. Система названа пространственной потому, что она содержит координаты и ландшафтные характеристики. Она является почвенной, так как содержит данные о почвах и факторах почвообразования. Цифровое почвенное картографирование базируется на современных технических средствах измерения первичной полевой информации (GPS, полевые сканеры, лаборатория и др), использование информации о переменных факторах среды (цифровые модели рельефа, данные дистанционного зондирования, геологические карты и др.), её унифицированное хранение и обработку методами пространственного анализа (ГИС, геостатистика, математические и статистические модели).

В настоящее время лишь данные о геологическом строении территории и четвертичных отложений не могут быть массово получены непосредственно в цифровом виде. Для этого фактора почвообразования (почвообразующие породы) единственным путём внесения информации в БД ГИС остаётся оцифровка традиционно составленных бумажных карт [1].

Объектом исследования являются почвы Зиминского района. Цель исследования заключается в изучении почвенного покрова и составления цифровой почвенной карты ключевого участка.

Ключевой участок представлен окрестностями г. Саянск Зиминского района. На западе протекает р. Ока почвы степные, аллювиальные, суглинистые на кембрийских отложениях. Восточнее после поймы простирается Лено-Ангарское плато с абсолютными высотами от 500 до 700 м и относительными от 100 до 150 ме. В районе коренными являются светлохвойные сосновые и лиственнично-сосновые разнотравно-брусничные леса. Климат резко континентальный, годовое количество осадков от 400 до 500 мм. В группе почв степных и лесостепных ландшафтов выделяются серые и дерново-подзолистые. Серые почвы формируются в условиях относительно хорошего увлажнения и при достаточно высокой сумме активных температур под пологом травянистых лесов – мелколистных с примесью хвойных пород. Таёжные ландшафты представлены дерново-подзолистыми почвами в сочетании с дерновым лесным и серыми лесными. По днищам падей в долинах небольших рек располагаются аллювиальные почвы [2].

Полевые исследования проведены в 2020–2021 гг. В ходе работ были изучены дерново-подзолистые, серые и аллювиальные почвы. Отобраны образцы и проведены аналитические работы. Оцифрована топографическая карта, проанализирована пластика рельефа, тип и характер растительности. Изучена литература по методам цифрового картографирования. По полученным геоморфологическим данным составлена почвенная карта. Почвенная карта построена на кроссплатформенной геоинформационной системе QGIS.

Основой для построения почвенной карты была взята оцифрованная топографическая карта с наложенным слоем горизонталей. По ней можно судить о распространении выделов, характеризующихся повторяющимся типом растительности и формой рельефа. Для более точного построения почвенных ареалов заменой топографической основы послужили спутниковые снимки, которые отражают современных характер растительности, формы водоёмов, распространения антропогенной и сельскохозяйственной освоенности территории. Так же учитывается распространение материнских пород, влияющих на морфологические свойства почвы.

Вывод. В ходе проведенных исследований была проанализирована литература, описывающая, растительность, геологическое, геоморфологическое строение, климатические особенности региона. Изучена литература по методам создания цифровых почвенных карт. На основе собранной информации в программе QGIS была создана почвенная карта на основе слоёв: оцифрованного топографического, спутниковых снимков, плотности растительности, распространения материнских пород.

Список литературы

1. Иркутская область (природные условия административных районов) / Н. С. Беркин [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1993. С. 175–178.
2. Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования : сб. ст. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2012. С. 9–35.

Научный руководитель: канд. геогр. наук Знаменская Т. И.

УДК 631.4

ПОДХОДЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ)

Ю. А. Гадалина, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
gadalinajulll@gmail.com

There is a tense ecological situation on the territory of the Baikal district, which negatively affects the soil cover. This situation calls for immediate action to limit the negative impact on soil. The study of approaches to the assessment of the environmental sustainability of soils is therefore of great scientific and applied importance.

В современных условиях исследования почвенного покрова Прибайкалья с каждым годом все актуальнее становится проблема устойчивости почв. Она обусловлена тем, что на этой территории создается весьма напряженная экологическая ситуация, которая требует принятия незамедлительных мер для сдерживания постепенно нарастающего негативного воздействия на почвенный покров. В связи с этим необходимо изучать общую теорию устойчивости почв в экосистемах, а также подходы её оценки и использовать полученные результаты в практике устойчивого развития территорий, рационального землепользования и сохранения природной среды.

Практическая значимость представленной работы заключается в анализе информации и применении полученных данных для оценки степени экологической устойчивости почв некоторых ландшафтов Прибайкалья. Проанализированы концепция и различные подходы, и методы проведения комплексной оценки устойчивости почв, что позволяет проводить более адекватную оценку устойчивости почв Прибайкалья. Обьектами исследования послужили почвы основных типов экосистем Прибайкалья на примере почв пос. Листвянка и ландшафтов Тункинской долины (некоторых её котловин).

При исследовании почв Прибайкалья были использованы общепринятые в почвоведении современные и классические методы: сравнительно-географическим методом были определены зональность и вертикальная

поясность почв Прибайкалья, почвенно-морфологическим методом были исследованы строение почвенных профилей, экосистемным методом выявлена связь между всеми компонентами биогеоценоза.

В основе устойчивости природных экосистем лежат механизмы саморегулирования и самоорганизации. Выделяют три вида устойчивости экосистем [1]: структурно-статическая (свойство при возмущающих воздействиях сохранять стабильные состав и соотношение между отдельными структурными компонентами); функционально-динамическая (способность сохранять стабильное функционирование, определяемое устойчивостью и сбалансированностью звеньев биогеохимических потоков и циклов) и буферность. (способность системы сопротивляется воздействующим факторам).

Устойчивость почвенного покрова как интегральная функция ряда факторов, определяющих почвообразовательный процесс (климатических условий, пород, рельефа местности, растительного покрова и др.) определяется на основе суммарного балла перечня параметров – (содержание и качественный состав гумуса, мощность гумусового горизонта, гранулометрический и минералогический состав, емкость катионного обмена, биологическая активность почв, мощность почвенного профиля, состав и свойства почвообразующей породы, уровень грунтовых вод, биомасса или продуктивность растительного сообщества и др.).

Были проанализированы основные свойства некоторых типов почв окрестностей пос. Листвянка и подсчитаны суммарные баллы следующих показателей, влияющих на функционирование почв: почвообразующие породы, кислотность (pH_{H2O}), гранулометрический состав, ЕКО (0–20 см), запасы гумуса в 20 см (т/га); водный режим; положение в ландшафте, крутизна склона.

Для оценки потенциальной устойчивости почв была использована следующая шкала категорий по значениям интегральных рейтинговых баллов: − очень высоко-устойчивые (36–40 баллов); высоко устойчивые (31–35); средне устойчивые (26–30); относительно устойчивые (21–25); слабо устойчивые (16–20); не устойчивые (11–15); не устойчивые деградируемые – (1–10 баллов).

Анализируя по данным критериям исследуемые типы почв, мы получили сравнительный ряд потенциальной устойчивости исследованных типов почв (рис.).

Проанализировав и оценив данные почвы, можно сделать вывод, что почвы водораздельных пространств (серые метаморфические, буроземы и серогумусовые почвы) более устойчивы к различным воздействиям, чем почвы аккумулятивных ландшафтов. Это обусловлено тем, что почвы аккумулятивных ландшафтов менее устойчивы за счет сноса и оседания там загрязняющих веществ.

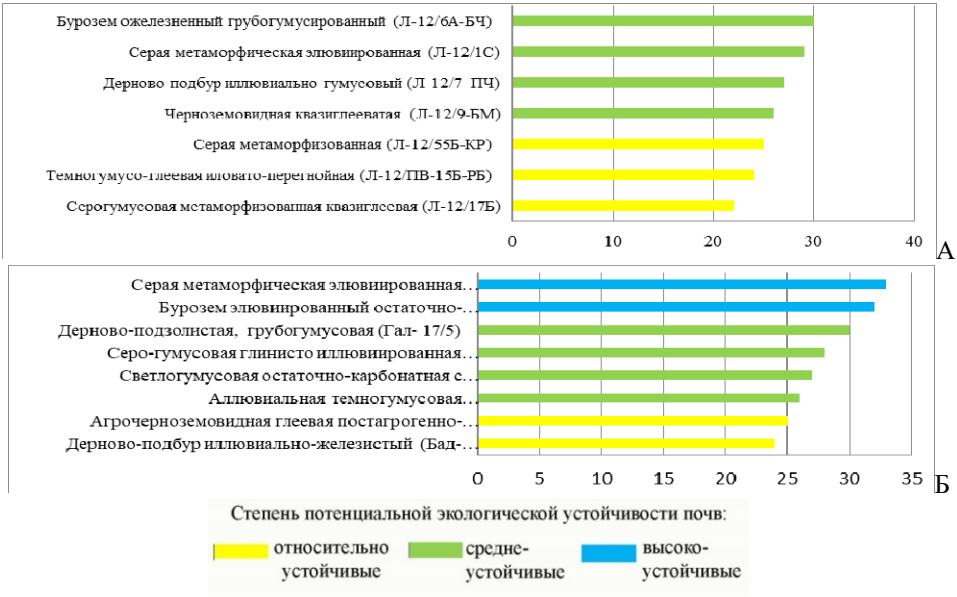


Рис. 1. Рейтинговые баллы экологической устойчивости почв пос. Листвянка (А) и Тункинской долины БРЗ (Б)

Почвы изученных территорий характеризуются достаточной экологической устойчивостью за счет относительно высокого содержания гумуса, еко, средне- и тяжелосуглинистого состава и остаточной карбонатности почв.

В целом исследуемые почвы характеризуются относительной и средней устойчивостью к загрязнению и деградации. Наибольшей экологической устойчивостью характеризуются серые метаморфические почвы, наименьшей – серогумусовые глеевые.

Список литературы

1. Фокин А. Д. Устойчивость почв и наземных экосистем: подходы к систематизации понятий и оценке // Известия ТСХА. 1995. № 2. С. 71–85.

УДК 631.4

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л. Н. Горбунова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
lyba.gorbynova2808@gmail.com

The work is devoted to the study of agroecological monitoring of agricultural lands. The soils of agricultural lands are polluted and degraded, lose their ability to reproduce fertility and resistance to destruction.

Актуальность работы вызвана тем, что в настоящее время практически повсеместно ухудшается состояние земель, используемых в целях ведения сельского хозяйства. Почвы сельскохозяйственных угодий подвергаются загрязнению и деградации, теряют способность к воспроизводству плодородия и устойчивость к разрушению.

Целью работы является знакомство с понятием агроэкологического мониторинга применительно к почвам сельскохозяйственного назначения.

На 01.01.2020 площадь земель сельскохозяйственного назначения в Иркутской области составила 2875,6 тыс. га, или 3,71 % от общей площади земельного фонда (тогда как земли лесного фонда в области занимают 69 328,8 га, или 89,48 %). Земли сельскохозяйственного назначения состоят из сельскохозяйственных и несельскохозяйственных угодий [3].

Почвы являются главным средством производства в сельском хозяйстве, их главное свойство – плодородие. В настоящее время под плодородием понимается способность почвы как компонента биосферы обеспечивать необходимые для жизнедеятельности растений факторы и условия, которые определяют питательный, водно-воздушный, температурный, окислительно-восстановительный и другие почвенные режимы [1].

Перечень показателей, характеризующих состояние плодородия почв и оперативного мониторинга по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации, определен ОСТами 10 294-2002 – 10 297-2002, также во всех природно-сельскохозяйственных зонах агрохимической службой дополнительно определяется степень подвижности фосфора и калия, валовое содержание азота, поглощенные основания – Ca, Mg, K, и Na. Для характеристики биологических свойств почв рекомендуется определять активность нитрификации, аммонификации и фиксации азота во всех природных и сельскохозяйственных зонах. Наряду с определением интегральных химических, физико-химических, физических, водно-физических и биологических показателей свойств почв по вышеупомянутым ОСТам, также комплексное проведение мониторинга также предусматривает фитосанитарное и эколого-токсикологическое обследования почв и посевов с учётом агроклиматических условий за по-

следний цикл мониторинга по данным ближайших к земельному участку метеостанций или метеопостов [2].

На фоне интенсивного использования сельскохозяйственных угодий и получения высоких урожаев происходит ухудшение почвенного плодородия, почва подвергается процессам деградации. Причинами деградации является переизбыток или недостаток минеральных и органических удобрений, загрязнение почв пестицидами и тяжелыми металлами, нерациональное использование пастбищ также приводит к деградации за счёт поедания скотом травянистой растительности до наступления фазы созревания и плодоношения, а также уплотнения корнеобитаемого слоя почв копытами животных. Распашка земель способствует интенсивной минерализации органического вещества почвы, развитию процессов ветровой и водной эрозии, что приводит к выносу питательных элементов, изменению физических показателей почв. С ухудшением агрофизических свойств ещёболее возрастает подверженность эрозии, которая может привести к полной потере гумусового горизонта. Для восстановления и поддержания в хорошем состоянии почв необходимо систематизировать причины снижения почвенного плодородия и найти пути их решения, основой для разработки рекомендаций по использованию почв являются результаты мониторинга.

Процесс мониторинга заключается в непрерывном слежении за состоянием окружающей среды с целью предупреждения ухудшения состояния по важнейшим параметрам. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения осуществляется Министерством сельского хозяйства Российской Федерации и его подведомственными федеральными государственными бюджетными учреждениями на основе методических и нормативно-технических документов. В зависимости от периодичности и срока проведения обследования делятся на: базовые (получение исходных сведений о почвах), периодические (не реже одного раза в 5 лет) и оперативные (не реже одного раза в год).

Мониторинг как метод сбора и анализа информации представляет собой процесс периодически повторяющихся исследований, дающих объективную информацию об изменениях изучаемого объекта.

Так, по результатам мониторинга за 2019 и 2020 гг., видны следующие изменения: по сравнению с 2019 г. в 2020 г. на территории Иркутской области загрязнение почв тяжелыми металлами увеличилось на 8,96 га; нефтью и нефтепродуктами уменьшилось на 0,02 га; состояние земель по водной и ветровой эрозии не изменилось – так же составляет 32,6 га; территория подтопления увеличилась на 12,1 га [3; 4].

Рациональное использование почв земель сельскохозяйственного назначения и разработка мер по их сохранению и восстановлению возможны при наличии полной информации об их состоянии. Результаты мониторинга позволяют сравнить и проанализировать данные, оценить состояние почвенного покрова и разработать рекомендации и меры по со-

хранению и восстановлению почвенного плодородия, именно поэтому необходимо периодическое проведение агроэкологического мониторинга.

Список литературы

1. Агропочвоведение / под ред. В. Д. Мухи. М. : КолосС, 2004. 528 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

2. Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10 294–2002 – ОСТ 10 297–2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2002.

3. Региональный доклад «О состоянии и использовании земель в Иркутской области за 2019 год». Иркутск : Упр. Федер. службы гос. регистрации, кадастра и картографии по Иркут. обл., 2020. 120 с. : ил.

4. Региональный доклад «О состоянии и использовании земель в Иркутской области за 2018 год». Иркутск : Упр. Федер. службы гос. регистрации, кадастра и картографии по Иркут. обл., 2019. 110 с. : ил.

Научный руководитель: старший преподаватель Киселева Н. Д.

УДК 631.4

ПОДГОТОВКАПОЧВ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ НА КРАСНОЦВЕТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИАНГАРЬЯ

М. А Иванова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Marinaivanova4865@mail.ru

Preparing the determination of clay minerals is necessary to study the formation of certain soil-forming rocks on red-colored deposits. This study consists in washing soils from carbonates and organic matter, which takes a very long period of time. In the future, the clay fraction of the soil will be taken from the processed samples.

Минералогический состав почв – это показатель валового (элементарного) химического состава почв. С помощью анализа минералогического состава можно выявить содержание глинистых минералов в почвах и грунтах. Глинистые минералы являются продуктом выветривания преимущественно алюмосиликатов и силикатов магматических и метаморфических горных пород на дневной поверхности. В процессе выветривания глинистые минералы испытывают стадийные преобразования структуры и химического состава в зависимости от изменения физико-химических условий среды выветривания и седиментации. Частицы глинистых минералов размером 0,001 мкм – это слоистые тонкодисперсные соединения силикатов алюминия, магния и отчасти железа. Они представлены преимущественно кристаллическими формами малых размеров. Глинистые минералы являются носителями физико-химической поглотительной способно-

сти. Чем сильнее она выражена, тем плодороднее почва. Кроме того, результаты анализа могут позволить выявить формирование почв на определенных почвообразующих породах. Различия или сходства пород указывают на этапы формирования почвенного профиля и генезис этих почв.

Для анализа минералогического состава почв и характеристики минеральной части почв нами были апробированы две методики: С. Н. Лесовой и Н. В. Платонова и Н. И Горбунова [1].

В процессе исследования фазового состава глинистых минералов из образцов почв и пород целесообразно выделить тонкодисперсную (илистую) фракцию. Чаще всего выделяют фракцию размером < 0,001 мм, однако это значение не является универсальным. Необходимость выделения тонких фракций обусловлена прежде всего тем, что в них аккумулируются глинистые минералы и содержится относительно небольшое количество тонкодисперсного кварца и других породообразующих минералов по сравнению с долей этих минералов в более крупныхфракциях. Тонкие фракции горных пород обычно выделяют с использованием стандартного набора сит. Выделение тонких фракций из почв – более трудоемкий процесс.

На первом этапе исследования нами была проведена подготовка почвенных образцов к анализу. Она заключалась том, что почва высушивалась, просеивалась через сито с диаметром отверстий 1 мм. Далее проводилась обработка почвы уксусной кислотой для удаления карбонатов кальция с последующей промывкой почвы от кислоты методом декантацией. Затемпробы были разделенына две части с последующей обработкой почвы перекисью водорода и дистиллированной водой. В дальнейшем запланировано выделение собственно илистой фракции и анализ на приборе.

В ходе работы были выявлены особенности химического анализа. Так, при обработке карбонатной почвы кислотой отмечалось очень бурное вскипание. Процесс занимал длительное время из-забольшого количества карбонатов. В последующем отмывание от кислоты проходило в течение недели. На краях фильтра отмечались карбонаты, несмотря на обилие используемой дистиллированной воды для промывания.

При обработке почвы перекисью водорода было бурное вскипание, что связано с обилием органических остатков в верхних гумусовых горизонтах почвы. Этот процесс так же занимал длительное время. После полного разрушения органического материала, почвы перенесены для декантации на новые фильтры, поскольку на краях фильтра по-прежнему были скопления солей (возможно остаточных карбонатов). Высушенные фильтры с почвой подготовлены для дальнейшего исследования. Затем для завершения запланированного исследования почвенные пробы с фильтра обрабатывались пирофосфатом натрия и растирались в ступке пестиком с резиновым наконечником. Растирание почвы с реактивом проводись аккуратными движениями, чтобы предотвратить разрушение минералов. И,

наконец, при помощи сифона с глубины 7 см отбиралась фракция почвы, включающая частицы диаметром 0,001 мм.

Список литературы

1. Лесовая С. Н., Платонов Н. В. Диагностика глинистых минералов в почвах и горных породах с использованием порошковой рентгенографии // Научный парк: физика, химия, материаловедение. СПб. : Изд-во С.-Петер. ун-та, 2020. С. 324–339.
2. Горбунов Н. И. Методика подготовки почв к минералогическим анализам : учеб. пособие для студентов и вузов. М. : Изд-во АН СССР, 1963. С. 1–9.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Лопатовская О. Г.

УДК 631.4

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИК ХАКАСИЯ И ТУВА, ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. С. Иванова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
ele693473115@yandex.ru

The concept of an adaptive landscape model is based on the available economic and material resources and ensures the stability of the agricultural landscape and the restoration of increased soil fertility. Conducted on the basis of the soil-ecological index, a qualitative assessment of the soils of agricultural lands of the Republic of Khakassia and Tuva, the Irkutsk region reflects the natural potential of agricultural land in points (from 1 to 100).

