Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет»
Институт биологических наук

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвящённой 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Егорова.
Иркутск, 15 апреля 2026 г.



ISBN 978-5-9624-2536-8

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Иркутский государственный университет»
Институт биологических наук

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвящённой 110-летию со дня рождения
профессора А. Г. Егорова

Иркутск, 15 апреля 2026 г.

ИРКУТСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИГУ
2026

УДК 57/59
ББК 28
С69

Публикуется по решению ученого совета
Института биологических наук ИГУ

Редакционная коллегия:
А. Н. Матвеев, Е. А. Мишарина, А. В. Лиштва,
А. В. Третьякова, А. А. Приставка, Н. Д. Киселева,
И. О. Батранина, А. Д. Самусенок, Г. А. Арбузова

С69 **Социально-экологические** проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий : тезисы докладов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящённой 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Егорова. Иркутск, 15 апреля 2026 г. / Иркут. гос. ун-т ; редкол.: А. Н. Матвеев [и др.]. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2026. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM). – Заглавие с этикетки диска.

ISBN 978-5-9624-2536-8

Обсуждаются актуальные 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.

УДК 57/59
ББК 28

ISBN 978-5-9624-2536-8
© ФГБОУ ВО «ИГУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

КЛАССИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Белкин И. В., Мурынкин К. А. Лишайники горных лесов хребта Мунку-Сардык (Восточный Саян) 8

Беломестнова М. В., Городилова С. В. Биологическое разнообразие мух-журчалок (Syrphidae) южной части Сибири: предварительные результаты исследований 11

Войтенко Н. А., Тупицына Н. Н. Жизненные формы растений флоры Заполярного круга (окрестности поселения Хатанга) 13

Дементьева М. К. Обзор растений Байкальского региона интродуцированных в Ботаническом саду ИГУ 16

Демидова А. А., Зилов Е. А. Динамика численности круглогодичных планктонных коловраток Южного Байкала 19

Захарова Е. И., Непокрытых А. В. Лёт эндемичных ручейников озера Байкал в 2013 и 2015 гг. 22

Кудрявцева В. М. Распределение мучнисторосяных грибов по растениям – хозяевам в Центральном Забайкалье 24

Мухаметгалеева М. С. Видовой состав слепней (Diptera, Tabanidae) города Иркутска 27

Лопаткина А. А., Рахмонова В. Э. Характеристика макрозообентоса зал. Бурдугуз (Иркутское водохранилище) в подлёдный период 29

Нелюбина П. Е., Швецова Н. А., Протопопова М. В. Филогеографическая структура и эволюционные взаимоотношения популяций *Anemone Altaica* (Ranunculaceae) в Байкальской Сибири 31

Николаев Я. В., Мельников Ю. И. Современная плотность населения и численность большого баклана в прибрежной зоне озера Байкал (учеты с использованием научно-исследовательского судна «Профессор А. А. Тресков») 34

Нечунаев А. В., Матвеев А. Н. Биологическая характеристика плотвы прибрежно-соровой зоны озера Байкал и Иркутского водохранилища 37

Плотникова А. С., Говорухина Е. Б. Структура популяции амфипод вида *Odontogammarus Calcaratus Calcaratus* (dyb.) из разных районов озера Байкал 40

Поляков П. В. Степень поражения фитофторой некоторых паслёновых растений в окрестностях города Иркутска 43

Преловская М. А. Блохи грызунов Иркутской области и их значение в передаче трансмиссивных заболеваний 44

Рахмонова В. Э., Лопаткина А. А. Первые сведения о макрозообентосе озера Алексеева (бассейн р. Чары, Северное Забайкалье) 47
Саловаров К. В., Слепченко А. С., Лавникова А. В., Карнаухов Д. Ю. Биоразнообразие водоплавающих птиц Байкальского региона 49
Сигова А. А., Орлова А. А., Юринова Г. В., Ярыгин Д. А. Эффект добавок на биодоступность и устойчивость лигноуглеводных отходов длительного хранения: подходы к обезвреживанию 52
Смолянинова Е. В. О морфогенезе прикрепительного диска гиродактилюсов (Monogenea: Gyrodactylidea) с песчаной (*Leocottus kesslerii*) и каменной широколобок (*Paracottus knerii*) 55
Тресков Н. В. Таксономическая структура лишайников карбонатного массива «Кадаликанские столбы» (Патомское нагорье) 58
Юдина Е. И., Дроздова П. Б., Фефелов И. В. Определение пола у особей восточного луня *Circus spilonotus*: окрасочный, размерно-весовой и молекулярно-генетический подходы 61

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Аталян А. В. Нарушение липидного обмена и оксидативный стресс играют основную роль в патогенезе пролиферативных гормонозависимых заболеваний у женщин репродуктивного возраста.....63
Боровик С. А., Романова Е. В. Филогения и внутривидовая изменчивость амфипод из разных глубин Байкала.....65
Буентуева У. В., Черкасова Н. А., Храмцова К. А., Жданова Г. О. Влияние пав на рост некоторых штаммов микроорганизмов 68
Ведерникова П. А., Буковская Н. Е. Анализ встречаемости микромицетов-биодеструкторов в различных помещениях Иркутской области 70
Горбунов К. А., Смирнова М. Б., Буковская Н. Е. Влияние различных способов хранения на некоторые свойства *Bacillus thuringiensis* subsp. Dendrolimus 73
Гулигуев А. Т., Кульбачная Н. А., Башкирцев А. В., Кодатенко И. Д. Перспективы и проблемы ДНК-метабаркодных исследований в гидробиологии 75
Елизова К. Д., Тарасенко Т. А. Дифференциальный импорт трнк в митохондрии растений 78
Ефремова Е. В., Вятчина О. Ф. Характеристика бактериального штамма, выделенного из печного топлива.....80
Жиленков В. М., Брюшинина О. С. Валидация биоаналитической методики определения апискабана методом ВЭЖХ МС/МС 83
Жиленкова У. А., Пономарева А. А. Анализ уровня экспрессии микрорнк при хронической обструктивной болезни легких.....85