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что высокая и устойчивая продуктивность земледелия возможна лишь при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для нормального роста и развития растений, формирования урожая и его качества, недопущения деградации земель. Использование земли для производства продукции с учетом экономических и материальных ресурсов, обеспечивающее устойчивость агроландшафта и воспроизводство повышенного плодородия, возможно при проведении почвенно-экологической оценки почв. Она предполагает выполнение качественной оценки почв на основе расчётов почвенно-экологических индексов (ПЭИ), в которой нашло количественное отражение природного потенциала сельскохозяйственных земель в баллах (от 1 до 100), при этом максимальный 100-балльный индекс принадлежит чёрноземам типичным Краснодарского края. Почвенно-экологический индекс отражает в относительных величинах комплекс агроэкологических условий, а с использованием дополнительных коэффициентов возможно определение его изменения в зависимости от типа, свойств почв и климата [1; 2].

Целью исследования явилась сравнительная почвенно-экологическая оценка сельскохозяйственных земель в ряде регионов Восточной Сибири (Республики Хакасия и Тува, Иркутская область) при помощи почвенно-экологического индекса для планирования рационального землепользования. В задачи исследования входило: анализ условий почвообразования территорий исследования, в том числе с особенностями формирования и рационального использования почв регионов; расчёт и сравнение предварительных индексов и итогового почвенно-экологического индекса почв земель сельскохозяйственного назначения.

Расчёт почвенно-экологических индексов для земель сельскохозяйственного назначения проводили по формуле [3; 4]:

$$\underbrace{\text{ПЭИ} = 12{,}5 \cdot (2 - V) \cdot \text{П} \cdot \text{Дс}}_{\text{ПЭИп}} \cdot \underbrace{\text{А}}_{\text{ПЭИа}} \cdot \underbrace{\frac{(\sum t^\circ > 10^\circ\text{C}) \cdot (\text{Ку} - \text{Р})}{\text{Кк} + 100}}_{\text{ПЭИк}},$$

где ПЭИ – итоговый почвенно-экологический индекс.

ПЭИп = 12,5·(2 – V) · П · Дс – почвенный индекс, где 12,5 – вводят в формулу для приведения определенной совокупности условий к 100 единицам (баллам) почвенно-экологического индекса; 2 – V – средневзвешенная плотность в метровом слое почвы; П – коэффициент, позволяющий учитывать полезный объем почв различного гранулометрического состава почв; Дс – поправочные коэффициенты на дополнительно учитываемые свойства почв: гранулометрический состав, содержание гумуса, степень щебнистости, солонцеватости, водной и ветровой эрозии (дефляции), гидроморфности.

ПЭИа = А – агрохимический индекс рассчитывается как произведение коэффициентов $К_{P2O5}$, $К_{K2O}$ и $К_{pHKCl}$.

$\text{ПЭИк} = \frac{(\sum t^\circ > 10^\circ\text{C}) \cdot (\text{Ку} - \text{Р})}{\text{Кк} + 100}$ – климатический индекс: учитывает $\Sigma t > 10^\circ$C – среднегодовую сумму температур более 10°С; Ку – коэффициент увлажнения по Иванову; Р – поправку к коэффициенту увлажнения; Кк – коэффициент континентальности климата.

Результирующий ПЭИ – произведение почвенного, климатического и агрохимического показателей.

В почвенном покрове земледельческой части Иркутской области присутствуют разнообразные почвы, развитые в условиях подтаёжных, лесостепных, степных и сухостепных ландшафтов, обладающие различным уровнем потенциального и эффективного плодородия. Наибольшую площадь пашни (более 2/3) в Иркутской области составляют серые лесные и дерново-карбонатные почвы с индексом ПЭИ 20,21 и 19,75 баллов, соответственно, ПЭИ тёмно-серой лесной оказался на 8 баллов выше, чем в серой лесной (табл.).

Таблица

Значения почвенно-экологического индекса (ПЭИ) почв сельскохозяйственных земель

Название агропочвы	Значения ПЭИ почв сельскохозяйственных земель		
	Иркутская область	Республика Хакасия	Республика Тува
Дерново-подзолистая	15,13	-	-
Дерново-карбонатная	19,75	-	-
Серая лесная	20,21	-	-
Темно-серая лесная	28,36	-	-
Чёрнозем выщелоченный	38,76	30,68	-
Чёрнозем обыкновенный	31,43	24,69	16,42
Чёрнозем южный	24,32	18,51	13,20
Каштановая	8,50	9,50	6,16

Освоенные дерново-подзолистые почвы подтайги и, особенно, каштановые почвы сухой степи показали наименьшую величину ПЭИ – 15,13 и 8,5 баллов, соответственно. Максимальные баллы ПЭИ принадлежат чёрноземам, обладающих наиболее высоким уровнем плодородия и составляющих 7 % от пашни. Для сравнения: чернозёмы Краснодарского края имеют ПЭИ, приближающегося к 100 баллам [4].

Почвенный покров освоенной части Республики Хакасия представлен чёрноземами лесостепных, степных и сухостепных ландшафтов. Наибольшие значения ПЭИ наблюдается в чёрноземе выщелоченном (30,68 балла), но они, как и в других чёрноземах региона заметно ниже, по сравнению с Иркутской области. Напротив, балл бонитета каштановой почвы Хакасии оказался немного выше, чем в почве Приольхонья (Иркутская область), что связано, по-видимому, с постоянным орошением сельхозугодия.

В Республике Тува почвенный покров лишен разнообразия и ограничен, в основном, почвами степи и сухой степи. Они характеризуются самыми низким уровнем плодородия и показателями ПЭИ (16,42 – чёрнозем обыкновенный, 13,20 – чёрнозем южный, 6,16 – каштановая почва) по сравнению с почвами Иркутской области и Хакасии. Лимитирующим фактором, ограничивающим их продуктивность, выступает жесткий недостаток атмосферной влаги. Повышение плодородия почв лесостепых, степных и сухостепных ландшафтов при их освоении возможно только при условии постоянного орошения.

Список литературы

1. Карманов И. И., Булгаков Д. С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2012. 122 с.

2. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. М. : Росинформагротех, 2003. 240 с.

3. Оценка плодородия почв и почвенных комбинаций пахотных земель Красноярской лесостепи / В. В. Чупрова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 2. С. 47–55.4. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов [и др.]. М. : Агропромиздат, 1991. 304 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, доцент Козлова А. А.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

Ю. А. Игнатьева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
yulechka-ignateva-2016@mail.ru

The article describes the peculiarities of soil formation on alluvial soils, which are primarily associated with alluvial processes that differ in different elements of the floodplain. Soil processes are also listed and the special position of alluvial soils in the classification is indicated.

Цель работы заключается в изучении специфики формирования аллювиальных почв. Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1) провести обзор литературных источников, относящихся к теме исследования;

2) рассмотреть почвенные процессы, происходящие в аллювиальных почвах;

3) выявить генетические особенности почвообразования в аллювиальных почвах.

Актуальность работы связана с активным использованием данных почв в сельском хозяйстве (пашни, сенокосы, пастбища). Знание об их физических, химических, морфологических и других свойствах, дает возможность максимально правильно использовать ресурсы аллювиальных почв и получать высокие урожаи сельскохозяйственной продукции.

Аллювиальные почвы формируются на поймах рек, с этим связаны особые условия их почвообразования. Поймы являются теми частями долины, которые периодически затопляются полыми водами реки. Эти воды насыщены различными растворёнными веществами и взвешенными частицами, что обусловливает определенный химический и физический состав пойменных почв и их слоистый профиль. В зависимости от скорости паводковых вод аллювиальные наносы могут содержать в себе частицы различного размера и иметь различную мощность. Разнообразие аллювиальных почв заключается также в их различном расположении на пойме и от высоты самой поймы, что связано, в том числе с продолжительностью стояния воды на поверхности поймы, с особенностями распределения питательных веществ и др. [3]

Как упоминалось выше, аллювиальные почвы имеют особо сложное строение профиля, где осадконакопление и почвообразование идут одновременно. Это обусловливает их особое положение в системе таксономических единиц, а именно отнесением их к синлитогенному стволу. В отделе аллювиальных почв типы выделяются по особенностям верхнего органогенного (T, H) или минерального (AY, AU) горизонтов и по наличию

или отсутствию гидрогенных горизонтов (G, Q). Кроме того, молодые почвы на наносах могут быть отнесены к отделу слаборазвитых почв с верхним горизонтом W [2].

Основные почвенные процессы, формирующие профиль – аккумуляция материала разного размера (от илистых до песков и гальки, валунов) и различных веществ, в том числе, привноса гумуса, сносимого с близлежащих территорий. В зависимости от водного режима участка поймы на поверхности может идти процесс торфообразования, гумусообразования или перегнойный процесс. При близком залегании грунтовых вод или застое влаги появляются глеевый и квазиглеевый процессы. Комбинации процессов дают все многообразие типов аллювиальных почв. Всего выделяют 8 типов естественных почв и 6 типов агропочв [1; 2].

Плодородие аллювиальных почв связано с периодическим привносом различных веществ, которые пополняют запасы элементов питания, истощаемых при сельскохозяйственном использовании пойм. Стоит отметить, что не все аллювиальные почвы являются плодородными, например, песчаные почвы на прирусловых валах. Поэтому изучение почвенного покрова пойм рек и свойств почв является необходимым элементом для планирования их использования в сельском хозяйстве [1; 3].

Таким образом, особенности почвообразования аллювиальных почв в первую очередь связаны с поемными и аллювиальными процессами, которые на разных элементах поймы могут отличаться.

Список литературы

1. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт и их зональные отличия / Г. В. Добровольский [и др.] // Аридные экосистемы. 2011. Т. 17, № 3 (48). С. 5–13.

2. Классификация и диагностика почв России : учеб. пособие для студентов вузов. / Л. Л. Шишов [и др.] ; ред. Г. В. Добровольский. Смоленск : Ойкумена, 2004. 324 с.

3. Почвоведение : учеб. пособие для студентов вузов : в 2 ч. / Л. Г. Богатырев [и др.] ; ред. В. А. Ковда, Б. Г. Розанов. М. : Высш. шк., 1988. 368 с.

Научный руководитель: канд. биол. наук Куклина С. Л.

УДК 631.4

СЛЕДЫ КРИОГЕННЫХ ЯВЛЕНИЙ В ОТЛОЖЕНИЯХ ГАО «МАЛЬТА-МОСТ-3»

Н. А. Кокорин, С. Л. Куклина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kolya.dok5@gmail.com

During the research, the development of cryogenic processes on the territory of the archaeological site “Malta-Bridge-3” was studied. The physical and chemical properties of cryogenic processes such as: cryogenic crack, heaving mound, solifluction, cryogenic heaving.

Геоархеологический объект (ГАО) «Мальта-Мост-3» расположен в Усольском районе Иркутской области в 500 м в северо-западном направлении от г. Усолья-Сибирского на водораздельной поверхности между реками Белой и Мальтинкой на слабо наклонном склоне с относительными отметками 35–38 м от уреза р. Белой.

Целью данной работы является выявление и изучение некоторых свойств криогенных структур в отложениях ГАО «Мальта-Мост-3».

В ходе исследования было выполнено: морфологическое описание криогенных структур, отбор почвенных образцов, пробоподготовка, определение pH потенциометрически, содержания общего гумуса методом Тюрина, определение гранулометрического состава методом Качинского.

Археологическими раскопами на данном ГАО вскрыты большие площади отложений, что способствует выявлению различных форм и видов криогенных процессов, которые зачастую, в обычных почвенных разрезах либо вскрываются частично, либо остаются за их пределами.

Всего выявлено три разных формы проявления криогенного процесса (рис.): криогенная трещина трех генераций, пучение грунтов (в виде бугра пучения и небольших инволюций в вышележащие отложения), солифлюксий. Ниже приводится более подробное описание каждой структуры.

Криогенная трещина 3 генераций, где более молодые трещины вложены в более древнюю. Самая ранняя генерация имеет ширину 3,15 м и мощность 3 м. По краям трещины отмечаются инволюции, с левой части трещины они более крупные. Глубина заложения трещины – 60–80 см (здесь и далее от поверхности) от поверхности, начинается в горизонте С современной почвы. Вторая генерация имеет меньшие размеры: 1,3 м в ширину с мощностью в 1,6 м с глубиной заложения 46 см (горизонт ВМ современной почвы). Третья генерация имеет ширину 80 см с глубиной 1 м. Заложена сразу под горизонтом Р (агрогумусовый) с глубины 30 см. Трещина заполнена коричневато-тёмно-серыми (среднее содержание гумуса 1,62 %) и буровато-палевыми (содержание гумуса 1,04 %) фрагментами отложений, pH отложений колеблется от 6,8–7,8, по гранулометрическому составу варьирует от супеси (наиболее светлоокрашенные фрагмен-

ты) до среднего суглинка (наиболее темные фрагменты). Такие структуры повторяются на вскрытых стенках раскопа с интервалом в 7–8 м.

Криогенные структуры

Криогенная трещина 3 генераций

Солифлюксия

Бугор пучения

Мелкие криогенные пучения

Рис. Формы проявления криогенных процессов

Солифлюксия. Эта криогенная структура образовалась в результате вязкого течения оттаявших отложений по мерзлотному подстилающему слою вниз по склону. Ширина солифлюкционной толщи колеблется от 0,3 до 1,0 м и увеличивается к основанию склона. Представляет собой слоистое образование, в которое включены фрагменты нижележащих палеопочв на глубине 3–4 м. Среднее содержание гумуса в тёмноокрашенных прослоях составляет 0,82 %, в более светлых – до 0,61 % гумуса, pH – от 7,5 (в палеопочвах) до 8,1 (в окарбоначенных отложениях), по гранулометрическому составу структура сложена легкими суглинками. Солифлюксии прослеживаются в отложениях на всех стенках раскопов.

Бугор пучения. Высота бугра около 3 м, ширина у основания – около 5 м. Сформировался, возможно, за счет выпучивания верхних слоев вверх, находящихся под большим давлением между верхней границей многолетнемерзлых пород и нижней границей сезонномерзлого слоя. Вероятно, бугор имел ледяное ядро, которое с в настоящее время отсутствует, на что

указывает просевшая вершина бугра. Химические свойства данной криогенной структуры следующие: содержание гумуса в более тёмноокрашенных слоях равно 0,68 %, в других слоях составляет в среднем 0,50 %, pH около 6,3–7,7, представлен различным гранулометрическим составом – от супесей до среднего суглинка.

Мелкие криогенные пучения отмечаются на большой глубине (примерно около 5 м от поверхности) и проявляются в виде инволюций небольших размеров в вышележащие слои. Инволюции имеют светлую окраску, очень низкую гумусированность – 0,16 % и более щелочную pH, чем в других криогенных структурах – 8,4, структура сложена супесями.

Криогенные структуры содержат разные фрагменты с разными свойствами, что обусловливается затягиванием их с нижних и верхнележащих горизонтов почвы в криотурбации. Максимальное проявление криогенных процессов приурочено к отложениям позднеплейстоценового (сартанского) времени, когда на рассматриваемой территории был суровый климат последнего ледникового периода (24–10 (12) тыс. л. н.). Вторая и четвертая генерации описанной крупной криогенной трещины имеют более поздний возраст (голоценовый) и до современного (бугор пучения).

УДК 631.4

ДЕГРАДАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ДОЛИНЫ РЕКИ КУЯДА

К. В. Колотилина, Ю. В. Бережных

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Karinavladimirovna@gmail.com, juliapixell@gmail.com

In the course of our work, we digitized a soil map showing agricultural lands, as well as a map of the manifestation of erosion processes – the «Cartogram of eroded lands» of the Elite farm. The areas of eroded lands were calculated and measures to combat degradation were indicated. Groups of eroded soils included: slightly washed soils subject to water erosion; deflated – weakly-, medium-dispersed soils.

Иррациональное и бессистёмное использование почвенных ресурсов зачастую приводит к их заметному изменению и может сопровождаться деградацией. Деградация – это устойчивое ухудшение качества почвы в результате её ненадлежащего использования [1]. Как правило, она происходит на сельскохозяйственных, пастбищных, промышленных землях. Например, при распашке в результате утраты защитного для почвы растительного покрова могут усиливаться эрозионные процессы. Деградация почв может протекать по естественным причинам. Например, на крутых склонах проявляется линейная и плоскостная эрозия, а в степях распространены дефляционные процессы.

Процессы деградации влекут за собой негативные последствия, такие как: ухудшение структуры почвенных агрегатов, снижение физических свойств почвы, дегумификацию, загрязнение почвы различными токсичными химическими элементами. Всё это приводит к потере почвой плодородия (частично или полностью). В результате этого почвы становятся не пригодными для обработки и выращивания сельскохозяйственной продукции.

В современном мире влияние человека на почвы и ландшафты стало существенным. Поэтому, изучение процессов деградации почв, её видов и влияние на почвенный покров является важным основанием для исследований в почвоведении, а также своевременной и актуальной задачей.

На сельскохозяйственных землях долины р. Куяда в южной части Эхирит-Булагатского района деградации способствуют естественно-исторические условия (континентальный климат, коэффициент увлажнения более единицы, полого-увалистый рельеф, осадочные породы юрского и кембрийского возраста). В долине р. Куяда формируются дерново-подзолистые, серые лесные, дерново-карбонатные, лугово-чёрноземные, луговые, пойменные почвы, болотные. Наиболее подверженными эрозии являются серые лесные, дерново-карбонатные, чёрноземные почвы.

Необходимость изучения эрозионных процессов почв Эхирит-Булагатского района обусловлено тем, что за последние годы увеличились площади нарушенных земель в результате сельскохозяйственного освоения. Для оценки интенсивности влияния деградации необходимо было оценить степень деградированности сельскохозяйственных земель. Поэтому, целью исследования стало изучение вопросов причин деградации, последствий и методов борьбы с ней.

Для составления электронных карт: почвенной и эрозионной были использованы следующие методы: описательный, сравнительно-географический, картографический и метод ГИС-технологий.

В ходе работы была оцифрована почвенная карта, на которой представлены сельскохозяйственные земли, а также карта проявления эрозионных процессов – «Картограмма эродированности земель» хозяйства «Элита». Были рассчитаны площади эродированных земель и указаны меры борьбы с деградацией.

Группы эродированных почв включали в себя: подверженные водной эрозии слабосмытые почвы; дефлированные – слабо-, средне-развеянные почвы.

На территории хозяйства «Элита» ветровая эрозия распространена на ветроударных склонах и равнинах. Проявляется чаще всего весной и в начале лета, когда голая почва иссушена и незащищена от сильных ветров. Слаборазвеянные почвы занимают площадь 2001 га, или 9,3 % (из них 1993 га под пашней, 8 га под сенокосами и выгонами), среднеразвеянные почвы – 1607 га, или 7,4 % (вся площадь под пашней) от общей площади хозяйства. Эрозия в данном случае выражается в виде выноса почвенных частиц и питательных веществ из верхних горизонтов в пади и понижения [2].

Слабосмытые почвы располагаются на пологих и покатых склонах увалов, занимая площадь 917 га, или 4,2 % (из них 875 га под пашней, 42 га под сенокосами и выгонами) от общей площади хозяйства.

В совокупности эрозионные процессы затронули 4524 га, т. е. 21 % от всей площади территории хозяйства, на эту площадь приходится 4474 га пахотных земель, 50 га сенокосов и выгонов (рис. 1).

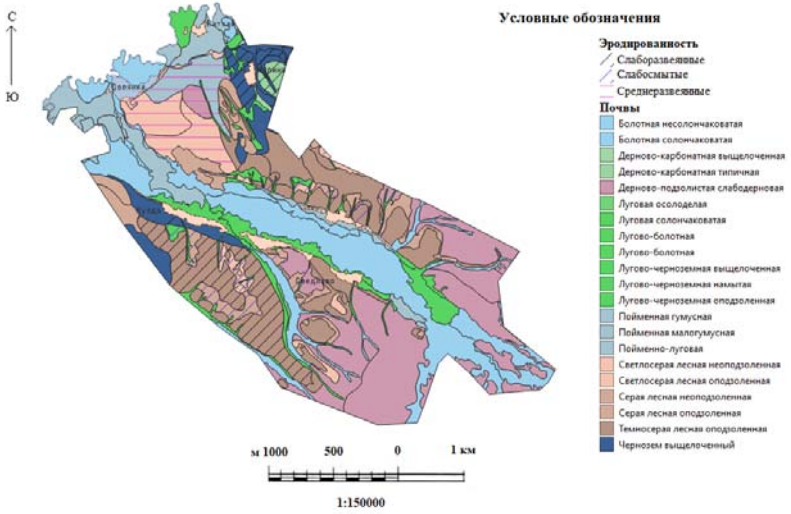


Рис. 1. Карта эрозионных процессов на сельскохозяйственных землях долины р. Куяда

Таким образом, противоэрозионные и почвозащитные мероприятия на слабо- и среднеразвеянных почвах включают в себя: чередование отвальной и безотвальной обработок, полосное размещение культур, расположение полос и посевов перпендикулярно направлению ветров, почвозащитные севообороты, снегозадержание, кулисные пары и посадка лесополос.