Зверинцева К. М., Горбенко И. В. SIRCFinder: R-пакет для высокопроизводительного анализа последовательностей и его апробация на геноме *Drosophila* 86
Индосова Е. Б., Юдина Е. И., Дроздова П. Б., Гурков А. Н. Продукция функционального аллостерического транскрипционного фактора SRTF1 в бактериальной системе экспрессии для создания сенсора на прогестерон....88
Караичева М. Г., Курикша Н. А. Особенности внимания и умственной работоспособности у студентов с разными конституциональными типами....91
Касницкая А. В., Гутник И. Н. Электроэнцефалографические показатели динамики психофизиологического состояния при применении техник эмоционально-образной терапии (пилотное исследование) 93
Кашапов И. И., Вострикова В. М., Кобелева В. С. Исследование титриметрическим методом содержания витамина С (аскорбиновой кислоты) в яблоках: сравнение покупных образцов и яблок, выращенных в г. Слюдянке 95
Костюк В. И., Бабаш В. А., Бойкин А. С., Адельшин Р. В. Молекулярная эпидемиология флавивируса *Alongshan* 96
Кузьмин М. Ю., Константинов Ю. М. Физиологические особенности психоэмоционального состояния и гормонального фона у медицинских работников акушерско-гинекологического профиля с разным уровнем физической активности....97
Курикша Н. А., Караичева М. Г. Психомоторные качества и особенности темперамента у студентов с разным типом функциональной конституции....100
Можаева М. А., Букин Ю. С. Анализ таксономического разнообразия и функциональной аннотации вирусных протеомов 103
Олимова А. Б., Рэчиле Д. Г., Соломка А. Н., Ермолаева Я. К. Влияние цветовой температуры света и прозрачности воды на хищническую активность *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874)....105
Орлова А. А., Сигова А. А., Налимова М. А., Ярыгин Д. А. Физические методы стерилизации лигноцеллюлозных субстратов. Сравнительные аспекты 108
Пилипчук В. В., Ярыгин Д. А., Михайленко В. Л. Влияние водорастворимых экстрактивных веществ кородревесных отходов на *Daphnia sinensis* 109
Семенова С. С., Эрдынеев С. В., Фортунатова А. В. Изучение генетического разнообразия штаммов холерного вибриона не o1/не o139 серогрупп в поверхностных водоёмах Иркутской области 112
Фандикова Е. В., Вятчина О. Ф. Физиолого-биохимические признаки и субстратная специфичность актиномицетов – изолятов из нефтезагрязнённых сред....115

Федосов А. Д., Бойкин А. С. Молекулярно-генетическая идентификация личинок блох длиннохвостого суслика из Тувинского природного очага чумы 117
Хохлова К. С., Лебедева А. Д., Ивашина М. А., Вятчина О. Ф. Влияние ПАВ на микроорганизмы 120
Черкашина С. А. Влияние кетогенной диеты на носительство патогенной *Yersinia enterocolitica* у лабораторных крыс 122

ЭКОЛОГИЯ И ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ

Бармотина Е. А. Экология питания байкалоленского хариуса в горных озёрах хребта Удокан (Северное Забайкалье) в период открытой воды 125
Быковская С. С., Козлова А. А. Железо в почвах подтаежных ландшафтов Иркутско-Черемховской равнины 128
Васильев М. А., Букин Ю. С. Популяционные процессы у различных групп ветвистоусых ракообразных 131
Васюхина П. О., Абрамова В. А. Оценка токсичности торфяного дыма в исследованиях *in vitro* 133
Зоркальцев В. И., Горбачев А. В. Моделирование связи численности рыб в озере Байкал с экономическими затратами на вылов 135
Забродин В. А. Некоторые экологические аспекты изучения активности иксодовых клещей как переносчиков инфекционных болезней в рекреационных зонах Прибайкалья 137
Загарий К. В., Захарова Ю. Р. Исследование качества воды в литорали озера Байкал в районе пос. Листвянка по санитарно-микробиологическим показателям 140
Ильюк Е. А. Проблемы сохранения популяций арктического гольца в высокогорных озерах Северного Забайкалья 142
Каминская А. В., Куклина С. Л. Ремедиация земель, загрязнённых тяжёлыми металлами: методы восстановления для сельскохозяйственных угодий 146
Кодатенко И. Д., Лавникова А. В., Ермолаева Я. К., Карнаухов Д. Ю. Динамика зоопланктона и кислородный режим в посттехногенном озере в условиях цветения и гниения нитчатых водорослей (формирования зон гипоксии) 149
Кузьминова О. В., Жердев Н. В. Применение ГИС-методов пространственной интерполяции для картирования зон риска загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком в городах Свирске и Черемхово Иркутской области 152
Кузьминова О. В., Кутенкова А. Д. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почвах и растениях СНТ «Багульник» и на детских площадках г. Свирска 155

Лапердин Е. П. Динамика кадастровой стоимости земельных участков в Иркутской области (2007–2024 гг.) 158
Миронов М. С., Мартынова Н. А. Комплексная оценка экологического состояния почв методами почвенной микробиологии и биотестирования на примере окрестностей Иркутского полигона ТБО 161
Михалёва Е. А. Метод биоиндикации окружающей среды по по флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* в Иркутском районе 164
Мишкина Д. С. Почва в судебной практике, виды судебных почвоведческих экспертиз и их задачи 167
Охотникова М. В., Батранина И. О., Говорухина Е. Б. Сравнительная характеристика макрозообентоса притоков Южного Байкала 170
Пастушенко В. В. Эколого-биологические особенности высших мхов города Шелехова и использование их в экологическом мониторинге 173
Прокопенко А. Л., Николаева В. А., Киселева Н. Д. Электропроводность как показатель засоления гипсоносных почв Южного Приангарья 177
Ремизов Д. И., Мартынова Н. А. Разработка вариантов грунтосмесей для компостирования на основе органогенных и минеральных отходов производств и природных материалов 180
Рыбьяков Р. Ю., Хадеева Е. Р., Маркова Ю. А. Экологическое состояние почв Приольхонья и о. Ольхон 183
Рэчилэ Д. Г., Солодкова А. А., Кондратьева Д. С., Гулигуев А. Т. Альгобактериальные сообщества термальных источников 186
Седова С. С., Индосова Е. Б., Верещагина К. П. Поведенческие реакции массовых литоральных байкальских амфипод в условиях влияния волн тепла 189
Строкина А. А., Калугина О. В. Фракционный состав воды в хвое *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* в условиях техногенного загрязнения 192
Тельнова Т. Ю., Колупаева М. К., Белышенко А. Ю., Моргунова М. М. Определение метаболитов ибупрофена в тканях байкальских эндемичных амфипод и оценка потенциала моховидных растений к биоаккумуляции загрязнителя 195
Тютрина А. А., Фефелов И. В., Поваринцев А. И. Анализ размещения восточных луней, помеченных трекерами Icarus в Южном Предбайкалье в течение немиграционных сезонов 198
Тютрина А. А., Поваринцев А. И. Характеристика питания утиных Тункинского района Республики Бурятия 201
Ширшова В. К. Экологические особенности флоры окрестностей усть-кутских источников (Иркутская область) 204
Юсупов Р. Р., Санаров П. П., Филатов Е. И., Ощепкова О. С. Динамика численности даурской пищухи в Юго-Восточном Алтае 207

УДК 581.9(571.54)

ЛИШАЙНИКИ ГОРНЫХ ЛЕСОВ ХРЕБТА МУНКУ-САРДЫК (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

И. В. Белкин[1], К. А. Мурынкин[2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Средняя общеобразовательная школа № 72, г. Иркутск, Россия
belkin.ivan.2001@mail.ru

Lichen species composition in mountain forests of the Munku-Sardyk ridge (Eastern Sayan) was studied during 2022–2025. Field surveys at 20 sites revealed 11 species from 6 genera and 5 families. The first record of *Thamnolia vermicularis* for the Tunkinsky National Park and the presence of the rare *Peltigera scabrosa* (Red Book of Buryatia) confirm the high conservation value of the area. The obtained data contribute to the knowledge of lichen biodiversity in the Baikal region and can be used for environmental monitoring.

Изучение закономерностей географического распространения видов живых организмов является одной из фундаментальных научных проблем биологии. Лишайники, будучи чуткими индикаторами состояния окружающей среды, играют важную роль в оценке антропогенной нагрузки и сохранении биоразнообразия [1]. Разнообразие природных условий Прибайкалья, обилие экотопов с уникальными климатическими характеристиками объясняют участие в сложении лихенофлоры региона редких и реликтовых видов, сохранившихся с доледниковой эпохи. Свыше 30 видов лишайников, обитающих в Байкальском регионе, внесены в Красные книги различного уровня [2].

Хребет Мунку-Сардык – наиболее высокая часть Восточного Саяна (главная вершина – 3491 м) – характеризуется ярко выраженной высотной поясностью, наличием горно-тундрового, подгольцового и лесного поясов, а также разнообразием субстратов. При общей протяжённости около 14 км он состоит из шести массивов, его вершины поднимаются выше снеговой линии [7]. Несмотря на высокое природоохранное значение территории (Тункинский национальный парк), лихенобиота района остаётся слабо изученной. По предварительным данным для парка приводится 180 видов лишайников, что, по-видимому, не отражает всего разнообразия [4; 6].

Цель работы – выявление видового состава и экологических особенностей лишайников лесных, скально-каменистых и тундровых экосистем хр. Мунку-Сардык.

Маршрутные исследования проводились в 2022–2025 гг. в долинах рек Могувек, Белый Иркут и Средний Иркут (Тункинский район Республики Бурятия). Заложено 20 пробных площадок на высотах от 1200 до 2200 м над у. м. в различных типах леса (лиственничники, кедровники, берёзовые леса), на каменистых россыпях и в высокогорных тундрах. Выполнены геоботанические описания растительности по стандартной методике.

Сбор гербарного материала проводился маршрутным методом. Определение лишайников осуществлялось на кафедре ботаники Иркутского государственного университета под руководством канд. биол. наук А. В. Лиштвы с использованием общепринятой методики А. Н. Окснера [5]. Применялись микроскопы МБС-2 (стереоскопический) и МБИ-3 (световой). Для идентификации использовались стандартные цветные реакции с 10%-ным раствором КОН, гипохлоритом кальция, раствором йода в йодистом калии, 5%-ным спиртовым раствором парафенилендиамина, а также 50%-ными растворами азотной и серной кислот [3; 5]. Всего собрано и обработано более 26 образцов.

В результате камеральной обработки выявлено 11 видов лишайников, относящихся к 6 родам и 5 семействам. Наибольшее число видов отмечено для родов *Cetraria* (3 вида), *Cladonia* (2 вида) и *Peltigera* (2 вида).

Наибольший интерес представляют две находки. *Thamnolia vermicularis*– арктоальпийский вид с дизъюнктивным ареалом – ранее не указывался для флоры Тункинского национального парка, что расширяет представление о его распространении в регионе. *Peltigera scabrosa* – вид, включённый в Красную книгу Республики Бурятия, отмечен на двух пробных площадях в ненарушенных местообитаниях, что подчёркивает высокую сохранность экосистем [2].

Исследование подтвердило предположение о том, что горный рельеф с выраженной высотной поясностью и разнообразием экотопов предопределяет высокое видовое разнообразие лихенобиоты. Наибольшее количество видов отмечено в зоне высокогорных тундр и лиственничных редколесий. В то же время следует отметить, что на данном этапе изучались преимущественно макролишайники (кустистые и листоватые формы); накипные лишайники, требующие более сложной диагностики, пока остались за рамками работы и требуют дальнейшего изучения.

Проведённое исследование позволило выявить 11 видов лишайников в ранее слабо изученном районе Восточного Саяна. Обнаружение нового для Тункинского национального парка вида *Th. vermicularis* и подтверждение местонахождения редкого вида *P. scabrosa* свидетельствуют о высоком природоохранном значении хр. Мунку-Сардык.

Полученные данные дополняют сводки по лихенофлоре Байкальского региона и могут быть использованы для организации экологического мониторинга, в том числе для оценки состояния горных экосистем в условиях

возрастающей антропогенной нагрузки и климатических изменений. Дальнейшие исследования планируется направить на изучение накипных форм, расширение маршрутов в более высокогорные пояса и создание карт распространения редких видов [8].

Список литературы

1. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге. М. : Научный мир, 2002. 336 с.
2. Красная книга Республики Бурятия: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. 3-е изд. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. 688 с.
3. Лиштва А. В. Лихенология : учеб.-метод. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2007. 121 с.
4. Харпухаева Т. М., Лиштва А. В. Материалы к лихенофлоре Баунтовского района Республики Бурятия // Новости систематики низших растений. 2020. Т. 54, № 1. С. 149–164. DOI: 10.31111/nsnr/2020.54.1.149
5. Окснер А. Н. Морфология, систематика и географическое распространение // Определитель лишайников СССР. Л., 1974. Вып. 2. 283 с.
6. Харпухаева Т. М. Предварительные данные о лихенобиоте Тункинского национального парка // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии : сб. науч. ст. по материалам XV Междунар. науч.-практ. конф., 23–26 мая 2016 г., Барнаул. Барнаул : Концепт, 2016. С. 399–401.
7. Статва А. Л. Исследование омскими географами высочайшего горного массива Восточного Саяна – Мунку-Сардык // Омский научный вестник. 2006. № 10 (50). С. 107–111.
8. Фролов И. В., Прокопьев И. А., Туманина П. Д. Предварительный анализ изменения видового состава лишайников порядка Teloschistales вдоль долготной трансекты Якутск – Магадан – Камчатка : материалы Междунар. конф., 1–5 июля 2024 г., Сыктывкар. Сыктывкар : ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2024. С. 108–109.

Научный руководитель канд. биол. наук, доцю А. В. Лиштва.

УДК 631.4

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МУХ-ЖУРЧАЛОК (SYRPHIDAE) ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИБИРИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

М. В. Беломестнова, С. В. Городилова

Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, г. Красноярск, Россия
belomestnova_16062017@mail.ru

In Central Siberia, the Syrphidae species are biologically divided: Syrphus torvus is associated with forests, while Myathropa florea and Episyrphus balteatus are associated with open landscapes with woody vegetation or agrocenoses, respectively.

Фауна журчалок Сибири насчитывает около 400 видов, что значительно меньше мирового разнообразия (более 7 тыс. видов), что обусловлено суровыми климатическими условиями региона [1; 2]. На основе литературных данных и коллекционных фондов для территории Сибири известно 242 вида, относящихся к четырём подсемействам: Microdontinae, Serphidae, Eristalinae и Pipizinae. Наибольшим видовым богатством отличается подсемейство Eristalinae (131 вид), а наименее представлено Microdontinae (3 вида). Анализ литературных источников показывает, что наиболее высокое видовое разнообразие характерно для Южной Сибири (248), а в Восточной – происходит его снижение (211). При этом территория Средней Сибири остаётся наименее изученной, по сравнению с другими территориями России [4].