На слабосмытых почвах рекомендуется глубокая вспашка, вспашка и перекрестный сев поперек склона, обвалование зяби, лункование, почвозащитные севообороты, снегозадержание и регулирование выпаса скота [3].

Список литературы

1. Деградация и охрана почв / под общ. ред. Г. В. Добровольского. М. : Изд-во МГУ, 2002. 654 с.

2. Захаров Н. Г. Защита почв от эрозии : учеб.-метод. комплекс. Ульяновск : ГСХА, 2009. 235 с.

3. Кузнецов М. С., Глазунов Г. П. Эрозия и охрана почв : учеб. для вузов. 3-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2019. 387 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Лопатовская О. Г.

УДК 631.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ПОДВИЖНЫХ, ЛАБИЛЬНЫХ, ЛЕГКОРАЗЛАГАЕМЫХ ФОРМ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ КАК ПОКАЗАТЕЛЯ УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

А. Е. Куклина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
anna.kuklina.2001@mail.ru

The intensive use of arable soils in Russia, including in the territory of the Southern Predbaikalia region, has led to a decrease in the content of humus, primarily due to its mobile, labile, easily decomposable forms. The significant ecological and agronomic role of mobile, easily decomposable soil organic matter is known. However, the rate and levels of its accumulation in soils of various natural zones, the effect of the content and composition of easily decomposable organic matter on various soil properties and regimes, and the rate of transformation of the labile part of organic matter remain poorly understood.

Органическое вещество почв (ОВП) копилось в течение длительного времени в процессе гумусо- и почвообразования, поэтому содержание, состав и свойства гумуса являются наиболее характерными признаками, отражающими как особенности современного почвообразования, так и историю развития почвенного покрова. Интенсивное использование пахотных почв приводит к снижению содержания органического вещества, гумуса, и, прежде всего, его подвижных, лабильных, легкоразлагаемых форм, увеличению степени выпаханности, снижению биологической активности почв [1].

Цель работы заключалась в изучении содержания подвижного, лабильного и легкоразлагаемого органического вещества, его поведения и изменения при агро- и постагрогенной трансформации. В задачи исследования входило: изучение понятия, терминов, методов определения подвижного, лабильного и легкоразлагаемого органического вещества почв; проведение сравнительного анализа содержания подвижного, лабильного и легкоразлагаемого органического вещества для оценки степень его трансформации при агрогенном воздействии.

Одним из важнейших показателей является содержание гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте, а для культурных почв – в пахотном горизонте. С этим показателем связаны практически все свойства почвы, влияющие на её плодородие [2]. Однако для его оценки знание только содержания гумуса – недостаточно. Известна существенная экологическая и агрономическая роль подвижного, лабильного и легкоразлагаемого органического вещества почв, но ряд аспектов его состояния остаются малоизученными. Слабо изучены скорость и уровни накопления лабильного органического вещества в почвах различных природных зон, его влияние

на различные свойства и режимы почв, скорость трансформации. Снижение его количества сопровождается ухудшением водно-физических свойств почв, распылением структуры, уплотнением почвы, что ведет к резкому снижению урожаев, а затем к их стабилизации на низких уровнях [1].

Наибольшую информацию о трансформации и новообразовании гумуса при сельскохозяйственном использовании почв дает фракция подвижных гумусовых веществ, выделяемая растворами 0,1 н NaOH при pH 10,0. Эту фракцию называют подвижной, лабильной, активным гумусом, её гумусовое вещество непрочно соединено с минеральной частью почвы и содержит повышенное число азота. Оно способно сравнительно быстро трансформироваться и высвобождать азот для растений, что характеризует его как непосредственный ресурс плодородия почв. Разработаны градации содержания подвижных гумусовых веществ, характеризующих уровень плодородия и степень выпаханности агрогенных почв [5].

Одним из интегральных показателей, который характеризует функционирование почвенного органического вещества, является соотношение стабильных и лабильных форм органических соединений, получаемых при хемодеструкционном анализе гумуса: бихроматной и перманганатной окисляемости гумуса. Метод бихроматной окисляемости гумуса основан на разной устойчивости компонентов органического вещества почв и/или различных частей органических макромолекул к окислителю ($K_2Cr_2O_7$). С этой целью готовится серия растворов (обычно от 3 до 11) с одинаковой концентрацией окислителя ($K_2Cr_2O_7$), но с линейно возрастающей окисляющей способностью, которая задается разным количеством серной кислоты и описывается с помощью кислотной функции Гамметта. Чем выше окисляющая способность раствора-окислителя, тем выше химическая деструкция органического материала [4].

Для оценки лабильного пула органического вещества почвы применяется усовершенствованный перманганатный метод определения химически активного углерода. В зависимости от pH раствора, $KMnO_4$ окисляет различные вещества, восстанавливаясь до соединений марганца разной степени окисления. Данный метод позволяет выделить химически лабильную часть органического вещества почвы, что достаточно широко используют в современных естественных науках (почвоведении, экологии) [2] По соотношению легко- и трудноокисляемых перманганатом калия форм органического вещества можно рассчитать показатель C management index (CMI), который используют для оценки скорости изменений общего органического углерода в почвах сельскохозяйственных и природных систем [6].

Составной частью ОВП является легкоразлагаемое органическое вещество (ЛОВ). Оно формируется за счет растительного опада, детрита, останков почвенных животных, органических удобрений. ЛОВ является наиболее динамичной составляющей почвенного органического вещества, которое заметно влияет на многие функции почв и биосферы, питание рас-

тений и почвенных животных, формирование почвенной структуры. Скорость обновления лабильных (легкоразлагаемых) органических веществ в почвах измеряется годами и десятками лет. В разных типах почв функции ЛОВ могут иметь существенные различия, связанные с различной скоростью трансформации ЛОВ. Содержание легкоразлагаемого органического вещества в пахотном слое почв колеблется в довольно широких пределах – от 0,1 до 1,5–2 % от массы почвы. Для пахотных почв количество его практически не зависит от генетического типа почвы, а определяется характером использования пашни. Содержание легкоразлагаемого органического вещества в почвах характеризуется отчетливо выраженной сезонной динамикой, связанной с процессами его разложения, наиболее проявляющимися в первой половине вегетации и с процессами накопления корневой массы. Содержание ЛОВ < 0,1 % от массы признано критическим. Существует необходимость разработки рекомендаций по оптимизации ЛОВ для различных типов почв, и, прежде всего, освоенных [1].

Список литературы

1. Борисов Б. А. Ганжара Н. Ф. Легкоразлагаемое органическое вещество почв зонального ряда европейской части России // Сборник докладов Международной научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения В. Р. Вильямса и 100-летию со дня рождения И. С. Кауричева. М. : Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. С. 3–10.

2. Гамкало З. Г., Бедерничек Т. Ю. Лабильное органическое вещество почвы как индикатор её экологического качества в разных условиях землепользования // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 10. С. 193–200.

3. Лабильное органическое вещество почвы: номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции / В. Г. Мамонтов [и др.] // Известия ТСХА. 2000. Вып. 4. С. 93–108.

4. Попов А. И., Цыпленков В. П. Патент РФ № 4921349 (004478) // Способ определения форм гумуса: [приоритет от 11.01.91, действует с 1994 г.]. Л. : ЛГУ,1994. С. 34–36.

5. Шпедт А. А. Оценка и оптимизация органического вещества почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2013. 230 с.

6. Blair G. J., Lefroy R.D.B., Lisle L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural system // Aust. J. Agric. Res. 1995. N 46. P. 1459–1466.

Научный руководитель: д-р биол. наук, доцент Козлова А. А.

УДК.631.4

ГУМУС ПОЧВЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ, ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ СВОЙСТВ (НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА)

А. Д. Ливанова, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nlivanova935@gmail.com

The research opens up the possibility of identification and analysis of humification processes at the molecular level, allows determining the biogeochemical role of humic substances (HS), the conditions of their formation, complexation with metal ions, and also creates the basis for fundamental improvement of diagnostics of the humus regime in natural ecosystems and the development of methods for monitoring of natural biosphere resources.

Хотя история изучения гуминовых веществ (ГВ) насчитывает уже более двух столетий, и условия формирования и многие их функции (сельскохозяйственная, экономическая, экологическая и т. д.) достаточно хорошо изучены как в России, так и а рубежом, но до сих пор нет единого представления о механизмах образования и принципах строения ГВ, отсутствуют стандартные подходы изучения этого исключительно сложного и важного класса соединений.

Почвенное органическое вещество (ПОВ) – сложный комплекс индивидуальных и специфических (гуминовых веществ и меланинов) соединений, а также продуктов их взаимодействия между собой и с минеральной частью почвы. Индивидуальные органические соединения (ИОС) присутствуют в почве в свободном виде или в составе более сложных веществ биогенного происхождения, но не входят в состав гуминовых веществ (ГВ). Исследование закономерностей в молекулярной структуре ГВ является – одной из центральных задач современного почвоведения и молекулярной экологии. В последнее время преобладает концепция об исключительной рандомизованности (нерегулярности и неоднородности) структурного строения ГВ вследствие большого разнообразия условий их формирования и методов их выделения. ГВ сегодня рассматриваются не как однозначные химические структуры (как, например, белки или нуклеиновые кислоты), а преимущественно – как ансамбль полидисперсных компонентов с собственными физико-химическими свойствами, которые позволяют объяснить те или иные природные функции ГВ. Уровень содержания органического вещества в конкретной почве зависит от сочетания количества и качества растительных остатков, гидротермических условий, рельефа местности, минералогический и гранулометрического состава, химических и биологических свойств почвы, наличия нарушающих воздействий, ведущих к потере органического углерода [1].

С современными результатами о способности почвы к насыщению органическим углеродом хорошо согласуется вывод И. В. Тюрина (1937) о том, что “при постоянном поступления и разложении – накопление органического вещества в почвах имеет предел, выше которого накопление невозможно”. Наиболее важным фактором стабилизации органического углерода (ОУ) в почвах является его ассоциация с минералами. Причем окклюзия легких фракций углерода в агрегатах также способствует стабильности ОУ в подпочвах.

Гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК), выделенные из различных источников, являются полидисперсными смесями органических гетерополимеров, и для анализа их структурных особенностей необходимы современные методы фракционирования, т. е. разделения на индивидуальные вещества или группы соединений со сходными физико-химическими свойствами. К тому же такие свойства ГК как их амфифильность (наличие гидрофобной и гидрофильной частей в структуре) и способность к комплексообразованию способствуют образованию агрегатов и межмолекулярных комплексов, что не позволяет выделить индивидуальные ГВ. Тем более, в природе нет чёткой границы между гумусовыми и негумусовыми веществами (белками, углеводами и т. п.), в силу существования между ними ковалентных, электростатических, водородных и других типов связей. Поэтому важной задачей сегодня становится разработка новых нестандартных подходов фракционирования ГВ с обеспечением отделения ГВ от сопутствующих им веществ.

Для анализа структуры ПОВ сегодня рекомендуется применять преимущественно неразрушающие методы: высокотемпературное каталитическое сжигание на автоматических анализаторах общего органического углерода TOC-L CPN Shimadzu, АН-7529; двухстадийный пиролиз с газовой хроматографией и масс-детекцией бумажную хроматографию, спектрофотометрическое исследование гумусовых кислот; электрофорез в полиакриламидном геле и высокожидкостную хроматографию для дополнения и уточнения результатов аминокислоного анализа, полученного при помощи автоматического анализатора; гель-хроматографию, Инфракрасную (ИК) спектроскопию, метод ядерного магнитного резонанса (^{13}С-ЯМР-спектроскопии как твердо-, так и жидкофазной).

Оценка гумусного состояния почв проводится на основе предложенных Л. А. Гришиной и Д. С. Орловым показателей, характеризующих содержание и распределение по профилю гумуса, его качественный состав, запасы, обогащенность азотом, тип гумуса, степень гумификации ПОВ и др. на основе применения в РФ модифицированного определения содержания общего углерода (гумуса) в почве по методу И. В. Тюрина, где сейчас рекомендуется использовать коэффициент 1,15 на полноту окисления ПОВ дихроматом калия в отличие от метода Уолкли-Блека (США и др. страны), где применяется коэффициент – 1.3.

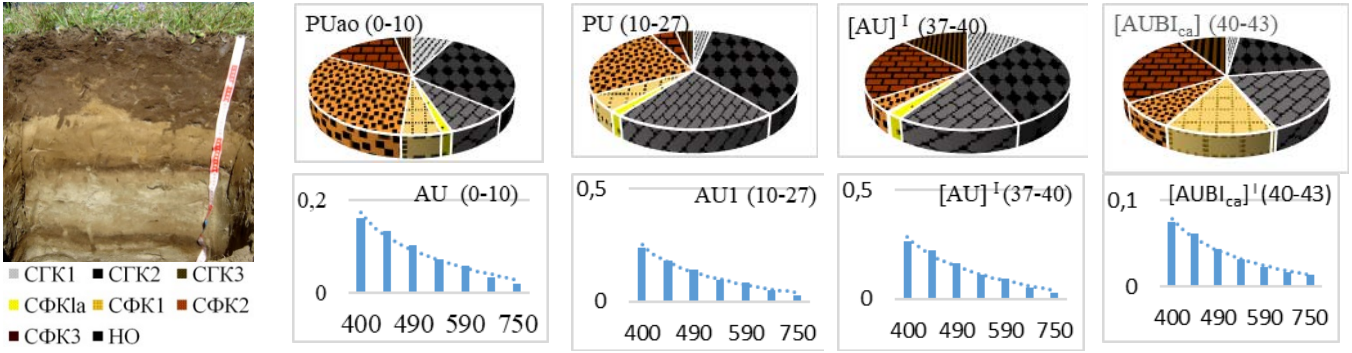


Рис. Показатели фракционного состава гумуса и оптической плотности гуминовых кислот (ГК) агрочёрнозема глинисто-иллювиального Тункинской котловины БРЗ (Арш-09/9)

Для всестороннего изучения эволюции и изменения климата на основе изучения органического вещества сегодня создаются так называемые «Карбоновые полигоны» – территории с уникальными экосистемами для разработки, испытания и адаптации технологий контроля и дистанционного учета углеродного баланса, методик измерения выбросов и поглощения парниковых газов и разработки подходов сохранения крупнейшего резервуара почвенного органического углерода за счет усиления его секвестрации (перевода атмосферного $C\text{-}CO_2$ в органическое вещество наземных экосистем и долговременное его сохранение).

Почвы долинной части Тункинской котловины Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) представлены преимущественно чёрноземами, чёрноземовидными и аллювиальными серо- и тёмно-гумусовыми почвами. В понижениях формируются глееземы, торфяно-глееземы и перегнотёмногумусовые глеватые почвы. Процессы омергеления почв богатыми карбонатами грунтовыми водами способствует формированию плодородных высокогумусных почв. Анализ групп и фракций гумуса почв со сложным разновозрастным профилем разного генезиса с наложением на него современных син-/пост- литогенных почвообразовательных процессов, помогает восстановить условия почвообразования в разное время. Так, например, сравнительный анализ фракционного состава и оптической плотности гуминовых кислот современных и погребенных горизонтов агрочёрнозема глинисто-иллювиального (Арш-09/9) (см. рис.) позволяет установить, что данная территория прошла стадию лесного почвообразования в холодный бореальный период. Затем в голоценовый оптимум лесные формации были вытеснены степным типом почвообразования с формированием почв чёрноземного типа, чему способствовало распространение покровных карбонатных суглинистых отложений. В настоящее время анализ ПОВ позволяет констатировать начало процесса деградации гумуса в сторону лесного типа.

Список литературы

Семенов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М. : ГЕОС, 2015. 233 с.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ (НА ПРИМЕРЕ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ)

Е. А. Орхокова, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Albertovna.yevgeniya@mail.ru

The soils of Baikal Siberia, inheriting the properties of soil-forming rocks, reflect a wide variety of geological rocks and a complex geological history of the region's development. Soil-forming rocks determine the features of genesis, properties, fertility, stability, mosaic, complexity and contrast of the soil cover.

Почвообразующие породы через прямое и косвенное влияние на элементарные процессы почвообразования, обусловливают формирование многих важнейших свойств почв: гранулометрический, химический и минералогический составы, физико-химические и физико-механические свойства, водоудерживающую и фильтрационную способность, водно-воздушный, тепловой и пищевой режимы и др., определяя в итоге плодородие, степень потенциальной экологической устойчивости почв, возможности и условия их использования, восстановления и проведения мелиораций. Наше исследование направлено на изучение влияния различных пород Байкальской Сибири на генезис и свойства формирующихся на них почв.

Сложная геологическая история региона обусловливает огромное богатство и разнообразие геологических пород Байкальской Сибири. По характеру генезиса выделяют магматические, осадочные и метаморфические типы горных пород. Почвы на кислых магматических породах на ранних стадиях выветривания отличаются рыхлостью, гравийным характером исходного материала. В условиях выветривания в гумидном климате они легко теряют щёлочноземельные элементы, вследствие чего почвы на таких субстратах очень бедные и малоплодородные. Продукты выветривания основных магматических пород приобретают довольно глинистый характер, сохраняют щелочную и нейтральную реакцию, отличаются повышенным содержанием гумуса и глинистых минералов. Кроме кислых и основных пород нередко встречаются средние интрузивные магматические породы группы диорита и их эффузивные аналоги – андезиты. Почвы на этих породах приобретают черты, сходные с почвами, приуроченными к кислым или основным породам. Значительно реже распространены ультраосновные породы: перидотиты, пироксениты и пикриты, у которых содержание SiO_2 самое низкое.

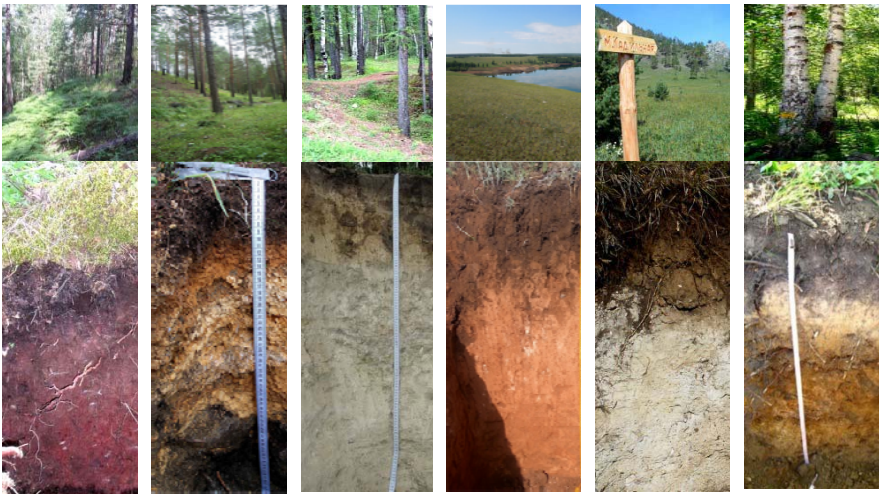
Метаморфические породы – переходные между массивно-кристаллическими и осадочными породами распространены в Прибайкалье. Древние осадочные породы при погружении, высоком давлении и

температурах метаморфизируются, образуя гнейсы, серпентиниты, мрамор, кварциты, глинистые сланцы. Гнейсы по своему составу особенно близки к гранитам. Почвы, формирующиеся на таких породах, приобретают сходные черты с почвами собственно кислых магматических пород.

Осадочные горные породы образуются на земной поверхности и вблизи неё в условиях относительно низких температур и давлений в результате преобразования морских и континентальных осадков. По типу генезиса их подразделяют на три группы: обломочные; глинистые хемогенного и биохемогенного генезиса и органогенные породы. Между основными группами осадочных пород наблюдаются взаимные переходы, возникающие в результате смешения материалов разного генезиса. Характерной особенностью осадочных горных пород, связанной с условиями образования, является их слоистость и залегание в виде более или менее правильных пластов.