Исследования проводились в весенне-летний период 2022, 2023 и 2025 гг. на территории юга Красноярского края и Республики Хакасия. Были обследованы ключевые природные зоны: 1) лесостепные районы: Канско-Рыбинская котловина (Саянский, Шарыповский районы), Красноярская лесостепь (Манско-Уярский округ, г. Красноярск); 2) горно-таёжный пояс и предгорья: Северо-Минусинская котловина (Курагинский район), восточный склон Кузнецкого Алатау (Ширинский район), предгорья Кузнецкого Алатау (Орджоникидзевский район).

Сбор материала и определение видов осуществлялся стандартными энтомологическими методами [3–5].

В результате проведённых исследований было собрано 5 видов мух-журчалок, относящихся к подсемейству Syrphinae: 1. Журчалка красивая (*Syrphus ribesii* L.) – наиболее массовый политопный вид. Отмечен в четырёх локациях: пойменные луга в Курагинском районе (окр. с. Кордово), опушечные зоны экопарка «Гремячая грива» в г. Красноярске, увлажненные участки степи в Шарыповском районе. Личинки являются афидофагами, имаго питаются нектаром зонтичных и сложноцветных. 2. Двуполосная журчалка (*Episyrphus balteatus* De Geer) – мигрирующий вид, предпо-

читающий открытые агроценозы. Отмечен в Саянском районе (окр. с. Орье) в экотонной зоне между березовым колком и разнотравным лугом. 3. Журчалка цветочная (*Myathropa florea* L.) – вид, личинки которого развиваются в дуплах лиственных деревьев. Отмечен в Саянском районе (пойменные луга р. Агул) и в Ширинском районе Республики Хакасия (остепненные пойменный луг). Наличие вида обусловлено близостью старых пойменных берёзово-осиновых лесов. 4. Журчалка осовидная (*S. torvus* Osten-Sacken) – лесной вид, тяготеющий к хвойным и смешанным лесам. Зарегистрирован в эко-парке «Гремячая грива» (сосновый лес) и в Манско-Уярском округе (разреженный березняк, горно-таёжный пояс в окр. с. Кутурчин). 5. Журчалка лобастая (*S. vitripennis* Meigen) – вид, близкий к *S. ribesii*, предпочитающий увлажнённые лесные опушки. Отмечен в Орджоникидзевском районе Республики Хакасия (окр. с. Устинкино) на опушке берёзово-осинового леса в пойменной террасе р. Черный Июс.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что видовой состав мух-журчалок в обследованных районах юга Сибири представлен преимущественно широко распространенными видами, тяготеющими к луговым и опушечным биотопам. Наибольшее видовое богатство отмечено в экотонных зонах (опушки леса, границы пойменных и степных участков).

Список литературы

1. Беломестнова М. В., Городилова С. Н. Биологическое разнообразие мух семейства Syrphidae на территории Сибири: современный видовой состав // Современный учитель биологии, географии и химии: вызовы времени : материалы конф. Красноярск, 2025. С. 13–17.

2. Беломестнова М. В., Федоров Н. В., Городилова С. Н. Анализ коллекционных фондов зоологических музеев мух семейства Syrphidae на территории Сибири // Современный учитель биологии, географии и химии: вызовы времени : материалы конф. Красноярск, 2025. С. 18–21.

3. Лер П. А. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Владивосток : Дальнаука, 1999. Т. 6 : Двукрылые и блохи. Ч. 1. 665 с.

4. Мутин В. А. Мухи-журчалки (Syrphidae) Дальнего Востока России (фауна, биогеография, экология) : автореф. дис. … д-ра биол. наук. Владивосток, 2004. 48 с.

5. Храмов П. Иллюстрированный каталог насекомых мира. Семейство Syrphidae. URL: https://insecta.pro/ru/taxonomy/892813 (дата обращения: 05.04.2025).

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. С. Н. Городилова

УДК 58.009

ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ ЗАПОЛЯРНОГО КРУГА (ОКРЕСТНОСТИ ПОСЕЛЕНИЯ ХАТАНГА)

Н. А. Войтенко, Н. Н. Тупицына

Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, г. Красноярск, Россия
nik.voytenko2004@mail.ru

The article presents data on the spectrum of life forms of the flora in the vicinity of the settlement of Khatanga (beyond the Arctic Circle), according to the generally accepted classifications of Raunkier (1934) and I. G. Serebryakov (1964), during the late summer period.

Анализ жизненных форм растений важен для более глубокого понимания структуры, динамики и исторического развития растительных сообществ и их взаимосвязи с окружающей средой [1], в данном случае для изучения флоры поселения Хатанга. Сбор позднелетней флоры заполярного круга (окрестности поселения Хатанга) проводился в поздне-летний период (конец июля – начало августа) 2024 г. в ходе экспедиции РГО «Арктика. Генеральная уборка». После определения видового состава был проведен анализ жизненных форм растений.

Спектр жизненных форм флоры заполярного круга окрестностей поселения Хатанга по Х. Раункиеру (1934) [2] (табл. 1)

Преобладающей жизненной формой являются травянистые многолетние растения – тип криптофиты (39,6 %): группа геофиты – 34 вида (37,4 %), группа гидрофиты – 2 вида (2,2 %). На втором месте находится тип гемикриптофиты (27,5 %) (травянистые растения): группа протогемикриптофиты – 22 вида (24,2 %), группа розеточные гемикриптофиты – 3 вида (3,3 %). На третьем месте находится тип фанерофиты (15,4 %): группа микрофанерофиты – 6 видов (6,6 %), группа нанофанерофиты – 5 видов (5,5 %), группа мезофанерофиты – 2 вида (2,2 %), группа мегафанерофиты – 1 вид (*Alnus glutinosa* L.) (1,1 %). Тип хамефиты включает 11 видов (12 %). Тип гемитерофиты – одно-двулетние растения – представлены всего 3 видами (3,3 %), тип терофиты – 2 видами (2,2 %).

Таблица 1

Спектр жизненных форм растений поселения Хатанга по Х. Раункиеру (1934)

Жизненная форма	Число видов	% от общего числа видов
Фанерофиты		
Мегафанерофиты	1	1,1
Мезофанерофиты	2	2,2
Микрофанерофиты	6	6,6
Нанофанерофиты	5	5,5

Окончание табл. 1

Жизненная форма	Число видов	% от общего числа видов
Криптофиты		
Геофиты	34	37,4
Гидрофиты	2	2,2
Гемикриптофиты		
Протогемикриптофиты	22	24,2
Розеточные гемикриптофиты	3	3,3
Хамефиты	11	12
Гемитерофиты	3	3,3
Терофиты	2	2,2
Всего	91	100

Спектр жизненных форм флоры заполярного круга окрестностей поселения Хатанга по И. Г. Серебрякову (1964) [1] (табл. 2)

Преобладающими жизненными формами во флоре заполярного круга окрестностей п. Хатанга является отдел наземные травы, травянистые поликарпики: длиннокорневищные, короткокорневищные, стержнекорневые, кистекорневые наземно-ползучие, рыхло-дерновинные, плотно-дерновинные, луковичные, корнеотпрысковые) – 60 видов (65,9 %). На втором месте отдел древесные растения (прямостоячие кустарники, прямостоячие деревья, прямостоячие кустарнички, стелющиеся кустарники, стелющиеся кустарнички) – 21 вид (23,1 %). Отдел полудревесные растения представлен – прямостоячими полукустарничками – 1 вид (1,1 %) (*Pyrola grandiflora* Radius.), стелющимися полукустарничками – 1 вид (1,1 %) (*Comarum palustre* L.). Далее следуют по 2 вида (2,2 %) монокарпические травы: однолетние травы, одно/двулетние травы, двулетние трав. Также двумя видами (2,2 %) представлен отдел водные травы – плавающие и подводные травы.