Почвы, формирующиеся на карбонатных породах, достаточно распространенных в Прибайкалье, существенно отличаются друг от друга в зависимости от плотности и состава пород, биоклиматической обстановки и времени почвообразования. Однако они всегда менее выщелочны по сравнению с почвами, развитыми на бескарбонатных породах в аналогичной биоклиматической обстановке, в них слабее проявляются и медленнее развиваются такие процессы, как оподзоливание, глее-элювиальный процесс, лёссивирование. Они характеризуются увеличением pH раствора и степени насыщенности основаниями сверху вниз по профилю. Их верхние горизонты относительно обогащены по сравнению с нижними Fe и Al, в меньшей степени – Si. Также в почвах на карбонатных породах создаются условия для накопления перегноя и гумуса. Богатство материнских пород кальцием и магнием обусловливает формирование хорошо выраженного зернистого гумусового горизонта, характеризующегося накоплением гумуса до 15 % и большим количеством гуминовых кислот в его составе, высокой степенью насыщенности основаниями при значительной величине емкости катионного обмена.

На рисунке представлены некоторые исследованные нами типы почв, сформировавшихся на различных геологических породах и продуктах их выветривания Байкальской Сибири: на вулканических шлаках, солевых травертинах и лессовидных покровных карбонатных суглинках Тункинской долины, на красноцветных кембрийских алевролитах Лено-Ангарсого плато, на древних строматолитовых матах мыса Кадильный Прибайкалья, на третичных глинистых отложениях окрестностей г. Иркутска. Встречаются здесь и почвы, сформированные на делюво-элювии протерозойских сланцев Приольхонья и архейских гранитов Восточного Саяна, на графитизированных известняках Тункинских Альп, на юрских песчаниках Иркутско-Черемховской долины и др.



1 2 3 4 5 6

Рис. Почвы Байкальской Сибири, сформированные на разных почвообразующих породах: **1** – Литозём перегнойный иллювиально–железистый на элювии вулканических шлаков г. Черского (Хара-Болдог), Тункинская котловина (Арш-10/3); **2** – Литозем серогумусовый остаточно-карбонатный на травертинах, пос. Аршан (Арш-12/1); **3** – Темно–серая метаморфическая на лессовидных суглинках, Тункинские Альпы (Арш-11/1); **4** – Чёрнозем глинисто-иллювиированный дисперсно-карбонатный на кембрийских алевролитах, пос. Балаганск (БАЛ-14/4); **5 –** Карболитозем тёмногумусовый на строматолитах, мыс Кадильный, оз. Байкал (Кад-13/1ст); **6** – Дерново-подзолистая иллювиально-железистая на третичных глинистых корах выветривания, Иркутск (ИркТ-2011/5)

Выступая в роли косного компонента почвы, почвообразующие породы при всем их разнообразии в Байкальской Сибири определяют исходно разно-компонентный минеральный субстрат для почвообразования. Дальнейшее влияние почвообразующей породы на преобразование почв во времени снижается под комплексным воздействием климата, биологических факторов и рельефа, но проявляется в неоднородности, сложности и контрастности, мозаичности структур почвенного покрова, которые функционально связанны с его базисом – почвообразующей породой.

УДК 631.4

РОЛЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

А. В. Радченко

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
alena.radchenko.2001@mail.ru

Soil formation is a complex process that goes under the influence of natural and anthropogenic factors. Natural factors are represented by time, climate, rocks, terrain, plants and animals. The anthropogenic factor is the economic activity of people. All this greatly affects the forming and already formed soils. How the influence of factors affects the soil cover will be presented in the scientific work on the example of the soils of the Irkutsk region.

Почвообразование – это достаточно сложный физико-химический, химический и биологический процесс, проходящий под влиянием природных и антропогенных факторов. Природными факторами являются почвообразующие породы, климат, рельеф, время, флора и фауна. Антропогенный фактор долгое время не ставили на один уровень с природными, но постепенно с ростом промышленной и хозяйственной деятельностью человека увеличилось влияние техногенной нагрузки на почву, следовательно, фактор приобрёл статус глобального [3].

Материнская порода образуется путём выветривания коренных пород и является определяющей для физических и физико-химических свойств почвы: водный и тепловой режимы, скорость передвижения веществ в почве, гранулометрический, минералогический и химический состав, содержание элементов питания для растений. Почва наследует от материнской породы до 90 % своего состава и свойств [4].

Климат – это совокупность погодных условий на данной территории. Влияние климата на почвы очень многообразно и разнонаправленно. Климатические условия могут влиять как прямо – на водно-воздушный, тепловой, биохимический режимы почвы, так и косвенно по средством влияния на другие компоненты биосферы, такие как рельеф, гидросфера, атмосфера, растительность и животный мир. Сам климат оказывает свое влияние благодаря трем основным метеорологическим элементам: температура, осадки и ветер. Из-за изменения этих показателей в зависимости от широты местности образуются биоклиматические пояса, характеризующиеся определёнными почвами [2].

Рельеф – это совокупность всех неровностей планеты. Главная функция рельефа в почвообразовании является косвенной и заключается в перераспределении тепла, влаги и растворённых в ней веществ, а также твердого материала. Независимо от формы и дифференциации рельефа, его роль в перераспределении тепла представляется в виде разной степени прогретости склонов различающийся экспозиции, а также в виде верти-

кальной зональности в горах. Неравномерное распределение осадков зависит от незначительных колебаний высот, например, в котловинах, западинах всегда скапливается больше влаги, чем в положительных формах рельефа, нередко в условиях обильных осадков такие места заболачиваются [1].

Флора и фауна – это созависимый фактор почвообразования. Он и влияет на почву, и одновременно зависит от неё, от климата, от горной породы, образующей субстрат, на котором развиваются растения и животные, от рельефа. Почва является средой обитания растений, животных, грибов и микроорганизмов. Они же в свою очередь преобразуют её в течение своего существования [2].

Время – это самый уникальный фактор, влияющий не только на почвы в отдельности, но и на другие факторы почвообразования в целом. Время показывает общий результат взаимодействия всех остальных факторов почвообразования, оно определяет эволюцию почв. Все процессы, проходящие в почве, происходят во времени, формируя циклы почвообразования [1].

Антропогенный фактор почвообразования схож с природными характером и последствиями влияния, но отличается природой своего воздействия. Так, человек по средствам своей деятельности изменяет почву как прямо через механическое преобразование покрова, так и косвенно через изменение самих факторов почвообразования [3].

Почвенное разнообразие на территории Иркутской области сформировалось благодаря специфичным условиям, которыми являются: большая протяженность области с севера на юг; разнообразный рельеф, представленный как равнинами и впадинами, так и горными хребтами и грядами; резко континентальный климат с неравномерным выпадением осадков по территории области; растительность преимущественно лесного таёжного типа с лугово-кустарниковыми и болотными ассоциациями, а также встречающейся местами степью; сложное геологическое строение; большое влияние вечной мерзлоты. Так, на севере области преобладают торфяно-перегнойные и дерново-подзолистые почвы, достаточно холодные и мало- или среднемощные, на равнинной местности в сухом и холодном климате. В центральной части уже доминируют подзолистые, дерново-подзолистые и дерново-карбонатные почвы, расположившиеся на различных элементах рельефа в условиях оптимального увлажнения. В гористых районах располагаются почвы горной тайги, где увлажнение избыточно, влияние мерзлоты велико, а сами почвы грубообломочные и мало плодородные. Это могут быть подбуры, подзолы, подзолистые и дерново-подзолистые, органо-щебнистые, торфяно-глеевые и их подтипы. В южных районах области кроме вышеперечисленных почв также можно встретить серые лесные (включая тёмно- и светло-серые лесные), различные чёрноземы, луговые на выровненных поверхностях при оптимальном количестве осадков и степные почвы при недостаточном увлажнении.

Влияние хозяйственной деятельности человека увеличивается от севера к югу области, где большее количество плодородных почв распахано или используется под пастбища, где лесные массивы и почвы под ними ощущают нагрузку лесной промышленности, а также почти вся территория области, занятая химической, горнодобывающей промышленностью, металлургией и топливной энергетикой, чувствует их губительное влияние, в том числе и на почвенный покров.

Список литературы

1. Белицина Г. Д. Почвоведение : учеб. для ун-тов : в 2 ч. / под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М.: Высш. шк., 1988. Ч. 1 : Почва и почвообразование / Г. Д. Белицина [и др.]. 400 с. : ил.

2. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Почвоведение : учеб. для вузов. М. : ИКЦ «МарТ» ; Ростов н/Д : Издат. центр «МарТ», 2004. 496 с. (Учебный курс).

3. Евтефеев Ю. В., Казанцев Г. М. Основы агрономии : учеб. пособие. М. : ФОРУМ, 2013. 368 с. : ил. (Высшее образование).

4. Околелова А. А., Желтобрюхов В. Ф., Егорова Г. С. Экологическое почвоведение и законы экологии : учеб. пособие / ВГАУ-ВолгГТУ. Волгоград, 2017. 216 с.

Научный руководитель: ст. преподаватель Киселёва Н. Д.

УДК 631.4

КАРБОНАТНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ

А. М. Савостьянова, Н. Д. Киселева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Sasha_Savostyanova@mail.ru

This paper considers carbonates in soil, their sources, forms and factors influencing their formation. The reflection of carbonates in different soil classifications (USSR classification, Russian classification, WRB classification) is considered. Examples of different profiles of chernozems of the Baikal region are given, and I observed how carbonates are distributed in the soil depending on the conditions of soil formation.

Карбонатность является одной из важнейших характеристик почвы. Вынос карбонатов, или декарбонизация почв и кор выветривания, представляет собой глобальное экологическое и геохимическое явление, достигающее на земном шаре огромных размеров. Масштаб проявление процесса зависит от большого количества факторов, оказывающих влияние на процесс почвообразования [1].

Карбонатность – содержание в почве или почвообразующей породе карбоната кальция ($CaCO_3$). В почву могут поступать двумя путями: формирование карбонатов в почве за счет материнской породы или осаждения из растворов и поступление извне. По классификации С. А. Захарова вы-

деляют следующие формы карбонатов: выпоты, налет, жилки, пропитка, белоглазка, журавчики и дутики.

Формированию карбонатных новообразований способствуют следующие факторы: чередование сухого влажного сезонов, наличие теплого сухого сезона, преобладание испаряемости над количеством осадков, чередование нисходящего и восходящего тока почвенных растворов, нейтральные или слабощелочные условия среды, травянистая растительность, зрелость ландшафта [1].

В Классификации СССР 1997 г. [4] описываются такие типы почв, содержащие карбонаты, как дерново-карбонатные, чёрноземы, каштановые, лугово-каштановые, луговые почвы Незначительное содержание карбонатов в своем профиле так же имеют бурые полупустынные, лугово-бурые полупустынные, серо-бурые пустынные, такыровидные пустынные, песчаные пустынные почвы, сероземы, луговые почвы полупустынь и пустынь. Данные типы подразделяются на подтипы, роды по различным характеристикам. В Классификации 2004 [3] выделяется два отдела, почвы которых содержат карбонаты: аккумулятивно-гумусовые почвы и аккумулятивно-карбонатные малогумусовые почвы. Первый отдел включает чёрнозем и чёрнозем текстурно-карбонатный. Второй включает: каштановые и бурые почвы. Классификация WRB [5] выделяет два горизонта со вторичным накоплением карбонатов calcic и petrocalcic. Свойство protocalcic – новообразования вторичных карбонатов, осаждённых из почвенных растворов. Материал calcaric с эквивалентом карбоната кальция ≥ 2 %, унаследованным от материнской породы. Содержание карбонатов представлено в 4 РПГ: chernozems, kastanozems, calcisols.

Территория западного побережья оз. Байкал (Приольхонье), левый берег р. Белой и островные лесостепи Верхнего Приангарья, межгорные котловины Селенгинского среднегорья являются зонами распространения карбонатных почв. Климат здесь – резко континентальный. Сумма осадков в среднем составляет 300 мм в год, основная часть осадков выпадает в летний период. Но в Приольхонье отмечается низкое атмосферное увлажнение. В общем, на всех территориях преобладают жаркие и сухие условия, что говорит о непромывном типе водного режима почв. Отмечается сильное охлаждение, глубокое промерзание почв в зимний период и длительное сохранение отрицательных температур. Это определяет криоаридный тип почвообразования. Приольхонье представлено породами позднего архея. Долины Верхнего Приангарья сложены кембрийскими карбонатными породами. Селенгинское Среднегорье лежит на элювий-делювий плотных породах. Ландшафт территории Верхнего Приангарья представлен чередованием хвойно-мелколиственных лесов, остепненных лугов и степей. Территорию Приольхонья составляют горные степи и остепненные ксерофитные леса. Ландшафтное разнообразие Селенгинского района представлено сухими степями, остепненными лугами, лесостепями и тайгой [2].

В этих регионах рассмотрены чёрноземы сегрегационные (AUyu-ABnc-BCAnc-BCca,nc-C), чёрноземы глинисто-иллювиальные (AU-BIyu-BCAic-Cca,ic), чёрноземы мицелярно-карбонатные (AUlc,yu-BImc-BCAmc-Cca,nc). Аккумулятивно-карбонатные горизонты почв Прибайкалья и Селенгинского района имеют волнистую резкую границу, которая совпадает с уровнем вскипания от HCl. Глубина залегания находится в промежутке от 50–100 см. Наименьшая глубина залегания отмечается в почвах Селенгинского среднегорья. А в Приольхонье глубина залегания меньше, чем в почвах Верхнего Приангарья, за счёт большей аридности климата. В среднем мощность горизонта аккумуляции карбонатов равна 50 см. Почвы Приольхонья и Верхнего Приангарья неглубокоокарбоначные. В Селенгинском района высокоокарбоначенные. Содержание карбонатов в почвах всех районов около 20 % – почвы карбонатные, среднемощные. Сложение фрагментарно-плотное. Верхний пик содержания карбонатов, связанный с их выщелачиванием и последующей аккумуляцией в ходе современного педогенеза, обычно максимален. Наибольшие содержания карбонатов отмечаются в верхних частях профилей разновозрастных почв, формирующихся в условиях близкого залегания карбонатных почвообразующих пород. Карбонатные профили почв Селенгинского среднегорья и Прибайкалья характеризуются внутрипрофильными максимума $CaCO_3$, что связанно с перераспределением карбонатов на разных этапах почвообразования. Аккумуляции вторичных карбонатов почв Прибайкалья локализуются в пределах аккумулятивно-карбонатных горизонтов и в пределах корневой растительности. В почвах Селенгинского среднегорья аккумуляции вторичных карбонатов происходит аккумулятивно-карбонатных горизонтах почв. Наиболее распространенные формы карбонатов в почвах Байкальского региона: пропиточные формы, белоглазка, гипокутаны, ризолиты, игольчатый кальцит, кутаны [2].

Карбонатное состояние почв – это совокупность всех проявлений карбонатного вещества в почве. Профили рассмотренных почв Байкальского региона содержат в себе достаточное количество карбонатов, которые накапливались в основном за счёт привноса карбонатсодержащих пород с продуктами выветривания. В целом по критериям оценки карбонатности почв, почвенные профили имеют схожие значения. Но есть некоторые различия, за счет различий условий их формирования.

Список литературы

1. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Карбонатность почв: генетические и экологические аспекты //. Ростов-на-Дону : Грунтознавство. 2005. Т. 6, № 1–2.

2. Голубцов В. А., Черкашина А. А., Бронникова М. А. Карбонатные новообразования в степных и лесостепных почвах Байкальского региона: генезис, условия и хронология формирования / отв. ред. Ю. В. Рыжов; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т географии им В. Б. Сочавы. Новосибирск: СО РАН, 2021. 222 с.

3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

4. Классификация и диагностика почв СССР. М. : Колос, 1977.
5. Мировая реферативная база почвенных ресурсов 2014. Международная система почвенной классификации для диагностики почв и создания легенд почвенных карт. ECFS, МГУ им. М. В. Ломоносова. М., 2017. 203 с.
6. Хохлова О. С. Карбонатное состояние степных почв как индикатор и память их пространственно – временной изменчивости : автореф. дис. … д-ра геогр. наук : 25.00.23. М., 2008.

УДК 631.4

ПОЧВЫ ОКРЕСНОСТЕЙ Г. ИРКУТСКА И ОЦЕНКА ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Т. А. Савчук, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
tatyanka.savchuk.2000@mail.ru

A comparative analysis of the ecological state of soil and plant formations prevailing in grass-green-moss forests of pine and larch-pine forests was carried out using the example of the outskirts of the city of Irkutsk.

Экологический мониторинг – необходимая процедура, позволяющая выявлять различные нарушения в землепользовании по принятым нормативам или отслеживать долгосрочные тенденции изменения природных систем под влиянием естественных факторов, загрязнения и других видов антропогенного воздействия на территории.

Оценка окрестностей г. Иркутска проводилась на основе анализа полевых материалов обследования экологического состояния лесных массивов и их почв с использованием материалов дистанционного зондирования. Непосредственными объектами изучения послужили лесные почвы различных территорий г. Иркутска и его окрестностей: микрорайонов «Академгородок», «Топкинский», «Ерши», предместья «Глазково» (Кайская роща), территории Ботанического сада ИГУ. Изучаемые ландшафты относятся к подзоне южной светлохвойной тайги. Главными лесообразующими породами массивов являются сосна, лиственница, береза, тополь. В Иркутском районе доминирующими почвообразующими породами считаются юрские песчаники, пески, суглинки. В окрестностях м-на «Топкнский» и небольшими участками – на Кайской горе – на автоморфных природораздельных позициях почвы формируются на третичных глинистых отложениях. В районе Академгородка, Ботанического сада ИГУ и Кайской горы – юрские порода перекрыты маломощным покровом-лессовидных карбонатных суглинков плейстоценового возраста, местами частично отмытых от карбонатов.

Дерново-подзолистые почвы окрестностей «Академгородка» развиваются на юрских песчаниках и супесчано-суглинистых отложениях под злаково-осоково-разнотравными сосново-березовыми лесами. Показатель pH их вниз по профилю – слабокислый (5,37–5,25). Содержание углерода – среднее в дерновых и гумусовых горизонтах (2,94 %), внизу профиля присутствуют угольные прослойки с содержанием углерода – 2,67. В окрестностях мкр. «Топкинский» дерново-подзолистые почвы сформировались на третичных глинах. На Кайской горе дерново-подзолистые почвы и серые почвы «Кайской горы» формируются под пологом осоково-злаково-разнотравных парковых сосновых лесных экосистем. На склонах юго-западных экспозиций формируются серые (рис.) и тёмно-серые почвы в нижней их части. Они отличаются менее кислой реакцией профиля (6,15–5,85 pH_{H2O}), достаточно высоким содержанием углерода в гумусовых и дерновых горизонтах (до 7 %), средним содержанием обменных катионов, текстурной дифференциацией глины, отмытостью покровных средних суглинков) от карбонатов. Темно-серые почвы часто проградуированы.

Для исследования экологического состояния в последнее время все чаще применяют анализ материалов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Большая часть спутниковых данных ДЗЗ поступает сразу в цифровом виде, что позволяет напрямую применять современные вычислительные технологии для их обработки, позволяет усваивать и реализовывать спутниковую информацию с использованием автоматизированных систем обработки данных [1]. Полученные данные дистанционного зондирования решают такие задачи как: контроль динамики атмосферных явлений, оценка состояния почв и растительности, обнаружение крупных или постоянных выбросов промышленных предприятий и т. д.

Загрязнение почв и лесных массивов в Иркутском районе связано с выбросами ТЭЦ, котелен, ИрКАЗа, транспорта, некоторых химических предприятий. Лесные сообщества и зелёные насаждения играют важную роль в снижении загрязнения воздуха, оптимизации условий окружающей среды и положительно влияют на микроклимат местности.

В настоящее время для оценки экологического состояния растительности активно используются вегетативные индексы, рассчитываемые в результате работы с различными спектральными диапазонами (каналами) программ дистанционного зондирования, основанные на измерении плотности растительного покрова и содержания хлорофилла на любой стадии роста растений путём анализа света, отраженного от почвы. Оценка состояния почвенного покрова проводится косвенно – через дешифрирование лесных ареалов и их оценку.