Таблица 2

Спектр жизненных форм растений поселения Хатанга по И. Г. Серебрякову (1964)

Жизненная форма	Число видов	% от общего числа
Отдел Древесные растения		
I Тип Деревья	**1**	**1,1**
Прямостоячие деревья	1	1,1
II Тип Кустарники	**14**	**15,4**
Прямостоячие кустарники	13	14,3
Стелющиеся кустарники	1	1,1
III Тип Кустарнички	**6**	**6,6**
Стелющиеся кустарнички	5	5,5
Прямостоячие кустарнички	1	1,1
Отдел Полудревесные растения		
IV Тип Полукустарники и полукустарнички	**2**	**2,2**
Прямостоячие полукустарнички	1	1,1
Стелющиеся полукустарнички	1	1,1

Окончание табл. 2

Жизненная форма	Число видов	% от общего числа
Отдел Наземные травы		
V Тип Травянистые поликарпики	**60**	**65,9**
Короткокорневищные травы	11	12
Стержнекорневые травы	17	18,7
Кистекорневые травы	4	4,4
Наземно-ползучие травы	2	2,2
Рыхло-дерновинные травы	4	4,4
Плотно-дерновинные травы	5	5,5
Корнеотпрысковые	1	1,1
Луковичные	1	1,1
VI Тип Травянистые монокарпики	**6**	**6,6**
Одно/двулетние травы	2	2,2
Однолетние травы	2	2,2
Двулетние травы	2	2,2
Отдел Водные травы		
Тип VIII Плавающие и подводные травы	2	2,2
Всего	91	100

Таким образом, биоморфологический анализ по классификациям Х. Раункиера и И. Г. Серебрякова отражает высокое разнообразие жизненных форм флоры окрестностей поселения Хатанга, что является показателем низкой конкуренции между видами исследованных фитоценозов. Малое количество терофитов, но преобладание криптофитов во флоре заполярного круга связано с суровыми климатическими условиями – в конце июля и первой половине августа однолетние растения уже закончили свой вегетационный период и погибли, чем и объясняется обилие видов криптофитов.

Список литературы

1. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. М. ; Л., 1964. Т. 3. С. 146–205.
2. Raunkiaer Ch. The life form of plants and statistical plant geography. Oxford, 1934. 632 p.

УДК 581.5

ОБЗОР РАСТЕНИЙ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИГУ

М. К. Дементьева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Dementeva.ma.ka@gmail.com

The Botanical Garden of Irkutsk State University has introduced 148 plant species from the Baikal region, with more than half of them originating from the Irkutsk region. Also with the help of an ecological and arealogical analysis of these introduced species was conducted based on personal observations, data from introduction records, and literature sources.

Одним из основных направлений ботанических садов является сохранение биоразнообразия растений региона, таким образом успешность ботанического сада оценивается по количеству и разнообразию видов в коллекции. Байкальский регион расположен в зоне рискованного земледелия, что может снизить успешность интродукции не только растений с отдаленных мест планеты, но и местных, произрастающих в специфических микроклиматических условиях [3].

Растения Байкальского региона представляют большую хозяйственную ценность и активно используются как в официальной [1], так и в народной медицине [6]. Среди интродуцентов Байкальского региона в ботаническом саду представлен 21 вид, входящий в Фармакопею РФ и у 8 видов представлены близкородственными видами [1].

В Ботаническом саду представлено 148 видов растений Байкальского региона. Большинство из них собрано для интродукции в Иркутской области – 58 %, причём основная часть образцов из пригорода Иркутска, Ольхонского и Слюдянского районов. Из республики Бурятия привезено 31 % образцов для интродукции, а из Забайкальского края 11% образцов. Одними из первых интродуцентов в 1950-х гг. были *Crataegus sanguinea* Pall. и *Ulmus laevis* Pallas, собранные в окрестностях Иркутска и *Armeniaca sibirica* (L.) Lam. из Забайкальского края. При анализе интродукционных журналов выявлено три основные волны интродукции в Ботаническом саду ИГУ – это 80-е гг. XX в – 29 интрудуцентов с Байкальского региона; начало 2000 г. – 35 видов и после 2010 г. по настоящее время – 49 видов из Байкальского региона.

Таксономическая структура интродуцентов уточнялась по данным электронного каталога Плантариум [4]. Большая часть растений относится к классу Magnoliopsida – 77 %, Liliopsida – 16 %, Pinopsida – 5 % и 1 представитель Gnetophyda – *Ephedra monosperma* J. G. Gmel. ex C. A. Mey. К наиболее разнообразным семействам относятся Rosaceae – 21 вид, представленный 12 родами наиболее многочисленный из которых является *Spiraea* – 6 видов. Семейство Ranunculaceae представлено 17 видами из

12 родов, наиболее разнообразным является *Anemone* – 6 видов, в том числе и узколокальные. В семейство Ericaceae входят 14 видов из 7 родов, наибольшее разнообразие у родов *Vaccinium* – 4 вида и *Rhododendron* – 3 вида. Семейство Salicaceae представлено 11 видами из 2 родов *Populus* и *Salix*. Большое количество семейств представлено единичными видами, например, такие как Berberidaceae – *Berberis sibirica* Pall., Xanthorrhoeaceae – *Hemerocallis minor* Mill. Наибольшее видовое разнообразие у рода *Allium*, которого в коллекции ботанического сада 7 видов.

По данным ареалов [2; 4; 7] около 30 % видов относятся к сибирско-дальневосточным, 14 % европейско-сибирских видов, 12 % – восточносибирских видов и 9 % узколокальных видов. Часть видов представлена в Красных книгах. Так 10 видов приводится в Красной книге Иркутской области, 9 в Красной книге Бурятии и 14 в Красной книге Забайкальского края. 5 видов в Красной книге РФ. Во всех региональных Красных книгах Байкальской Сибири и в Красной книге РФ в статусе редкий приводятся *Allium altaicum* Pall., *Rhodiola rosea* L., *Cypripedium calceolus* L., *Cypripedium macranthos* Sw. и *Orchis militaris* L.