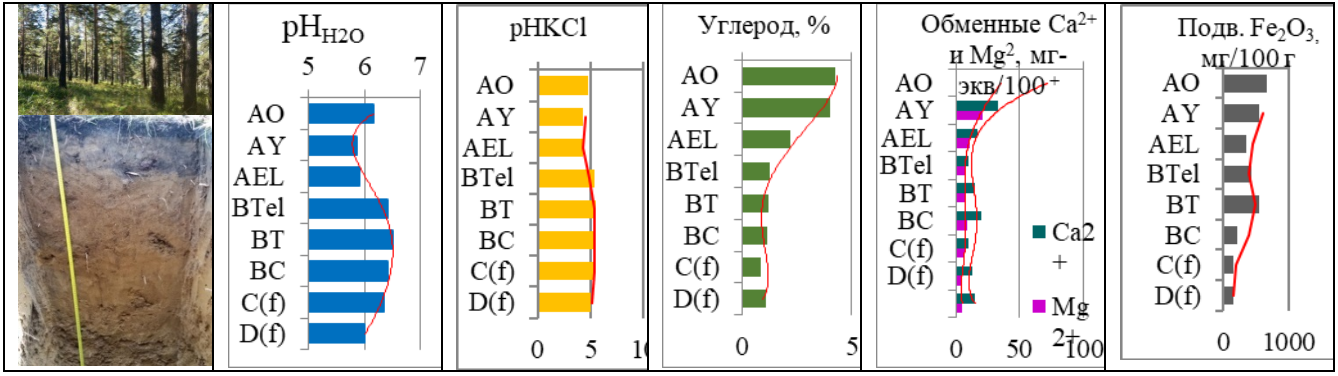
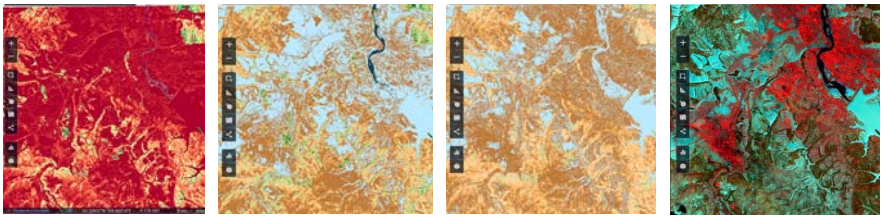


Рис. Физико-химические свойства серой почвы на лессовидных покровных суглинках, подстилаемых юрскими песчаниками (Ирк-20/1, Кайская гора, г. Иркутск)

В рамках исследования был проведен анализ экологического состояния экосистем на основе полевых обследований и материалов ДЗЗ определенного времени года и анализа оценочных вегетационных индексов экологического состояния территорий разных почвенно-растительных формаций окрестностей г. Иркутска. Индекс NDVI (рис. 2) показал высокую плотность и относительно хорошее экологическое состояние лесных ценозов г. Иркутска. Использование индекса ARVI (минимизирует влияние атмосферы), позволило выделить территории с высокой концентрацией атмосферных аэрозолей (пыли, дыма, загрязнения воздуха), приходящиеся в основном на центр города. Индекс SAVI характеризует исследуемую территорию почвенного покрова как сильно нарушенную. Индекс SIPI по соотношению общей массы каротиноидов и хлорофилла, сводя к минимуму влияние структуры кроны, позволил оценить территории со здоровой растительностью (в диапазоне от 0,8 до 1,8). Вегетационный индекс «Agriculture» выявил достаточную антропогенную преобразованность территорий окрестностей г. Иркутска, наличие залежных и старопахотных земель, хорошую залесенность и относительно слабую подверженность почвенного покрова эрозийным процессам.



NDVI (B8A-B04) /(B8A+B04) | ARVI (B08-(B04–1*(B02-B04)) | SAVI (1.5*(B8A-B04)/(B8A+B04+0.5) | Agriculture (B11, B8A, B02)

Рис. 2. Тематические карты вегетационных индексов и биофизических параметров окрестностей г. Иркутск Иркутской области (март)

В окрестностях г. Иркутска ареалы вегетационных индексов биогеоценозов с очень высокой степенью антропогенного влияния резко выделяются цветовыми оттенками в центральных районах города и более слабыми – в его окрестностях. Проведенный анализ выявил большую антропогенную нагрузку и преобразованность почв г. Иркутска, высокую урбанизированность территорий города и загрязненность центральных районов города, и высокую степень распаханности почв долин рек – притоков Ангары (Иркута, Каи, Ушаковки).

Список литературы

1. Сутырина Е. Н. Дистанционное зондирование Земли: учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. 165 с.

УДК 553.77

СОЛЁНЫЙ ИСТОЧНИК ИЗ СКВАЖИНЫ В УСТЬЕ РУЧЬЯ СЫРОЙ КУК-ЮРТ (ПОС. БОЛЬШОЙ ЛУГ, ШЕЛЕХОВСКИЙ РАЙОН, ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. А. Сомов

МБОУ ДО ШР «Центр творчества», г. Шелехов, Россия

In the Shelekhovsky district (the mouth of the Syroy Kuk-Yurt stream) there is a well from which a salty spring flows. This source belongs to sodium chloride and has 24 elements in its composition (except for HCL, Ca and Mg predominate (from 36017.2 and 22276 to 332.9 and 3278.4 units).

Правительство России обращает наше внимание на важность водных ресурсов [1–3]. Ситуация в мире также требует повышенного внимания. Особое значение имеют минеральные источники [3]. Присутствие минеральных и прочих источников означает ряд моментов: наличие полезных ископаемых или особенности геологического строения пластов.

В данном случае мы исследовали солёный источник низовий ручья Сырой Кук-Юрт (рис. 1). Источник известен, но не используется. По обзору информации мы установили, что в отчётах геологических практик и реестрах солёный источник вполне известен, а кое-где даётся и более подробная характеристика [4]. По общему составу жидкость в скважине близка к «усольскому типу».

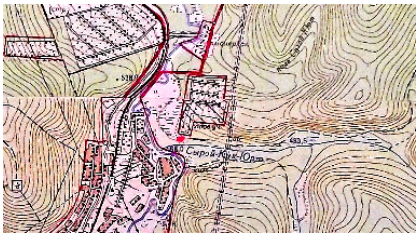


Рис. 1. Месторасположение ручья Сырой Кук-Юрт

Методика работы. Произведено описание непосредственного участка скважины – откуда выходит данный источник. Создан паспорт родника. Пробы жидкости обработаны в Институте географии СО РАН (отдел неорганической химии).

Характеристика объекта

Река Большая Олха. Гидрографические данные нижнего течения [5–7]: ширина долины составляет 100 м, расстояние между подошвами склонов – 300 м, долина принадлежит к трапецеидальному типу, высота, примерно 100 м, уклон правого берега составляет 7°, уклон левого склона – 16°. Модуль водного стока (в районе с. Олха) составляет 5,46 л/с·км^2. Скорее, это связано с маловодностью низовий реки в настоящее время. Преобладают почвы дерново-подзолистые, серые, лесные. Коренные породы

создают условия формирования перегнойно-карбонатных почв с большим количеством извести.

Ручей Сырой Кук-Юрт относится к бассейну р. Большая Олха. Это правый последний водоносный приток реки, перед её впадением в р. Иркут (Ангарский бассейн (Ангаро-Байкальский бассейновый округ)). Далее, на север, вдоль Олхи идёт маловодный район с сухими долинами и логами. Местоположение: в низовье ручья, в 250 м от впадения Сырого Кук-Юрт в р. Большая Олха. Длина русла от перевала к верховью р. Кая – примерно 6 км, длина основного русла – 11 км. Площадь водосбора – около 70 тыс. км^2. Почвы (особенно в юго-восточных верховьях) имеют тёмно-розовый оттенок (горизонты В). Встречаются куски окаменевших деревьев и окаменевшей глины.

Рис. 2. Фото скважины

Скважина расположена на юго-западе СНТ «Колхозный строитель». Источник от скважины имеет дебит 0,00125 л/с. Труба скважины возвышается над почвой на 35–38 см и находится под урезом прируслового вала ручья (рис. 2). Глубина пробуренной скважины – около 300 м. Жидкость в трубе насыщена пузырьками газа (не исследовали, возможно – метан). Истекает с востока на запад.

Растительное окружение. Участок объекта, со стороны склона, окружен сосновым сухим бруснично-майниковым бором. Со стороны реки – ельником-беломошником, с подлеском из берёзы и ивы. Травянистая растительность имеет три типа: болотно-луговой, луговой и сухостепной. Едва отступаешь в лес – эти типы растительных биотопов резко исчезают. Проникновение луговой флоры идёт с берега р. Олхи, а степной – со склонов ручья и реки. Из ветров, преобладает западный, со стороны открытого пространства.

Описание состава (табл 1–2). Жидкость источника не годна для бытового применения, так как имеет большие примеси таких металлов, как молибден, барий, марганец. В составе присутствует такой радиоактивный элемент, как стронций (Sr).

1) вещества, представленные максимально много (4): (от 36 017,2 и 22 276 – до 332,9 и 3278,4 ед.)[5] – натрий (Na), хлор (Cl), кальций (Ca), магний (Mg) (соответственно, мы и имеем поваренную соль и известняковые осадки, идущие с подстилающих известняковых плит);

2) относительно много с точки зрения примесей[4] (4): (от 19,147 и до 1,447 и 3,033 ед.) – молибден (Mo), барий (Ba), калий (K), марганец (Mn);

3) в малых количествах (4): медь (Cu), серебро (Ag), ванадий (V), стронций (Sr);

Таблица 1

Анализ проб жидкости (1 часть)

Пробы	Mo	Mn	Ba	Ca	Al	K	Mg	Pb	Ni	Cu	Be	V	Na	Cr	Fe
№ 1	3,033	1,447	19,147	3278,390	<0,01	150,132	332,862	<0,001	<0,001	1,317	<0,0001	0,002	22096,66	<0,001	<0,05
№ 2	2,261	1,500	19,527	3409,013	<0,01	156,473	344,816	<0,001	<0,001	0,045	<0,0001	0,007	22173,14	<0,001	<0,05
№ 3	3,471	1,484	21,687	3648,904	<0,01	170,195	349,195	<0,001	<0,001	0,089	<0,0001	0,007	22276,38	<0,001	<0,05
№ 4	2,657	1,825	21,583	3688,383	<0,01	173,389	346,793	<0,001	<0,001	0,079	<0,0001	0,011	22316,06	<0,001	3,092
№ 5	0,025	0,041	0,041	58,660	<0,01	1,656	26,302	<0,001	<0,001	0,006	<0,0001	0,012	7,888	<0,001	<0,05

Таблица 2

Анализ проб жидкости (2 часть)

Пробы	Sr	Ti	Co	Cd	As	Ag	Cl	SO_4	Zn
№ 1	0,706	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,005	0,078	36017,2	<10	<0,005
№ 2	0,726	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,005	0,074	34528,3	<10	0,069
№ 3	0,737	<0,001	0,246	<0,0001	<0,005	0,105	32401,3	<10	<0,005
№ 4	0,762	<0,001	0,027	<0,0001	<0,005	0,136	34763,2	<10	0,045
№ 5	0,085	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,005	<0,005	100,8403	<10	<0,005

4) В незначительно малых количествах (11): сульфат (SO_4), свинец (Pl), хром (Cr), железо (Fe), цинк (Zn), кадмий (Cd), кобальт (Co), алюминий (Al), титан (Ti), никель (Ni) и некоторые вещества из переходных групп (As, Be).

Степень распространения и оседания состава с источника – пока не выяснена.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2019 году» ». М. : Минприроды России : НИА Природа, 2019. 290 с. URL: (https://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/gosudarstvennyy _doklad_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_vodnykh_resursov_rossiyskoy_federatsii_v_2018_god/ (дата обращения: 18.02.2021).

2. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». М.: Минприроды России; НИА Природа. 2019. 494 с. URL: https://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ispolzovanii _mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/gosudarstvennyy_doklad_o_sostyanii_i_ispol zovanii_mineralno_syrevykh_resursov_rossiyskoy_federatsii/ (дата обращения: 18.02.2021).

3. Зеленская Я. И., Шишелова Т. И. Водные ресурсы Иркутской области / НИИГТУ. С. 3. URL: http://expeducation.ru/ru/article/view?id = 5906

4. Рыбаков В. Г., Хоботова И. И. Объяснительная записка к геологической карте. Изд. 2-е. М. ; СПб., 1999, Ангарская серия (лист № -48-XXXIII) / М-во. природ. ресурсов РФ, комитет природ. ресурсов по Иркут. обл., ГФУГП «ИркутскГеология»). Государственная геологическая карта РФ (масштаб 1:200 000). URL: http://www.geokniga.org/sites/geokniga/files/ map-comments/n-48-xxxiii-irkutsk-gosudarstvennaya-geologicheskaya-karta-rossiyskoy-federaci.pdf

5. Комплексная географическая практика на Байкале : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Вост.-Сиб. гос. академии образования, 2011. С. 17 URL: http://libed.ru/metodihceskie-posobie/1145887–2-ministerstvo-obrazovaniya-nauki-rossiyskoy-federacii-vostochno-sibirskaya-gosudarstvennaya-akademiya-obrazovaniya-kom.php

6. Балакина М. В. Отчёт по экспедиционной практике ИГТ «Гидрологические наблюдения за рекой Олха» / Гидрометеорологический техникум. Иркутск, 2007.

7. Отчёт по экспедиционной практике ИГТ «Водные ресурсы и гидрологическое описание реки Большая Олха» / Гидрометеорологический техникум. Иркутск, 2007

УДК 631.421

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИАНГАРЬЯ

Ю. С. Тупицына[1], О. В. Шергина[2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
yulya56138@mail.ru
[2]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
sherolga80@mail.ru

A study of CO_2 and O_2 emission from soils of urban forests in the Angara region was carried out. It is shown that industrial pollution and recreational load have a significant impact on the gas exchange between soil and atmospheric air. A conclusion on the necessity of preserving the natural soils of urban forests as unique ecological systems is made.

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме увеличения в атмосфере концентрации антропогенных парниковых газов, среди которых углекислый газ занимает первое место [1]. Обмен газами между почвенным воздухом и атмосферным называется газообменом (воздухообменом) почвы. Известно, что на городских территориях почвы являются важным источником газообмена, его масштабы весьма значительны [2]. Изучение почв городов как своеобразных экологических систем остается актуальной проблемой современной науки. В настоящее время естественно сохранившиеся лесные почвы городских лесов получают статус особоохраняемых, что свидетельствует о признании их важности [3].

На урбанизированных территориях Приангарья (города Усолье-Сибирское, Шелехов) не проводились ранее исследования уникальных естественно сохранившихся лесных территорий, образующих «зелёный пояс». В настоящее время признается, что леса региона испытывают сильный пресс негативных факторов, основные из которых нелегальные рубки, высокая рекреационная нагрузка, техногенное загрязнение [4]. Полевой этап работ был выполнен в 2021 г. (июль – август – сентябрь). При изучении эмиссии CO_2 в полевых условиях на поверхность почвы устанавливались закрытые камеры объемом 5 дм^3. Измерения проводились непосредственно в верхнем слое почвы без лесной подстилки и в слое, залегающем на глубине 5–10 см. В камеры устанавливались датчики для оценки эмиссии CO_2–O_2, влажности, температуры. Результаты измерений передавались на переносной компьютер, а в дальнейшем, в лабораторных условиях, проводилась статистическая обработка результатов исследований. На каждой ПП буром отбирались свежие образцы почв квадратно-конвертным способом из верхних гумусовых горизонтов (0–5 см; 5–15 см)

Большую роль в балансе углерода лесных экосистем играет эмиссионный поток CO_2, связанный с минерализацией лесной подстилки и органического вещества почв [5]. По нашему мнению, действие городской среды на дыхание почвы, может быть связано как напрямую с атмосферным

загрязнением, так и опосредовано через изменение растительного покрова. Об интенсивности процесса минерализации органического вещества в городских почвах свидетельствуют результаты изучения эмиссии углекислого газа и кислорода из верхних гумусовых горизонтов почв. Проведенные анализы свидетельствуют, что в целом эмиссия CO_2 из лесных почв городских территорий в 1,5–2,5 раза превышает значения для почв фоновых территорий. При этом интенсивность почвенного дыхания с поверхности горизонта А1 (0–5 см), находящегося непосредственно под сосновой (сосново-березовой) подстилкой, в среднем составляет 1,35±0,54 г/м^2·ч, тогда как на глубине 5–10 см этого же горизонта – резко снижается до 0,74±0,18 г/м^2·ч. Для менее гумусированных горизонтов А2 значения эмиссии CO_2 лежат в диапазоне значений 0,34–0,62 г/м^2×ч. Из нижележащих органо-минеральных горизонтов А2В (10–20 см) эмиссионный поток CO_2 может резко увеличиваться до значений 1,87±0,71 г/м^2·ч. Такое усиление эмиссии CO_2 в горизонте А2В обусловлено физико-химическим преобразованием бикарбонатов кальция, при котором наблюдается интенсивное выделение CO_2. В ходе лабораторных исследований, установлено, что повышение бикарбонатов кальция в органическом веществе почв на 10–15 %, приводит к усилению эмиссии CO_2 в 1,5–2,5 раза. Поэтому, в условиях рекреационной нагрузки, когда наблюдается уничтожение лесной подстилки и нарушение органического вещества, незакрепленные гумусовыми кислотами бикарбонаты, могут приводить к значительному поступлению эмиссии CO_2 в атмосферный воздух и изменять баланс углерода в лесной экосистеме. Установлено, что другими предопределяющими показателями эмиссии CO_2 из почв в условиях рекреации служат полевая влажность, плотность сложения горизонтов, кислотность среды и наличие антропогенных включений. Между этими показателями и эмиссией CO_2 установлены корреляционные связи высокого уровня достоверности (r = 0,64–0,89). В естественных ненарушенных почвах повышение эмиссии CO_2 происходит при увеличении общего углерода, пористости и аэрации [6]. Однако, для верхних горизонтов обследованных нами почв обнаруживается довольно высокий уровень не положительной, а отрицательной корреляционной связи (r = – 0,86) между содержанием Сорг., и эмиссией CO_2. Также установлена обратная связь ($r \geq -0,89$) между эмиссией CO_2 и такими параметрами, как пористость почв и аэрация.

Изучение интенсивности эмиссии O_2 из лесных почв городских территорий, показало, что её значения в 11–1,5 раза ниже в сравнении с фоновыми. С поверхности горизонта А1 (0–5 см) эмиссия O_2 составила 0,24±0,04 г/м^2·ч, на глубине 5–10 см – 0,15±0,02 г/м^2·ч. Обнаружено, что среди всех изученных почв, светло-серые лесные, подверженные высокой рекреационной нагрузке, выделялись несколько пониженным содержанием кислорода в почвенном воздухе, что, по-видимому, связано с нарушением водно-физических свойств и более интенсивным биологическим окислением органического вещества.

В ходе исследований были зарегистрированы достоверные прямые корреляционные связи высокого уровня значимости ($r = 0{,}67–0{,}82$, $p = 0{,}05$, $n = 34$) между эмиссией CO_2 и накоплением ТМ в гумусовых горизонтах городских почв. Статистический анализ показал, что интенсивность почвенного дыхания зависит от содержания цинка, кадмия и меди в гумусовых горизонтах. Во всех случаях зависимости являются прямыми, что говорит о том, что увеличение концентрации подвижных форм тяжелых металлов, то есть тех, которые могут вступать в обменные реакции между почвой и живыми организмами, ведет к повышению интенсивности эмиссии углекислого газа. Поскольку соотношение C/N свидетельствует об интенсивности процесса гумификации, то установленные взаимосвязи между этим показателем и содержанием ТМ, могут указывать на нарушение трансформации органического вещества почв и снижение обогащения гумуса азотом в условиях промышленного загрязнения почв. Показано, что поступающие на поверхность почвы ТМ и другие токсиканты, например, диоксид серы, способны изменять морфологический облик лесных почв городских территорий. По нашему мнению, изменение морфологического облика в первую очередь происходит в результате замедления процесса деструкции органического вещества лесной подстилки, нарушения вертикального перераспределения гумусовых соединений в почвенном профиле, наличия процесса оглеения в минеральных горизонтах, разрушения строения почвенных агрегатов, присутствия техногенных включений в составе горизонтов.