По классификации жизненных форм И. Г. Серебрякова [5] в Ботаническом саду ИГУ наиболее полно представлены травянистые многолетники. Они занимают 50 % от всех интродуцентов Байкальского региона в саду. На кустарники приходится 14 %, а на кустарнички и деревья по 10 %. По классификации жизненных форм по Раункиеру [9] можно выделить две основные группы растений – это гемикриптофиты – 37 % представлены многолетними травянистыми растениями и фанерофиты – 33 % к которым относятся деревья и некоторые кустарники. Хамефитов – 16 %, а остальные группы представлены единично. Для определения экологических групп по отношению к различным факторам среды использовались экологические шкалы Цыганова [8] и данные литературных [2; 7] и электронных источников [4]. По отношению к свету больше половины растений относятся к светолюбивым и произрастают на открытых участках в Ботаническом саду, слабосветолюбивые составляют 15 % от проанализированных интродуцентов, теневыносливые и тенелюбивые растения составляют 10 и 7 % соответственно. По отношению к влаге преобладают растения среднеувлажненных местообитаний – мезофиты – 45 %, также достаточно представлены ксерофиты и ксеромезофиты по 18 и 12 %, что связано с большим количеством образцов, полученных с Ольхонского района и степных районов Бурятии. У 35 % растений средние требования к трофности почвы, 23 % нуждаются в богатых и плодородных почвах, а 7 % нетребовательны к почвенному питанию, остальные растения требуют специфического типа субстрата, например, 18 % петрофитов, что связано с интродукцией горных и скальных растений и 8 % оксилофитов с хвойных кислых почв и заболоченных местностей. По температурному режиму в ос-

новном холодостойкими – 59 % и теплолюбивыми – 21 %, остальные группы представлены слабо, что напрямую связано с климатическими условиями Байкальского региона. Растения интродуценты были собраны с различных биотопов со своими микроклиматическими условиями, которые уточнялись по записям в интродукционных журналах Ботанического сада ИГУ и литературных источниках [2; 7]. Большая часть растений из лесных сообществ – 28 % из них половина – это растения тайги или смешанных лесов. К альпийским и субальпийским растениям относятся 16 % видов. Степные и луговые растения представлены 10 и 12 % соответственно. По поймам и прибрежным зонам собрано 9 % образцов, а с болот и заболоченных участков – 8 % видов. Остальные растения со смешанных биотопов или скальных пород. Более 35 % растений были привезены с горных или предгорных районов с различными биотопами. 22 % характеризуются исключительно равнинной приуроченностью.

Благодарность за материалы: С. Е. Калинович куратору коллекции травянистых растений и Е. Н. Филимоновой куратору дендрологической коллекции, сада вересковых.

Список литературы

1. Государственная фармакопея Российской Федерации / М-во здравоохранения РФ. 15-е изд. М., 2023. URL: https://pharmacopoeia.regmed.ru (дата обращения: 24.03.2026).

2. Конспект флоры Сибири: Сосудистые растения / сост. Л. И. Малышев [и др.]. Новосибирск : Наука, 2005. 362 с.

3. Кузеванов В. Я., Сизых С. В. Определение миссии ботанического сада в системе природопользования в Байкальской Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2011. Т. 4, № 2. С. 44–55.

4. Плантариум: открытый онлайн-атлас и определитель растений России и сопредельных стран. 2007–2026. URL: https://www.plantarium.ru (дата обращения: 23.03.2026).

5. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений: Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М. : Высш. шк., 1962. 378 с.

6. Телятьев, В. В. Полезные растения Центральной Сибири. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1985. 384 с.

7. Флора Сибири : в 14 т. / под ред. И. М. Красноборова, Л. И. Малышева. Новосибирск : Наука, 1987–2003.

8. Цыганов И. А. Экологические шкалы для растений Средней России. М. : Наука, 1983. 210 с.

9. Raunkiaer C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography. Oxford : Clarendon Press, 1934. 632 p.

Научный руководитель канд. биол. наук, директор Ботанического сада ИГУ С. В. Сизых

УДК 574.58

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ КРУГЛОГОДИЧНЫХ ПЛАНКТОННЫХ КОЛОВРАТОК ЮЖНОГО БАЙКАЛА

А. А. Демидова, Е. А. Зилов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
dem.anastasia.a@mail.ru

The aim of the recent study is the presentation of seasonal dynamics of year-round rotifers of Lake Baikal pelagial in 1946–2023.

Количественные показатели коловраток используют для мониторинга экологического состояния водоемов и определения структурных перестроек в планктоне озёр [1–3]. Изучение динамики численных показателей коловраток имеет важное значение и для оз. Байкал. В пелагиали Байкала традиционно принято выделять три сезонные группы коловраток. Круглогодичная группа включает четыре вида: *Keratella quadrata* (Мьller, 1786), *K. cochlearis* (Gosse, 1851), *Filinia terminalis* (Plate, 1886) и *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879).

Материалом для исследования послужили данные круглогодичных, еженедельных или ежедекадных сборов проб сетного зоопланктона за 1946–2023 гг. Станция отбора проб («Точка № 1») располагается в открытой части Южного Байкала, на расстоянии 2,7 км от берега (51є52'48" с. ш. 105є05'02" в. д.) над глубиной около 800 м против биостанции НИИ биологии озера Байкал Иркутского государственного университета (пос. Большие Коты). Орудием лова служила планктонная сеть Джеди. В работе представлены результаты облова слоя 0–50 м.

Цель исследования – изучение многолетней динамики численности круглогодичных коловраток Южного Байкала.

Наибольшую среднемесячную максимальную численность за 78 лет отмечали у *K. quadrata* (12,49±5,13 тыс. экз/м^3), наименьшую – у *K. longispina* (6,52±2,45 тыс. экз/м^3). Второе место у *F. terminalis* (10,01±4,28 тыс. экз/м^3), третье у *K. cochlearis* (7,51±3,28 тыс. экз/м^3).

В ходе сезонного развития максимум численности у трех коловраток (*K. quadrata*, *K. cochlearis* и *F. terminalis*) зарегистрирован в октябре (2020 г.), у *K. longispina* – в августе (1974 г.). Минимальный показатель численности для каждого вида наблюдали в разные месяцы зимне-весеннего периода. Наибольший показатель численности по месяцам отмечен у *K. quadrata* (42,26 тыс. экз/м^3) (октябрь), наименьший – у *F. terminalis* (0,20 тыс. экз/м^3) (апрель).

Наибольшая среднемесячная встречаемость в сезонной динамике за 78 лет наблюдалась у *K. longispina* (88,38±2,73 %), благодаря высокой частоте встречаемости весной. Наименьшая – у *K. cochlearis* (44,66±3,81 %).

У видов *K. quadrata* и *F. terminalis* показатели средней частоты встречаемости по месяцам близки и составили 70,45±6,38 и 70,78±5,88 % соответственно.

Для всех четырех видов в сезонной динамике максимум частоты встречаемости наблюдали в октябре, минимум – в июне. Наибольший показатель встречаемости по месяцам отмечен у *K. quadrata* (100 %), наименьший – у *K. cochlearis* (24 %).

Наибольшее соответствие численности и встречаемости отдельно для каждой коловратки установлено для *K. quadrata* (9 из 12 мес.) и *K. cochlearis* (8 из 12 мес.).

Виды *K. quadrata*, *F. terminalis* и *K. cochlearis* схожи по уровню частоты встречаемости (7 из 10 мес.). Больше всего совпадений уровней встречаемости (10 из 12 мес.) в многолетней сезонной динамике у пары видов *K. quadrata* и *F. terminalis*.

Сезонная динамика круглогодичных коловраток характеризуется наличием двух максимумов численности в августе и октябре – месяцы, близкие по уровню развития. Низкая численность в августе отмечена у вида *K. cochlearis*.