В целом полученные результаты указывают, что аэротехногенное загрязнение и рекреационная нагрузка оказывают значительное, сопоставимое между собой, негативное влияние на нарушение состава органического вещества, газообмена CO_2–O_2, что в конечном итоге приводит к изменению их поддерживающих функций в условиях городской среды.

Исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Иркутской области (проект № 20-44-380016).

Список литературы

1. Агаркова М. Г., Целищева Л. К., Строганова М. Н. Морфологические особенности городских почв и их систематика // Вестник МГУ. Серия Почвоведение. 1991. № 2. С. 11–16.

2. Добровольский Т. В., Никитин Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. М. : Наука, 1990. 261 с.

3. Беднова О. В., Кузнецов В. А. Экологические индикаторы устойчивого развития мегаполиса // Лесной вестник. 2010. Т. 75, № 7. С. 20–24.

4. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2018 году». Иркутск : Мегапринт, 2019. 307 с.

5. Степанова А. Л. Образование и поглощение парниковых газов в почвах // Почвы в биосфере и жизни человека. М. : Изд-во ВПО МГУЛ, 2012. С. 118–134.

6. Шергина О. В. Лесные почвы фоновых территорий // Известия Иркутского университета. Серия Науки о Земле. 2013. Т. 6, № 1. С. 223–237.

УДК 631.4

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

А. Д. Уткина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
alina.utkina12@gmail.com

Based on the analytical data on the functioning of soddy-brown-podzolic soils, we studied the description of the parameters of descriptive statistics (mean, error of the mean, box-plot) and statistical methods (regression and correlation analysis). Relationships between the biological (productivity of phytocenoses and biological activity) properties of soils and their ecological properties (heat, moisture, humus content and mobile nitrogen) have been established.

Математизация почвоведения интенсивно идет последние 30–40 лет, что, несомненно, является естественным результатом развития, с одной стороны, самого почвоведения, а с другой – математики и вычислительной техники [1]. Современная статистика в почвоведении – это быстро развивающаяся область прикладной статистики с большим набором методов, моделей для анализа, обработки и представления пространственной информации. В настоящее время статистические методы активно используются при изучении структуры почвенного покрова, пространственной организации почвы и её трансформации во времени, закономерностей пространственного варьирования агроэкологического качества почв, их химического состава и гидрофизических параметров, микроклиматических и микробиологических особенностей, уровня загрязнения и устойчивости к деградации и загрязнению [4].

Вопрос о варьировании почвенных свойств в пространстве занимает особое место в почвоведении и экологии и вызывает бурные дискуссии. Участок можно назвать однородным, если он покрыт почвой, относящейся к одному и тому же типу, подтипу, роду, виду и разновидности почв, свойства которой одинаково статистически распределены, а также их показатели не зависят от пространственных координат [3]. Если эти условия не соблюдаются, участок будет неоднородным. Пространственная неоднородность почвенных свойств и условий среды является основой эко- и биоразнообразия, является фундаментальной необходимостью образования структуры и осуществления почвой её функций на каждом иерархическом уровне [5].

Целью исследования стало изучение различных статистических методов (от простых к сложным) на примере данных функционирования дерново-буро-подзолистых почв. Задачами исследования стали: изучение способов создания базы аналитических данных почв для проведения описательной и многомерной статистики; проведение описание параметров описательной статистики (среднее, ошибка среднего, box-plot) и статистиче-

ских методов (дисперсионного, регрессионного и корреляционного анализа), одно- и двухфакторного анализа; получение данных применения методов описательной статистики и статистических методов для конкретных свойств почв, установление зависимостей между биологическими (продуктивность фитоценозов и биологическая активность) свойствами почв и их экологическими свойствами (тепло, влага, содержание гумуса и подвижного азота).

Образцы отбирались из верхних горизонтов почв почвенным буром в 10-кратной повторности, в которых определялись гидротермические, физико-химические, питательные и биологические свойства [2]. Затем к полученным данным при помощи программ Exel и Past 3.26 виде графиков box-plot применены описательная статистика и статистические методы [1; 4].

Описательная статистика предполагает получение выборочного среднего арифметического (Mean), которое отражает центральную тенденцию данных, то есть числа, вокруг которого разбросаны целые данные. Однако среднее не всегда правильно отражает значение выборки. Исправить можно, либо поделив значения на схожие группы, либо рассчитать медиану. Медиана представляет значение в отсортированной выборки, которая делит значения на две равные части. Для её расчёта необходима выставить значения от меньшего к большему. Если в выборке нечетное количество чисел, то берётся число, которое делит выборку пополам, если чётное, то берём два срединых значений и находим их среднее арифметическое. В отсортированой выборки также можно посчитать квартиль, что представляет деление на 4 равные части. Нижний квартиль показывает 25 % от минимальной выборки, верхний квартиль 75 %. На базе этих статистик строиться ящечная диаграмма – boxplot. Дисперсия – это мера рассеянья переменной, которая отражает варьирование значений переменных вокруг среднего значения. С помощью дисперсии можно сравнивать выборки, которые различаются по объёму, но дисперсия не удобна для интерпретации, так как имеет другую размерность, нежели исходные данные. Поэтому рассчитывают отдельно выборочное стандартное отклонение, которое является производной дисперсии. Стандартное отклонение, в отличие от выборки, имеет такую же размерность, как исходные данные.

Дисперсионный анализ отвечает на вопрос: влияет ли номинальный многоуровневый фактор на количественный признак и наоборот. Он представляет собой проверку равенства средних значений количественной шкалы в нескольких группах. Если изучается влияние на признак одного какого-либо фактора, то дисперсионный комплекс называется однофакторным. Число учитываемых факторов может быть больше одного, тогда комплексы называются двух-, трехфакторными и т. д.

Корреляционный анализ дает возможность получить общее представление о наличии взаимно связанной вариации у признаков и степени тесноты этой связи. Он показывает влияет ли количественный фактор на ко-

личественный признак и наоборот. Для решения некоторых задач этого бывает вполне достаточно, однако в значительном числе случаев корреляционный анализ может рассматриваться как первый этап в изучении взаимной изменчивости признаков. Следующим этапом таких исследований является определение количественной зависимости между значениями переменных, осуществляемое с помощью регрессионного анализа.

Регрессионный анализ позволяет определить, какой из факторов действует на признак, ранжировать факторы по влиянию их на признак и спрогнозировать значения признака при определенном влиянии фактора. Наиболее простым видом регрессии является линейная регрессия. Такая регрессия легче поддается анализу, а в графическом выражении для такой регрессии проще обнаруживаются все отступления от нее.

Список литературы

1. Дмитриев Е. А. Теоретические и методологические проблемы в почвоведении / Е. А. Дмитриев. М.: ГЕОС, 2001. 377 с.

2. Козлова А. А. Разнообразие почв Южного Предбайкалья в условиях палеокриогенного микрорельефа, их трансформация при агропедогенезе. Автореф. дисс. … докт. биол. наук: 03.02.13 / Козлова Алла Афонасьевна. Иркутск, 2021. 44 с.

3. Козловский Ф. И., Роде А. А. Выбор участков для стационарных исследований, их первичное изучение и организация наблюдений на них // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976. С. 62–95.

4. Мешалкина Ю. Л., Самсонова В. П. Математическая статистика в почвоведении : практикум. М. : МАКС Пресс, 2008. 84 с.

5. Шеин Е. В., Милановский Е. Ю. Пространственная неоднородность свойств на различных иерархических уровнях основа структуры и функций почв // Масштабные эффекты при исследовании почв. М. : МГУ, 2001. С. 47–61.

Научный руководитель: д-р биол. наук, доцент Козлова А. А.

УДК 631.4

НЕОДНОРОДНОСТЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТУНКИНСКОЙ ДОЛИНЫ БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЫ

Д. Э. Цыденова, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
darinkatsydenova1@gmail.com

Within each morphological element of the Tunka basin of the Baikal rift zone (mountain framing, plains and floodplains, sandy massifs and swamp lowlands), the nature of the structure of the soil cover of the SPP is revealed, which is determined by the combined influence of various factors, mainly relief and soil–forming rocks.

Структура почвенного покрова (СПП) – формы пространственных смен элементарных почвенных ареалов, в разной степени генетически связанных между собой и создающих определенный пространственный рисунок. СПП определяется пространственным размещением неоднородных почв на небольших территориях, что обусловлено преимущественно особенностями рельефа и почвообразующих пород [1].

Цель исследования: ознакомиться с неоднородностью и особенностями структур почвенного покрова (СПП) территории Тункинской котловины (ТК) Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) с помощью анализа полевых и геопространственных данных с применением инструментов ГИС-технологий. Для анализа СПП сегодня возможно использование большого количества программных систем предварительной и тематической обработки данных ДЗЗ, а также – полученных на их основе материалов создания, публикации и визуализации тематических продуктов.

В рамках проведенного исследования проводился анализ полевых материалов обследования, а также – дешифрирование и анализ космических снимков, геоинформационная обработка снимков с помощью программ расчёта вегетационных индексов, способствующих как прямому, так и косвенному дешифрированию СПП. Для изучения ПП важное значение имеет выделение исходной элементарной его единицы. В качестве таковой В. М. Фридланд ввел понятие элементарного почвенного ареала (ЭПА) – участка территории, занятого одной почвой, относящейся к какой-либо классификационной единице наиболее низкого ранга. СПП определяется пространственным размещением неоднородных почвенных ареалов на небольших территориях, поэтому она наиболее полно раскрывается при крупномасштабном и детальном почвенном картографировании [1].

Для анализа СПП исследуемых территорий нами были использованы космические снимки системы Landsat, отснятые в разных диапазонах длин волн. В рамках исследования проводилось дешифрирование космических снимков и геоинформационная обработка снимков с помощью программ

расчёта вегетационных индексов, способствующих как прямому, так и косвенному дешифрированию СПП (рис. 1).

Для дешифрирования поверхности мы использовали такие признаки как окраска, тон и яркость изображения, форма изображений и контуров, характер их границ, их резкость, текстуру. По сумме различных дешифровочных признаков мы выделяли тип леса, тип рельефа, характер поверхности, её структуру и т. п. Для идентификации мы использовали полевые описания почв ТК.

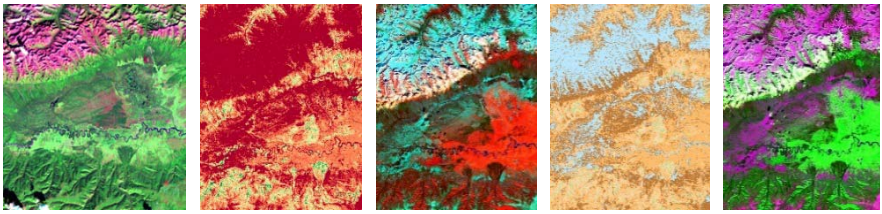


Рис. 1. Тематические карты вегетационных индексов и биофизических параметров Тункинской котловины (март) Байкальской рифтовой зоны

В результате проведенного исследования структуры почвенного покрова горно-долинных ландшафтов ТК нами было выделено несколько *зональных* типов комплексов. *Лесо-тундровая* зона представлена приводораздельными слабопокрытыми растительностью ареалами, ясно различимыми на снимках, где под разреженными злаково-осоково-мохово-лишайниковыми ценозамиальпийских лугов формируются серогумусовые метаморфизованные органогенно-щебнистые почвы в комплексе с литоземами и перегнойно-гумусовыми почвами.

В *лесной зоне* южного макросклона Тункинских гольцов выделяется 2 яруса. Верхний со светло-зелёными тонами окраски на фоне выраженного горного рельефа, представлен кедрово-лиственничными лесами с формирующимися под их пологом комплексом дерново-подбуров, торфяно-подбуров и дерново-подзолистых почв. На элюво-делювии выходов карбонатных пород здесь формируются комплексы карболитоземов с бурозёмами остаточно-карбонатными и тёмногумусовыми почвами. Под берёзо-сосново-кедровыми лесами нижнего яруса склонов и шлейфов южного макросклона развиваются серые почвы, серые метаморфические и бурозёмы остаточно-карбонатные в сочетании с серогумусовыми, подбурами и дерново-подзолистыми почвами. Зона долинных лесов ТК представлена злаково-осоково-мохово-лишайниковыми елово-сосновыми лесами с мезокомбинациями серогумусовых метаморфизованных (часто омергеленных и слоистых) почв, окружающих территорию заболачивания котловины (рис. 2).

Дерново-подбур оподоленный | Бурозем остаточно карбонатный | Темно-серая остаточно карбонатная | Серая метаморфическая | Глеезем криометаморфический | Чёрнозем глинисто-иллювиальный | Каштановая квазиглеева-тая

Рис. 1. Некоторые типы горно-долинных почвы Тункинской котловины

Лугово-степная зона характеризуется распространением лугово-степных растительных ассоциаций с преимущественным распространением сочетаний и комплексов чёрноземов, чёрноземовидных и тёмногумусовых глееватых почв, часто со следами синлитогенного эолово-пролювиально-аллювиального генезиса почвообразующих покровов. На повышенных более дренированных элементах рельефа долины фрагментарно встречаются каштановые почвы, формирующиеся на покровных лессовидных карбонатных суглинках.

В восточной части Тункинской котловины на холмистом рельефе ареала *массива Бадары* с супесчаными отложениями эолово-флювиогляциального генезиса сформировались бедные сосновые леса на ЭПА, представленных преимущественно мезокомплексами дерново-подбуров с буроземами и дерново-подзолистыми почвами. Центральная часть Тункинской котловины выделяется хорошо дешифрирующимся сочетанием озёр и протоков с ареалами лугово-болотных и болотных комплексов *зоны Коймарского болотного массива*, представленных глееземами, тёмногумусовыми торфяно-глееземами и перегнойно-глеевыми почвами.

На космоснимках хорошо выделяется также *зона долины р. Иркут* с перемежающимися меандрами, пойменными пространствами и старичными руслами со сложным рисунком ЭПА, предсталенных луговыми ценозами с сочетаниями аллювиальных серо- и тёмно-гумусовых, перегнойно-гумусово-глеевых почв, а также глееземов и торфяно-глееземов в понижениях.

Пространственная неоднородность почв Тункинской котловины обусловлена особенностями их геологического и геоморфологического состава. Анализ космических снимков района ТК дают возможность оценить неоднородность СПП, понять экологические проблемы и учитывать их при планировании устойчивого территориального развития.

Список литературы

1. Скрябина О. А. Структура почвенного покрова, методы её изучения. Пермь : ПГСХА, 2007. 206 с.

УДК 631.421

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ И РАСТЕНИЙ НА ТЕХНОГЕННО- НАРУШЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ Г. УСОЛЬЯ-СИБИРСКОГО

А. В. Шергина[1], Ю. С. Тупицына[2]

[1]МБОУ «Лицей № 1», г. Усолье-Сибирское, Россия
shergina_arina_07@mail.ru
[2]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
yulya56138@mail.ru

The study of anthropogenic soils and plants in the industrial zone of large chemical production in the Irkutsk region was carried out. The high toxicity of soils in relation to plants is shown. Recommendations on improving the quality of soils are given.

Многие города Иркутской области характеризуются сложной экологической обстановкой. Город Усолье-Сибирское принадлежит к территориям с выраженной неблагополучной экологической ситуацией, что вызвано расположением крупных небезопасных производств на его территории, функционировавших на протяжении многих десятилетий при больших объемах производства. Огромное опасение вызывают последствия работы уже закрытого в 2010 г. крупнейшего химического производства Восточной Сибири – «ООО Усольехимпром». По данным Федерального экологического оператора – предприятия госкорпорации «Росатом», значительное количество твердых промышленных отходов данного химического производства складировалось на полигонах, образуя техногенные отвалы и отстойники [1]. При складировании отходов промышленного производства на полигонах «ООО Усольехимпром» сформировались значительные площади земель, занятые техногенными отвалами и хвостохранилищами. Загрязняющие вещества, сосредоточенные в техногенной зоне, резко изменяют естественное состояние окружающей среды прилегающих территорий, что в первую очередь проявляется в нарушении почв и растительного покрова – средообразующих компонентов экосистемы [2].

Цель исследования – изучить состояние и загрязнение техногенных почв и произрастающей на них растительности в пределах промышленной зоны г. Усолья-Сибирского, дать современную оценку экологической ситуации и предоставить возможные способы очищения почв.

Полевые работы проводились в 2020–2022 гг. Личный вклад автора заключается в описании морфологии горизонтов техногенных почв, включая исследование образцов с помощью бинокулярного стереоскопического микроскопа, а также изучении естественной влажности, в сборе и составлении геоботанических описаний травянистой растительности, в оценке жизненного состояния деревьев сосны, берёзы, тополя по ряду морфоструктурных параметров стволов, побегов, хвои и листьев, сборе талло-

мов водоросли *Nostoc commune* на поверхности техногенных почв. В техногенной зоне города нами изучались почвы нескольких стадий почвообразования: инициальные, органо-аккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные [3].

В промышленной зоне изучались первые растения-поселенцы, или «пионеры», как их называют. Было установлено, что на техногенных почвах (органо-аккумулятивные эмбриоземы) произрастают только девять травянистых растений: донник белый – *Melilotus albus* Medikus., донник желтый – *Melilotus officinalis* (L.) Pall., клевер гибридный – *Trifolium hybridum* L., клевер ползучий – *Trifolium repens* L., клевер луговой – *Trifolium pratense* L., горошек мышиный – *Vicia cracca* L., люцерна посевная – *Medicago sativa* L., осот полевой – *Sonchus arvensis* L., иван-чай узколистный – *Chamerion angustifolium* (L.) Scop.

Лабораторные исследования проводились на базе кафедры химии и пищевой технологии им. профессора В. В. Тутуриной ИРНИТУ, г. Иркутск. Консультативную помощь оказала Малая школьная академия при СИФИБР СО РАН, г. Иркутск. Большой объем экспериментальных работ по выращиванию растений на загрязненных почвах был выполнен в условиях «домашней лаборатории». При изучении почв было определено: кислотность среды, содержание в почвенных вытяжках аммония, нитритного и нитратного азота, водорастворимых форм хлора и серы, а также фитотоксичность по отношению к прорастанию и росту растений. Фитотоксичность почв оценивалась по международному стандарту ИСО 11269-1 [4].

О влиянии на подщелачивание почв на территории г. Усолья-Сибирского химического производства свидетельствует тот факт, что в промышленной зоне города для техногенных почв обнаруживаются очень высокие значения щелочности верхних горизонтов. Например, для инициального эмбриозема pHводн. составляет 12–13, при следующих стадиях почвообразования она постепенно снижается – от pHводн. 10–11 (органо-аккумулятивный) до pHводн. 9,5 (гумусово-аккумулятивный эмбриозем). Изучение содержания солей азота показало увеличение их содержания по мере развития почв – от инициального до гумусового эмбриозема. Полученные результаты свидетельствуют об улучшении питательных свойств почв и об обогащении их подвижным азотом, который может хорошо поглощается корнями растений. Однако в сравнении с почвой фоновой территории естественного леса, эти показатели достаточно низки и могут указывать на первоначальное развитие почв на техногенных территориях. Изучение содержание подвижного хлора и серы в почвенных вытяжках эмбриоземов показало высокое содержание ионов этих элементов. Соединения серы и хлора является важнейшими веществами в производственных химических процессах. Поэтому обнаружение концентраций этих элементов может свидетельствовать о токсичном загрязнении почв. Результаты показали, что в инициальном эмбриоземе превышение хлоридов составляет 14 раз, а превышение сульфатов – 9 раз.