У двух видов: *K. quadrata* и *F. terminalis* в многолетнем аспекте наблюдается схожая сезонная динамика численности. Они отличаются высокой встречаемостью в августе и декабре. У других видов в эти месяцы средняя или низкая частота встречаемости.

В многолетней межгодовой динамике средней численности *K. quadrata* наибольшие пики зафиксированы в 1991 г. (2,01±0,49 тыс. экз/м^3) и 2018 г. (2,00±0,28 тыс. экз/м^3). Минимальные показатели численности наблюдали в 1982 г. (0,010±0,002 тыс. экз/м^3), 2013 г. (0,006±0,001 тыс. экз/м^3), а также в 1971 г. и 2011–2012 гг. Пики численных показателей вида *F. terminalis* зарегистрированы в 1952 г. (1,14±0,56 тыс. экз/м^3) и 2018 г. (1,57±0,23 тыс. экз/м^3). Вид не обнаружен в планктоне в период с 1946 по 1950 г. и в 1957 г. Низкая численность отмечена в 1964 г. (0,025±0,007 тыс. экз/м^3), 2010 г. (0,031±0,007 тыс. экз/м^3) и 2011–2013 гг. (2012 г. 0,018±0,004 тыс. экз/м^3). У вида *K. longispina* пики численности отмечены в 1974 г. (0,41±0,13 тыс. экз/м^3) и 2018 г. (0,70±0,08 тыс. экз/м^3). Низкие показатели наблюдалась в 1967 г., 1984 г., 1990 г. и 2010–2013 гг. (2013 г. 0,007±0,001 тыс. экз/м^3). Пики численности *K. cochlearis* отмечены в 1965 г. (0,29±0,28 тыс. экз/м^3), 1989 г. (0,40±0,15 тыс. экз/м^3) и 2020 г. (0,48±0,12 тыс. экз/м^3). Вид не обнаружен в планктоне в период с 1946 по 1950 г., в 1952 г., 1955 г. и 1999 г. Минимумы численности отмечены в 1977 г., 1982 г., 2008 г. и 2012 г. Наибольшие пики средней численности всей круглогодичной группы выявлены в 1958 г., 1991 г., 1996 г., 2015 г. и 2018 г.

Выводы

Наибольшую среднемесячную максимальную численность за 78 лет отмечали у *K. quadrata.* Наибольшую среднемесячную встречаемость – у *K. longispina*. Наименьшая среднемесячная численность – у *K. longispina*, встречаемость – у *K. cochlearis*.

В сезонном цикле развития максимум численности трех коловраток: *K. quadrata*, *F. terminalis* и *K. cochlearis*) и встречаемости (всех четырех) наблюдали в октябре. Наибольшую численность *K. longispina* отмечали в августе.

В условиях толщи вод Южного Байкала, доминирующие по численности круглогодичные коловратки *K. quadrata* и *F. terminalis* имеют схожую сезонную динамику развития. Выявлено, что они отличаются от двух других видов высокой частотой встречаемости в августе и декабре. По уровням частоты встречаемости с этими видами также схожа коловратка *K. cochlearis.*

Вид *K. longispina* отличается от других видов группы своей сезонной динамикой развития. У этой коловратки одновременно наименьшая среднемесячная численность и наибольшая частота встречаемости.

В многолетней межгодовой динамике среди наибольших пиков численности максимум в 2018 г. наблюдался у трех круглогодичных коловраток из четырех, по минимальной численности общим для четырех видов стал 2012 г.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (FZZE-2026-0004) и Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Список литературы

1. Коровчинский Н. М., Бойкова О. С., Мнацаканова Е. А. Многолетняя трансформация пелагического зоопланктона озера Глубокого (Московская область): тенденции последних лет // Лимнология в России : тез. докл. Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию Института озероведения РАН. Санкт-Петербург, 12–14 февр. 2024 г. СПб : РАН, 2024. С. 182.

2. Мнацаканова Е. А. О пользе долговременных мониторинговых наблюдений: на примере 125-летних наблюдений над коловратками Глубокого озера (Московская обл.) // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции. Москва, 20–22 марта 2017 г. М. : ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2017. С. 678–679.

3. Љpoljar M. Microaquatic communities as indicators of environmental changes in lake ecosystems // J. of Engineering Research. 2013. Vol. 1. P. 29–42.

УДК 595.745(282.256.341)

ЛЁТ ЭНДЕМИЧНЫХ РУЧЕЙНИКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ В 2013 И 2015 ГГ.

Е. И. Захарова[1], А. В. Непокрытых[2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск Россия
E-mail: adibut2186@mail.ru

In 2013 and 2015, observations of the flight of endemic caddisflies in Lake Baikal were conducted. The results showed that, half a century after the first observations, the emergence times of endemic caddisfly species had not changed. Data on the species' distribution in previously unexplored areas was also obtained.

Эндемичные ручейники оз. Байкал являются одной из наиболее многочисленных групп макрозообентоса, заселяя каменистую литораль озера от уреза воды до свала, глубже встречаются единичные экземпляры. В настоящее время для оз. Байкал описано 14 эндемичных видов ручейников. Большая часть их жизни проходит под водой, около трёх лет [1]. По литературным данным лёт имаго эндемичных ручейников на озере начинается с конца апреля и заканчивается к 10 июля [1; 2]. Основные наблюдения за лётом эндемичных байкальских ручейников проводились в середине прошлого века в 1960, 1962–1965 гг. [2]. Современных данных мало. Цель нашего исследования дополнить знания по фенологии лёта ручейников оз. Байкал.

Материалом для данного сообщения послужили сборы ручейников Лимнологического института в 2013 и 2015 гг. в следующих точках: 1 – бух. Хакусы; 2 – м. Елохин; 3 – бух. Солонцовая; 4 – бух. Академическая о. Б. Ушканий; 5 – бух. Пещерка, о. Б. Ушканий; 6 – бух. Максимиха; 7 – м. Ижимей; 8 – пос. Хужир; 9 – бух. Карганте; 10 – м. Хохе-Шахантуй; 11 – бух. Хоргойская; 12 – р. Бугульдейка; 13 – пос. Б. Голоустное; 14 – бух. Б. Коты; 15 – м. Берёзовый; 16 – пос. Листвянка; 17 – Чаячий утес; 18 – пос. Култук, 19 – г. Слюдянка; 20 – г. Байкальск.

Сборы имаго насекомых в 2013 г. осуществлялись с 23 мая по 11 июня, дополнительно в г. Слюдянке 18–20 июня, в 2015 г. – с 11 по 27 июня. Наиболее интенсивный лёт имаго эндемичных ручейников отмечен в 2015 г. во второй половине июня с 11 по 17 (рис. 1), что соответствует данным 1960–1965 гг. [2]. Максимальный вылет ручейников (18 300 экз/м^2) происходил в бухте у м. Берёзового на урезе озера. На протяжении всего лёта в 2013 и 2015 гг. в сборах самцы преобладали над самками (см. рис. 1).