В ходе экспериментов установлено, что техногенные почвы проявляют высокую токсичность по отношению к растениям. Под фитотоксичностью почв мы понимаем свойство почвы подавлять и замедлять рост и развитие растений. Результаты показали, что всхожесть семян в вытяжках из техногенных почв составляет 40–55 % от фонового уровня. Установлено, что при выращивании растений пшеницы в почвенных вытяжках наблюдается дальнейший «эффект» фитотоксичности по отношению к растениям. Установлено, что на 3-й и 5-й день эксперимента происходит выраженное изменение морфометрических показателей проростков пшеницы. Исследования показали, что длина проростков и первого листа значительно различается на городских и техногенных почвах. В зоне влияния «ООО Усольехимпром» для каждой стадии техногенного почвообразования характерно значительное изменение морфометрических показателей растений пшеницы. Так, наименьшая длина проростков и первого листа пшеницы отмечается на вытяжках, сделанных из образцов инициального эмбриозема, а наибольшая – на вытяжках из эмбриозема с хорошо развитым гумусовым слоем. Поскольку на техногенной территории нами была обнаружена на поверхности органо-аккумулятивного эмбриозема водоросль *Nostoc commune*, нас заинтересовала эта находка. Было решено провести ещёсерию экспериментов по выращиванию растений пшеницы на техногенных почвах с водорослью. Проведение серии экспериментов позволило предположить, что *Nostoc commune* оказывает благоприятное воздействие на почвообразовательный процесс.

В целом проведенные исследования позволили представить рекомендации по улучшению экологической ситуации в промышленной зоне. Для развития почвообразовательного процесса рекомендуется проводить посев травянистых растений – «пионеров», которые хорошо приспосабливаются к условиям произрастания. В целях сохранения развития талломов *Nostoc commune*, не рекомендуется нарушать поверхность уже сформированных органо-аккумулятивных эмбриоземов. Предлагается производить скашивание надземной биомассы растений с накопленными в ней загрязняющими веществами.

Список литературы

1. Отчет по экологической безопасности ФГУП «Федеральный экологический оператор» за 2020 год. М. : ФГУП «ФЭО», 2021. 44 с.

2. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. М. : Изд-во Моск. гос. ун-та леса, 1998. 192 с.

3. Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.

4. Фомин Г. С., Фомин А. Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. М. : Протектор, 2001. 304 с.

Руководитель работы: Браташ Светлана Петровна, учитель химии высшей квалификационной категории МБОУ «Лицей № 1», г. Усолье-Сибирское Иркутской области; наставник: Ашарапова Дарья Олеговна, студентка ИРНИТУ, г. Иркутск.

УДК 581.52

ЭКОЛОГО-СУБСТРАТНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО СОСТАВА БРИОФЛОРЫ НА ГРАДИЕНТЕ ВОСТОЧНЫЙ САЯН – ИРКУТСКО-ЧЕРЕМХОВСКАЯ РАВНИНА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ, УСОЛЬСКИЙ РАЙОН)

Е. А. Верещагина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
zizograf1@mail.ru

This article describes the results of ecological and substrate analysis of the species composition of brioflora in the Usolky district of the Irkutsk region.

Целью настоящего исследования явилось изучение видового состава бриофлоры на градиенте Восточный Саян-Иркутско-Черемховская равнина на примере Усольского района и её экологический анализ.

Район исследования находиться на юге Центральной Сибири и располагается вдоль северного макросклона Восточного Саяна. По ботанико-географическому районированию территория относится к Евроазиатской хвойнолесной области, Евро-Сибирской подобласти тёмнохвойных лесов Среднесибирской провинции, граничит с Усть-Ордынским Бурятским автономным округом, Черемховским, Иркутским районами. Площадь 6,3 тыс. км^2. Верхний предел высот в районе исследований равен 1000–1300 м над у. м. (рис. 1) [1].

Иркутско-Черемховская равнина в свою очередь имеет высоту 400–650 м над ур. м. и представляет собой наклонную поверхность, плавно снижающуюся с юга на север. В тектоническом плане она представляет Присаянский продольный прогиб.

Неоднородность рельефа и разнообразные климатические условия района обусловили большое разнообразие растительного покрова. Следует упомянуть, что Усольский район является райлном с высокой антропогенной нагрузкой. Практически полностью распаханы степи. Степная растительность осталась на ограниченных участках: на крутых склонах, на бровках высоких террас, на водоразделах с хрящеватыми маломощными почвами. В районе исследования с понижением высоты над уровнем моря наблюдается смена растительных сообществ от тёмнохвойных до смешанных лесов [3; 5].

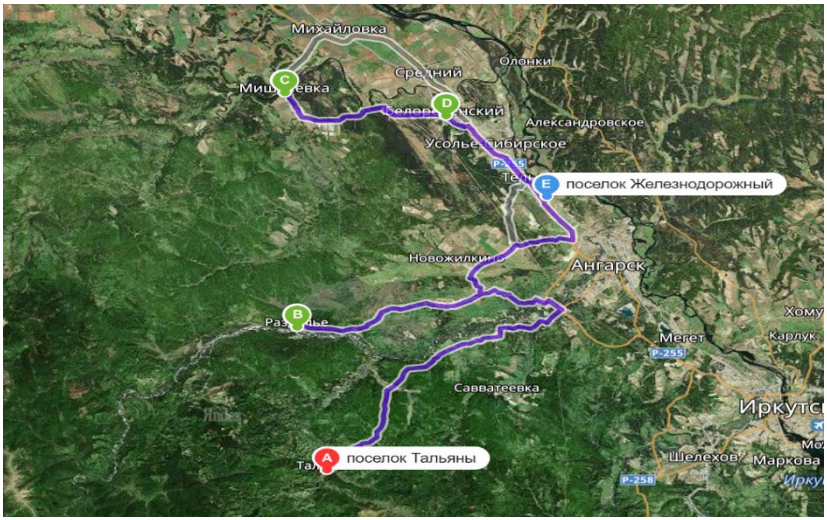


Рис. 1. Карта-схема Усольского района с обозначенными точками сбора материала (A – окрестности п. Тальяны; B – окрестности п. Раздолье; C – окрестности д. Мишелёвка; D – окрестности п. Белореченский; E – окрестности п. Железнодорожный). Ярлыками обозначены первая и последняя точки сбора

При изучении состава бриолфоры Усольского района в первую очередь был проведен анализ её таксономической структуры, с целю определения характера богатства. В результате обработки данных по изучаемой территории нами было выявлено 90 видов мохообразных, относящихся к 69 родам, 39 семействам из 5 классов: Bryopsida, Jungermanniopsida, Polytrichopsida, Sphagnopsida, Marchantiopsida.

Флора печеночников Усольского района представлена 17 видами из 14 родов, что составило 18,9 % от общей суммы видов. В исследованной флоре преобладают семейства Anastrophyllaceae, Scapaniaceae, Marchantiaceaea, но слабая выявленность флоры печеночников не позволяет адекватно сравнить семейственные спектры печеночников Сибири и Усольского района. Основное местообитание представителей семейства Scapaniaceae – камни в лесу. Большинство видов этого семейства – редкие. Для семейства Anastrophyllaceae также основное местообитание – камни в лесу. Marchantiaceaea отличается тем, что большинство видов приурочено к различным обнаженным субстратам. По данным Л. В. Бардунова [5], эти семейства характерны для бореального элемента флоры.

Флора мхов насчитывает 73 вида из 54 родов и 30 семейств, что составляет 81,1 % от общей суммы видов. Флора представлена одним отделом – Bryophyta и тремя классами: Bryopsida, Polythrichopsida и Sphagnopsida.

Bryopsida. К этому классу относится 65 видов из 49 родов и 28 семейств, что составляет 89 % от всей флоры листостебельных мхов исследуемой территории и 72,2 % всей бриофлоры.

Polythrichopsida. Класс представлен 1 порядком – Polythrichales, в состав которого входит одно семейство – Polythrichaceae (3 рода, 6 видов), что составляет 8,2 % от количества листостебельных мхов исследуемой территории и 7 % всей бриофлоры. Повышенный ранг семейства Polythrichaceae возможно связан с высокой нарушенностью лесов пожарами.

Sphagnopsida. В состав класса входит один порядок – Splachnales, который в свою очередь представлен семейством Sphagnaceae (1 род, 3 вида), что составляет 2,8 % от количества листостебельных мхов исследуемой территории.

Семейства **Amblystegiaceae**, напротив, имеют низкий ранг, и, мы предполагаем, что это связано с недовыявленностью видового состава. Семейство Grimmiaceae имеет повышенный ранг за счет широкого распространения каменистых субстратов на территории исследования.

Географическое распространение мохообразных в основном схоже с распространением других высших растений, за исключением некоторых аспектов: зачастую ареалы мохообразных оказываются шире ареалов высших растений и иногда соответствуют ареалам вида, рода или секции цветковых растений. Однако мелкие размеры тела и угнетенный половой процесс позволяют мохообразным пережить суровые климатические условия.

При проведении географического анализа был использован метод А. С. Лазаренко [4; 6], основу которого составляет зональный принцип с точки зрения генетического и географического подходов. В данном случае не выделяется монтанный элемент, так как при его обособленном выделении нарушается принцип зональности. Исходя из этого, все мохообразные исследуемой территории можно разделить на четыре географических элемента: арктоальпийский, бореальный, неморальный, аридный, а также можно выделить группу космополитных видов.

Географический анализ показал, что лидирующее место занимают виды, которые принадлежат бореальному элементу бриофлоры 53,3 % (48 видов). На втором месте неморальный элемент, в составе которого 24,4 % (22 вида). Следующим по количеству видов является арктоальпийский элемент 13,3 % (12 видов). Группа космополитных видов составляет 7,7 % (7 видов), а самым незначительным элементом является аридный 1,1 % (1 вид).

Эколого-субстратный анализ показал, что характер распространения каждого вида обусловлен особенностями его экологии. Массовое развитие вида в каком-либо районе сопряжено с комплексом экологических факторов, свойственных этому району и не характерных для других (количество осадков, характер рельефа).

Для мохообразных субстрат является местом прикрепления и проводником минеральных веществ. Субстрат не является средой обитания, так как большая часть растения находится над поверхностью субстрата.

Преобладает в исследованном районе эпилитный комплекс видов, который насчитывает 40 видов. Из них на отдельных камнях в лесу встречается 11 видов, на поверхности скал – 21 вид. На обоих каменистых субстратах отмечено 8 видов. Некоторые виды могут ввиду расширенной экологической амплитуды расселяться на разных субстратах. Второй по численности является мультитопная группа – мхи, встреченные на всех типах субстрата. Она насчитывает 20 видов, среди которых два – *Brachythecium salebrosum* и *Sanionia uncinata* – отмечены для всех субстратных комплексов. Эпигеидный комплекс насчитывает 17 видов, из которых на обнаженных участках почвы отмечено 2 вида – *Atrichum flavisetum*, *Bryum argenteum*, остальные регистрируются в составе напочвенного покрова различных лесных сообществ. Эпиксильная группа включает 7 видов, из которых один – *Buxbaumia minakatae* – отмечена на колоднике, остальные – на разлагающейся древесине. Эпифитная группа является самой малочисленной – 5 видов. Можно предположить, что преобладающее число видов-эпилитов в таёжной зоне исследуемой территории обусловлено широким распространением каменистых субстратов в районе исследования. Объяснить преобладание мультитопной группы можно за счет высокой экологической амплитуды видов. Распределение видов исследованной бриофлоры по субстратным комплексам и географическим элементам показало преобладание бореальных и неморальных видов среди всех субстратных групп, что согласуется с природными условиями района исследования и типами лесных сообществ [2; 5]. Среди неморального элемента преобладают эпилиты, бореальный элемент представлен в основном эпилитами и мультитопами. По данным исследователей [5], виды эпилитного комплекса могут осваивать новые группы субстратов. В этом случае исследуемые эпилитные виды с типичных каменистых субстратов, способствуя накоплению органического вещества, постепенно осваивают смежные биотопы (древесину различной степени разложения, колодник, напочвенный покров и др. Проведенное исследование показывает четкое прослеживание градиента растительных ассоциаций от тёмнохвойных до светлохвойных и березовых лесов в зависимости от изменения высоты над уровнем моря и других условий среды.

В результате обработки данных по изучаемой территории было выявлено 90 видов мохообразных, относящихся к 69 родам, 39 семействам из 5 классов: Bryopsida, Jungermanniopsida, Polytrichopsida, Sphagnopsida, Marchantiopsida. Флора печеночников Усольского района представлена 17 видами из 14 родов, что составило 18,9 % от общей суммы видов. Флора мхов насчитывает 73 вида из 54 родов и 30 семейств, что составляет 81,1 % от общей суммы видов. Флора представлена одним отделом –

Bryophyta и тремя классами: Bryopsida, Polythrichopsida и Sphagnopsida. Географический анализ показал, что лидирующее место занимают виды, которые принадлежат бореальному и неморальному элементам бриофлоры 53,3 % (48 видов) и 24,4 % (22 вида), соответственно. Распределение видов исследованной бриофлоры по субстратным комплексам и географическим элементам также показало преобладание бореальных и неморальных видов среди всех субстратных групп, что согласуется с природными условиями района исследования. Среди неморального элемента преобладают эпилиты, бореальный элемент представлен в основном эпилитами и мультитопами.

Список литературы

1. Редкие и исчезающие растения Селенгинского Прибайкалья / М. Г. Азовский, Л. В. Бардунов, С. Г. Казановский, А. А. Киселева, А. С. Плешанов // География и природные ресурсы, 2001. № 2. С. 41–44.
2. Алисов Б. П. Климат // Атлас Иркутской области. М. ; Иркутск : Изд-во Гл. управления геодезии и картографии, 1962. С. 53–63.
3. Бардунов Л. В. Третичные реликты во флоре мхов Прибайкалья // Науч. чтения памяти М. Г. Попова (5-е). Иркутск, 1963. С. 48–82.
4. Бардунов Л. В. Аридные виды во флоре мхов Южной Сибири // Проблемы бриологии в СССР. Л. : Наука, 1989. С. 30–36.
5. Бардунов Л. В. Восточноазиатские виды во флоре мхов Южной Сибири // Ботанический журнал. 2010. Т. 75, № 5. С. 636–643.
6. Бардунов Л. В. Листостебельные мхи Восточного Саяна. М. ; Л. : Наука, 1965. 160 с.

УДК 581.5; 587.527.1(571)+630*181.351

ЭКОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА *SALIX*-ФРАКЦИИ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

Э. В. Енин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
edward_lp@icloud.com

The results of ecomorphological analysis of species of the genus *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) growing in the western part of Baikal Siberia. According to our data, 52 species from four groups of ecomorphs occur in the analyzed area, which are combined into two main ecological series (mesophilic and hydrophilic).

Западная часть Байкальской Сибири характеризуется значительным разнообразием кустарников рода *Salix* L., что свидетельствует о активном процессе видообразования группы в этом регионе [3; 5; 6]. Совокупность ив, произрастающих на территории исследования и играющих значительную роль в формировании сообществ сосудистых растений, относится к *Salix*–фракции, которая на данный момент насчитывает 52 вида.

Одним из важных экологических факторов, обеспечивающих потребности растений в их росте и развитии, помимо освещенности среды обитания, является её влагообеспеченность. Географические и геоморфологические особенности западной части Байкальской Сибири на большей части территории определяют дефицит влаги, что формирует достаточно суровые условия произрастания многих видов растений, в том числе и ив.

Изучение экоморфологической структуры анализируемой фракции растений позволяет понять особенности развития региональных фитоценозов, в которых ивы являются неотъемлемым компонентом. Приводимые сведения дают возможность воссоздавать требования по влагообеспеченности местообитаний растений в объектах, как зелёного строительства, так и в лесопарковом хозяйстве, так как виды рода *Salix* L. перспективны для данных целей [1; 4; 8]. В связи с чем целью работы стало выявление принадлежности видов рода *Salix* L. западной части Байкальской Сибири к экологическим рядам и группам влагообеспеченности среды обитания.

Определение принадлежности видов анализируемой фракции к конкретным экоморфам осуществлялась по литературным источникам [6], а также в ходе авторских натурных исследований и анализа коллекций Гербария древесных растений лаборатории лесного дела при кафедре технологии в охотничьем и лесном хозяйстве Института управления природных ресурсов (факультет охотоведения имени профессора В. Н. Скалона, ул. Тимирязева 59, г. Иркутск), Гербария имени профессора М. Г. Попова Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск, NSK); Гербария имени профессора В.И. Смирнова Иркутского государственного университета (г. Иркутск, IRKU); Гербария Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск, IRK). Понимание объемов экоморф принято в их классическом определении [2; 7].

Экоморфологическая структура по отношению к влагообеспеченности среды обитания составлена по А.П. Шенникову [7] “от растений наиболее сухолюбивых до видов наиболее влаголюбивых”. Таким образом, 52 вида исследуемой *Salix*-фракции распределились на четыре группы, которые представляют собой вариации только двух основных экологических рядов (табл.). Большинство видов принадлежат к мезофильному ряду (30 видов, 57.7 %), что указывает на необходимость наличия среднеувлажненных территорий. При этом, основная масса видов являются эумезофитами (28 видов 53.8 %). Это растения, обитающие в среднеувлажненных экотопах, в основном представлены крупными кустарниками, реже деревьями [2]. Это такие виды как *S. abscondita* Laksch., *S. babylonica* L., *S. bebbiana* Sarg., *S. brachypoda* Kom., *S. caprea* L., *S. gmelinii* Pall., *S. ledobouriana* Trautv., *S. microstachya* Turcz. ex Trautv. и др.

К видам из группы гигромезофитов мезофильного ряда относятся всего 2 вида (3.85 %). К группе принадлежат ивы, имеющие повышенные требования к наличию воды как экологического фактора, и произрастающие в основном во влажных или временно заливаемых водой экотопах (*S. alexii-*

skvortzovii A. P. Khokhr. и *S. ustnerensis* (Bolsch.) Baikov ex A.V. Grebenjuk & Chepinoga), и, преимущественно, имеющие биоморфу кустарника высотой от 0.5–1.0 м.

Таблица

Экологические ряды и группы *Salix*-фракции западной части Байкальской Сибири по отношению к влагообеспеченности среды обитания

Экологические ряды и группы		Виды	
Ряд	Группа	число	доля, %
мезофильный	Эумезофиты	28	53,85
	Гигромезофиты	2	3,85
гидрофильный	Мезогигрофиты	3	5,76
	Эугигрофиты	19	36,54
Итого		52	100

22 вида (42 %), относятся к гидрофильному ряду. Мезогигрофитная группа включает 3 вида (5.76 % от общего числа): *S. coesia* Vill., *S. lanata* L., *S. phylicifolia* L. Это кустарники средней величины, приуроченные к прирусловым фитоценозам и затененным горным формам рельефа. Эугигрофитов насчитывается 19 видов (36.54 %). Они предпочитают переувлажненные холодные местообитания и представлены кустарниками малой и средней величины – *S. alaxansis* Coville, *S. arctica* Pall., *S. berberifolia* Pall., *S. berberifolia subsp. brayi* (Ledeb.) A.K. Skvortsov, *S. dshugdshurica* A. K. Skvortsov, *S. berberifolia subsp. Fimbriata* A.K. Skvortsov и др.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что представители *Salix*-фракции флоры сосудистых растений западной части Байкальской Сибири требовательны к такому фактору среды как влажность и слабо переносят засушливые территории.

Список литературы

1. Виньковская О. П., Игнатьева Е. С. Аборигенные древесные растения, перспективные для озеленения в условиях Верхнего Приангарья // Вестник ИРГСХА. 2018. № 88. С. 54–61.
2. Горышина Т. К. Экология растений: учеб. пособие . М. : Высш. шк., 1979. 368 с.
3. Енин Э. В., Виньковская О. П. *Salix*-флора Предбайкалья // Перспективы развития и проблемы современной ботаники : материалы IV (VI) Всерос. молодеж. конф. с участием иностр. ученых. Новосибирск, 8–12 окт. 2018 г. Новосибирск, 2018. С. 68–71.
4. Енин Э. В. Виды рода *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) в озеленении города Иркутска // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромышленного комплекса региона : сб. науч. тез. студентов. Иркутск, 26 нояб. 2020 г. Молодежный : Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского, 2020. С. 53–54.
5. Енин Э. В. Представители рода *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) на территории Иркутской области // Вестник ИРГСХА. 2019. № 94. С. 72–84.
6. Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. 707 с.
7. Шенников А. П. Введение в геоботанику. Л. : Изд-во ЛГУ, 1964. 446 с.
8. Vinkovskaya O., Enin E. Environmental principles for planting of greenery in settlements of Baikal Siberia // E3S Web of Conferences. 2020. P. 09002.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Матвеев А. Н.

УДК 581.526.35

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЦЕНОФЛОРЫ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ В МЕЖДУРЕЧЬЕ ХАРА-МУРИН И ПАНЬКОВКИ

А. Д. Зуева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
www.euzuchia@yandex.ru

Raised bogs are a complex ecosystem, due to the peculiarities of the relief and structure of plant communities. Due to excessive moisture, lack of minerals, cold soil, many plants need to have special adaptations to survive in such conditions.

В связи с особенностями микрорельефа и строения растительных сообществ, верховые болота – это довольно сложная экосистема. Являясь естественными резервуарами пресной воды, верховые болота играют роль буфера, поддерживая гидрологический и гидрохимический режимы близлежащих водоёмов, а также имеют важную роль в формировании микроклимата.

Природные условия северного склона хр. Хамар-Дабан неоднородны, горно-котловинный характер рельефа поспособствовал формированию резко континентального климата. Для северного склона характерно выпадения большого количества атмосферных осадков и отсутствие резких перепадов температур, что является одним из важнейших факторов болотообразования.

В ходе проведенных работ нами было сделано более 200 геоботанических описаний на территориях верховых болот, расположенных в предгорьях хр. Хамар-Дабана, в междуречье Хара-Мурин и Паньковки.

Определенные виды растений преобладают в болотной флоре из-за специфических экологических факторов и устойчивости данных растений к ним и их изменениям. Для верховых болот характерно избыточное увлажнение, застой влаги, низкая теплопроводность, нехватка в почве азота и других органический соединений [1]. В соответствии с данными условиями, стоит рассматривать отношение растений к ведущим экологическим факторам: влажности, минеральному богатству почв, кислотности, освещенности и питанию растений [1].

Экологические группы растений выделяются по отношению организмов к определенному фактору. Группы растений влажных местообитаний следует разделять на типологические группы по отношению к фактору увлажнения. По фактору увлажнения экологические группы представлены 4 типами: мезофитами, гигрофитами, гидрофитами и гигромезофитами.

На исследуемых участках сосудистые растения представлены такими экологическими группами (рис. 1).

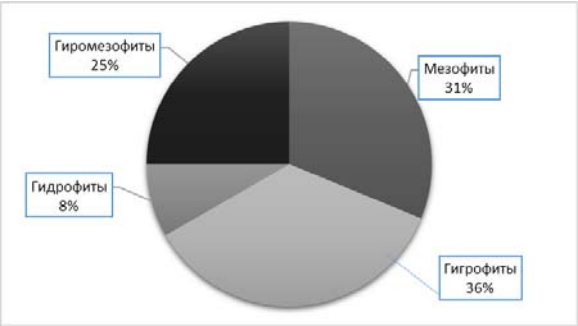


Рис. 1. Долевое участие видов сосудистых растений разных экологические группы по отношению к влажности почв в ценофлоре изученных болотных массивов

Наиболее представительные группы гигрофитов (35,4 %) и мезофитов (31,2 %). Гидрофильное ядро представлено гигрофитами, мезофитами и гигромезофитами.

По отношению к общему содержанию в почве минеральных питательных веществ, следственно по отношению к питанию растения, все виды были разделены на мезотрофов, олиготрофов, эвтрофов и насекомоядных (рис. 2).

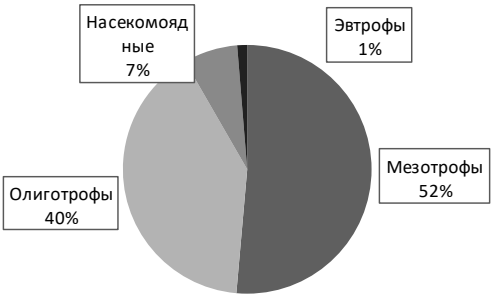


Рис. 2. Долевое участие видов растений разных экологических групп по фактору питания в ценофлоре изученных болотных массивов

Самыми многочисленными группами являются мезотрофы (51,2 %) и олиготрофы (40,2 %).

Адаптации растений к специфическим экологическим условиям болота выражается и в жизненных формах. Жизненные формы вырабатываются в процессе эволюции, закрепляются признаками в генотипе и проявляются при наличии необходимых условий [2].

Для биоморфологического анализа была использована система жизненных форм по Раункиеру. В основу его системы положен признак, а именно как почки возобновления растения переживают неблагоприятный период.

Большинство растений на исследуемых участках являются криптофитами, а именно гелофитами (13 видов, 27 %), менее многочисленны геофиты (8 видов, 16,6 %) (рис. 3). В окнах открытой воды обитают гидрофиты, на нашем участке было найдено 5 видов (10,4 %). Фанерофитов 8 видов (16,6 %), деревья и кустарники, попавшие на болотный массив из близ лежащего леса. Гемикриптофитов 5 видов (10,4 %). Терофиты отсутствуют. Все мохообразные, согласно классификации, относятся к Хамефитам.

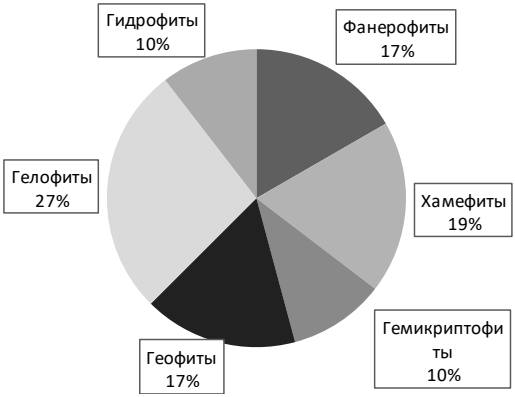


Рис. 3. Биоморфологический спектр ценофлоры изученных болотных массивов

Соотношение биологических типов растений с системой Раункиера отражает связь между составом флоры и экологическими факторами территории.

Список литературы

1. Флора и растительность верховых болот Беларуси / Н. А. Зеленкевич, Д. Г. Груммо, О. В. Созинов, О. В. Галанина / Ин-т эксперим. ботаники. Минск : СтройМедиаПроект, 2016. 244 с.

2. Прокопьев Е. П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы) : учеб. для биол. факультат. вузов. Томск : Том. гос.ун-т, 2001. 340 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Чепинога В. В.

УДК 599.742.41

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИИ СОБОЛЯ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОМЫСЛОВОГО СЕЗОНА 2021–2022

В. П. Рыков

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
rykov_vitaliy@bk.ru

Some aspects of sable ecology in the Irkutsk region based on the results of a survey of a sample collected during the 2021–2022 hunting season are presented.

Соболь является одним из ценнейших промысловых видов. Рациональное использование этого вида определяет необходимость проведения регулярных, мониторинговых наблюдений за состоянием его популяций [2; 3].

Основными индикаторами, предлагаемыми для мониторинга, являются динамика численности, половозрастная структура, рацион питания и распространение очаговых болезней [1].

Целью данной работы является изучение ряда аспектов экологии соболя на территории Иркутской области.

Сбор материала осуществлялся в различные районы Иркутской области, разделённых на две географические группы Северную и Лено-Ангарскую. Всего за период исследования собрано и обработано 424 тушки соболя (промысловых проб). В начале обработки материала оценивались морфометрические показатели: длина тела, задней ступни, хвоста и вес [5].

Для определения возраста и анализа половозрастной структуры был использован метод оценки развития головной мускулатуры, по которому весь материал распределялся на группы:

I – зверьки сеголетки до полутора лет. Их головная мускулатура характеризуется наличием широкой полосы, идущей по центру черепа от заглазничных отростков и до зачатков затылочного гребня [4].

II – соболя от полутора до двух с половиной лет. Жевательная мускулатура более мощная. Височные линии близко подходят к друг другу, однако, между ними остаётся узкий промежуток, достигающий затылка. Скуловая ширина значительно больше [4].

III – данная группа отличается мощным развитием жевательной мускулатуры, широким черепом. В это время уже образовался гребень, к которому и крепятся жевательные мышцы, образуя выпуклые валики Зверьки этой группы обычно достигают приблизительного возраста старше трёх лет [4].

По предварительным оценкам в половозрастной структуре популяции соболя наблюдаются, некоторые признаки дестабилизации. По подсчёту, в

районах исследования добывалось большое количество взрослых половозрелых особей. В Северной – 128 особей второй и третьей группы возраста, и – 68 первой. В Лено-Ангарской группе – 166 и 62 соответственно. Всё это говорит о возможной дестабилизации структуры популяций (замедление воспроизводственных процессов) исследуемого вида, поскольку снизилось количество добываемых молодых особей и как показывает анализ промысловых проб среди добытых соболей преобладают половозрелые особи, которые формируют воспроизводственное ядро популяций в районах исследования.

Для исследования физиологического состояния полученного материала, оценивалась упитанность по степени накопления жира на теле зверьков, поскольку от данного параметра зависит выживаемость [4].

По полученным данным около 51 % соболей отнесены нами к категории слабо упитанных ($n = 217$), количество зверьков с хорошей степенью упитанности в выборки составляет – 21 % ($n = 88$) со средней – 28 % ($n = 119$). Анализ упитанности так же показывает о возможной дестабилизации. К причинам большого количества соболей с слабым накоплением жира можно отнести бескормицу, связанную с не урожайностью основных кормов.

В питании зверьков в районе исследования преобладает животная пища, в частности красная и красно-серая полёвки. Растительные корма так отмечаются в рационе, но из-за их низкой урожайности, количество встреч заметно меньше в сравнении с прошлыми сезонами. Необходимо отметить, что при исследовании пищевых комков нами были отмечены пять случаев каннибализма. В двух образцах из Киренского района, и по одному из Катангского, Качугского и Казачинско-Ленского районов. Это также может свидетельствовать о недостаточной обеспеченности пищей.

Список литературы

1. Кондратов А. В. Экология соболя северного Предбайкалья : дис. … канд. биол. наук. Иркутск, 2017. 179 с.

2. Монахов В. Г., Бакеев Н. Н. Соболь // Зоологический журнал. 2011. Т. 90, № 1. С. 82–96.

3. Монахов В. Г., Ранюк М. Н., Модоров М. В. Популяционная структура соболя байкальской горной страны: анализ генетических и фенотипических характеристик // Экология. 2021. № 2. С. 143–152.

4. Тимофеев В. В., Надеев В. Н. Соболь. М., 1955. 388 с.

5. Чудновская Г. В. Биометрия : метод. указ. к практ. занятиям по направлению 06.03.01 – Биология. Иркутск : Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2017. 46 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Матвеев А. Н.

УДК 631.4

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ПРЕПАРАТАМИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ. ПОИСК ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ В АМФИПОДАХ ОЗ. БАЙКАЛ

Т. Ю. Тельнова, М. М. Моргунова, С. С. Шашкина
Д. В. Аксёнов-Грибанов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
telnovatamara1410@gmail.com

Currently, pollution of aquatic ecosystems is an important and urgent problem. All pollutants, including drugs, enter water bodies through air and sewage, where they accumulate in their inhabitants. Therefore, the main purpose of the study is to determine the presence of drugs in hydrobionts.

Загрязнение водоёмов различными токсикантами, химическими метаболитами или лекарственными препаратами является одной из наиболее значимых и актуальных проблем. Именно лекарственные препараты могут оказывать наибольший негативный эффект на экосистемы. Ранее лекарственные препараты были обнаружены в таких экосистемах, как Восточно-Китайское (Южное) море [3], водоёмах европейских стран, США и Марианская впадина [1]. Высокую значимость исследования по анализу наличия лекарственных препаратов приобретает и для обитателей водных экосистем, которые зачастую выступают компонентами трофических цепей [2].

Одной из таких экосистем, отличающихся своей структурной и экологической сложностью, выступает экосистема оз. Байкал и её обитатели. Целью данного исследования являлось качественное выявление лекарственных метаболитов в амфиподах оз. Байкал с помощью методов высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии (ВЭЖХ-МС).

Оценку контаминации экосистемы лекарственными препаратами проводили на примере эндемичных амфипод вида *Eulimnogammarus verrucosus*, собранных в районе пос. Большое Голоустное. Для проведения качественного анализа и для определения параметров ионизации молекул, разработки методов и оценки эффективности хроматографического разделения применяли стандартные образцы таких лекарственных препаратов, как ацетилсалициловая кислота, парацетамол, ибупрофен, тетрациклин, азитромицин. Исследования выполнены на базе хромато-масс-спектрометрического комплекса Agilent Infinity II с масс-спектрометрическим детектором Agilent 6470B(QQQ).

В ходе настоящего исследования был показан факт загрязнения лекарственными препаратами обитателей оз. Байкал в следовых количествах – метаболиты присутствовали в 81,25 % проанализированных образцов, тогда как в 18,75 % образцов – лекарственных препаратов не обнару-

жено. Максимальную частоту контаминации отмечали для парацетамола и тетрациклина. Наличие лекарственных препаратов может негативно сказываться как на самой экосистеме, так и на её обитателях при миграции загрязнителей по трофическим цепям.

Исследование проведено при финансовой поддержке проекта Минобрнауки РФ в рамках создания лабораторий под руководством молодых ученых при научно-образовательных центрах (проект 075-03-2021-141/4, НОЦ Байкал) и Гранта Президента РФ (МК-1245.2021.1.4).

Список литературы

1. Долина Л. Ф., Савина О. П. Очистка вод от остатков лекарственных препаратов // Вестник Днепропетровского университета. 2018. № 3 (75). С. 36–51.

2. Павлович Т. В. Загрязнение окружающей среды лекарственными средствами // Культура и экология – основы устойчивого развития России. Человеческий капитал как ключевой ресурс зелёной экономики. 2018. С. 304–307.

3. Hee-Young Kim, In-Seok Lee, Jeong-Eun Oh. Human and veterinary pharmaceuticals in the marine environment including fish farms in Korea // Science of The Total Environment. 2017. P. 940–949.

УДК 574.587

ОСОБЕННОСТИ РОДНИКОВ КАК МАЛЫХ ВОДОТОКОВ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ДЛЯ ГИДРОБИОНТОВ

К. Ю. Шелест[1], Е. А. Мишарина[1], И. О. Батранина[1,2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Байкальский музей ИНЦ СО РАН, Иркутская область, пос. Листвянка, Россия
chelestkristina@yandex.ru

Wellsprings have a number of features and make a unique habitat for hydrobionts. Their study, monitoring and protection are necessary conditions for the regulation of accumulated environmental problems associated with the crisis of water resources. The study of the composition and structure of hydrobionts allows us to assess the current condition of wellsprings and predict it in the future.

В Байкальском регионе родники относятся к числу многочисленных малых водных объектов, которые по своей совокупности образуют важную часть гидросферы. Родники являются важным источником питания рек, участвуют в формировании рельефа, обеспечивают растения влагой и являются своеобразной средой обитания для гидробионтов [2]. Однако в силу своих малых размеров родники очень часто остаются слабоизученными.

При исследовании источника Берёзовый (г. Иркутск), которое ведётся нами с апреля 2021 г. и по настоящее время, несмотря на наличие множества доступных методологических материалов, возникла очевидная необходимость составления оптимального аглоритма комплексного изучения родниковых водотоков.

Этап 1. Определение местоположения, описание и оценка экологического состояния территории родника

На первом этапе необходимо определить точные координаты местоположения эукренали родника – для этого целесообразно воспользоваться gps-навигатором или, в случае его отсутствия, привязкой к крупным местных ориентирам. Далее описываем место выхода подземных вод на поверхность и чем оно окружено: это может быть расщелина, склон и т. д., определяем их размеры, подстилающие почвы. По типу выхода подземных вод родники классифицируют на нисходящие (безнапорные) и восходящие (напорные) источники. Отмечаем состав донного субстрата родникового ручья и то, какое родниковое местообитание формирует гипокреналь (болото, небольшая лужа, ручей или же вода вовсе просачивается в землю и не дает начало водотоку). Оцениваем сколько различных биотопов может находиться на протяжении всего водотока. Это необходимо для последующего определения точек отбора гидробиологических проб.

Описываем каким типом растительности представлена окружающая родник местность. Отмечаем визуальные признаки антропогенной деятельности (наличие мусора, пешеходной инфраструктуры и т. д.).

Этап 2. Получение основных гидрографических и гидрологических характеристик исследуемого водотока

В качестве основных показателей используются протяженность и ширина водотока, уровень воды в нем (усредненный), а также дебит (расход воды) (л/с), который вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{V}{T_{ср}},$$

где V – объем взятого сосуда, л; $T_{ср}$ – среднее время его наполнения, с.

Определяем к какому типу водотоков можно отнести данный источник по величине дебита (малодебитный, среднедебитный, высокодебитный) а также, по степени его изменчивости [4].

Скорость течения воды в родниковом ручье (м/с) можно определить погружением поплавка в воду с включением секундомера (производят не менее 3 замеров с последующим вычислением среднего значения; участок водотока выбирают в 10–30 м).

Этап 3. Определение некоторых параметров воды

Важнейшим показателем родниковых вод является температура. При достаточном протяжении водотока, делим его на несколько станций измерения. Температуру можно измерить спиртовым термометром и/или термооксиметром. Кроме того, с помощью термооксиметра измеряется содержание растворённого в воде кислорода. При длительном исследовании дополнительно определяется степень промерзания воды в зимний период.

Изучаем органолептические показатели воды такие как, запах, цветность, содержание мути и образование осадка, прозрачность и вкус. Неко-

торые из них определяются в полевых условиях при помощи стеклянной колбы, в которую отбирают пробу воды и осматривают её на белом фоне.

По возможности делается гидрохимический анализ воды источника. Для получения репрезентативных проб при отборе воды из родников важно соблюдать общепринятые для гидрохимических исследований требования [3]. Посредством развернутого лабораторного анализа определяется содержание основных катионов и анионов в воде, водородный показатель, высчитывается её минерализация, а также определяется тип воды (ультрапресная, пресная, солоноватая и т. п.). Приближенное значение pH пробы воды можно получить и в полевых условиях, используя универсальную индикаторную бумагу.

При длительных наблюдениях можно выделить такую характеристику родников как режим – изменение во времени его дебита, температуры и состава.

Этап 4. Отбор гидробиологических проб

Объект наших исследований – сообщества макрозообентоса. В отличие от современных физико-химических, микробиологических и других методов, биологические объекты являются более чувствительными и реагируют на все виды загрязнений водоёмов независимо от их природы. Макрозообентос служит эффективным показателем качества воды как среды обитания [5].

Следующим шагом является определение станций и периодичности отбора гидробиологических проб. Выбор станций отбора проб осуществляется по принципу равно удалённости точек на протяжении всего водотока – от истока родника до его перехода в другой тип местообитания. Каждый биотоп станции подробно описывается (наличие растительного опада, тип грунта, размер камней, содержание ила и т. д.).

Количественные пробы зообентоса, как правило, отбираются при помощи бентометра. На каждой точке отбора проб субстрат толщиной от 1,5 до 10 см вынимается ровным слоем из бентометра, плотно установленного на грунт (до глубины не более 30 см). Далее собранный материал тщательно промывается через гидробиологический сачок из мельничного газа. Отобранная проба помещается в специальную ёмкость, фиксируется 4 % раствором формалина и сопровождается первичной этикеткой.

Камеральная обработка бентосных проб проводится согласно общепринятой гидробиологической методике [1]. По количественным характеристикам бентосных организмов, соотношению разных таксономических групп, используя специальные расчётные индексы, можно оценить состояние водной среды.

Таким образом, при следовании всем четырем вышеуказанным этапам можно получить достаточные минимальные сведения для диагностики и мониторинга состояния родникового водотока.

Список литературы

1. Абакумов В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л. : Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.

2. Жадин В. И., Павловский Е. Н. Жизнь в источниках // Жизнь пресных вод СССР. Т. 3. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1950. С. 707–724.

3. Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швец В. М. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. М. : Наука, 2004. 677 с.

4. Кузовлев В. В. Методические рекомендации по изучению и охране родников Тверской области. Тверь, 2008. 25 с.

5. Биота некоторых термальных источников Прибайкалья и связанных с ними водоёмов / В. В. Тахтеев [и др.] // Исследования водных экосистем Восточной Сибири. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2000. С. 55–100.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Мишарина Е. А.

Научное издание

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
V ВСЕРОССИЙСКОЙ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,

посвящённой 120-летию со дня рождения
профессора Е. В. Талалаева

Тезисы публикуются в авторской редакции
Дизайн обложки: *П. О. Ершов*

Темплан 2022 г. Поз. 118
Уч.-изд. л. 9,8

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИГУ
664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124