За два года исследований лёта ручейников на оз. Байкал в сборы попало 13 эндемичных (рис. 2) и 2 вида сибирской фауны. Наиболее распространёнными и доминирующими оказались эндемичные виды *Baicalina*

bellicosa Martynov, 1914, *Baicalinella foliata* Martynov, 1914 и *Baicalodes ovalis* Martynov, 1914. Чужеродные виды *Apatania majuscula* McLachlan, 1872 и *Hydatophylax nigrovittatus* McLachlan, 1872 в сборах встречены единично, так как их имаго отличаются поведенческой реакцией и не образуют скопления вдоль уреза.

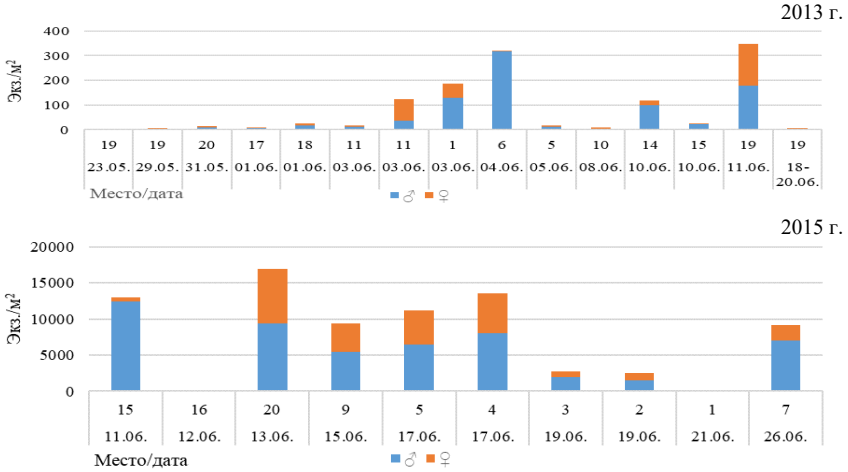


Рис. 1. Интенсивность лета имаго эндемичных видов ручейников в разных районах оз. Байкал в 2013 г. и 2015 г.

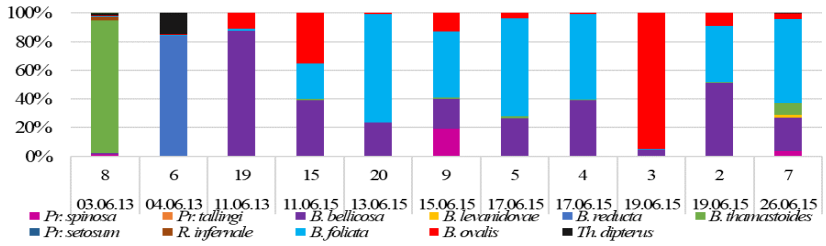


Рис. 2. Соотношение эндемичных видов ручейников в точках с массовым вылетом на оз. Байкал в 2013 и 2015 гг.

Вылет большинства видов ручейников (7 видов) происходил в течении всего периода наблюдения с 31 мая по 27 июня. *Radema infernale* Hagen, 1872 и *Protoradema setosum* (Martynov, 1924) – весенняя фенологическая группа видов по Меньшуткиной [2] встречены в самом конце их лёта с 3 по 6 июня. Во второй половине июня 17–21 отмечен лёт имаго *Protobaicalina* (*Protobaicalina*) *tallingi* (Rozhkova, 1996) и 26–27 июня – *Baicalina levanidovae* Ivanov et Menshutkina, 1996.

Полученные данные о сроках вылета эндемичных байкальских ручейников согласуются с литературными данными прошлого века [2; 3] и это может свидетельствовать о том, что на момент исследований в их фенологии лёта ещё не отмечаются изменения на фоне происходящих в озере экологических событий [4].

Список литературы

1. Непокрытых А. В. Эндемичные ручейники (Trichoptera) озера Байкал: пространственное распределение и биология : автореф. дис. … канд. биол. наук : 03.02.01. Иркутск, 2009. 24 с.

2. Меншуткина Т. В. Новые данные по биологии ручейников (Trichoptera, Apataniinae, Limnophilidae) Байкала. 1. Сроки жизни и массовый лёт имаго // Энтомологическое обозрение. 1967. Т. 46, вып. 1. С. 92–104.

3. Ivanov V. D., Menshutkina T. V. Endemic caddisflies of lake Baikal (Trichoptera, Apataniidae) // Braueria. Austria, 1996. Vol. 23. P. 13–28.

4. Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? / O. A. Timoshkin, D. P. Samsonov, M. Yamamuro [et al.] // J. of Great Lakes Research. 2016. N 42. P. 487–497.

УДК 632.4

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МУЧНИСТОРОСЯНЫХ ГРИБОВ ПО РАСТЕНИЯМ – ХОЗЯЕВАМ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

В. М. Кудрявцева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
valakud81@gmail.com

Powdery mildew fungi are a very interesting group of living organisms. They parasitize many plants around the globe. This text presents the first data on the occurrence of powdery mildew fungi on various host plants in Central Zabaikalye.

Мучнисторосяные грибы – сумчатые грибы, являющиеся облигатными паразитами высших растений и вызывающие такое заболевание как мучнистая роса. Типичный признак данного заболевания – белый мучнистый налет, который образуется чаще всего на листьях, стеблях, реже на плодах растений. Налет создается благодаря поверхностному мицелию, на котором во время вегетационного периода образуются конидии на конидиеносцах. Конидии нужны для распространения и заражения растений. Ближе к концу вегетации начинают формироваться закрытые плодовые тела – клейстотеции, внутри которых образуются сумки с аскоспорами. Помимо этого, от перидия клейстотеция отходят различного строения придатки. Количество сумок и аскоспор в них, а также строение придатков важно при определении данных грибов [2].

Сбор гербарного материала производился в Забайкальском крае – Чернышевский район, окрестности пгт. Чернышевск и с. Алеур в период с 24.07 по 24.08.2025. Камеральная обработка материала осуществлялась на кафедре ботаники Иркутского государственного университета по общепринятым в фитопатологии методикам [1].

В результате камеральной обработки было обнаружено 16 видов мучнисторосяных грибов на 40 питающих растениях, которые представлены 19 видами и 12 семействами.

Установлено, что в семействе Asteraceae были поражены 5 видов растений двумя видами мучнисторосяных грибов: на *Artemisia* sp. *Golovinomyces artemisiae* (Grev.) V. P. Heluta, на *Lactuca sibirica* (L.) Benth. ex Maxim., *Scorzonera radiata* Fisch. ex Ledeb., *Sonchus oleraceus* L., *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. *Golovinomyces cichoracearum* (DC.) V. P. Heluta. В семействе Rosaceae были поражены 3 вида растений двумя видами эризифовых грибов: на *Potentilla argentea* L. и *Sibbaldianthe bifurca* (L.) Kurtto ex T. Erikss. *Podosphaera aphanis* (Wallr.) U. Braun et S. Takam. В семействе Fabaceae поражено 2 вида растений двумя видами грибов: на *Caragana arborescens* Lam. *Erysiphe coluteae* (Kom.) U. Braun et. S. Takam. и *Melilotus albus* Medik. *Erysiphe trifolii* Grev. В остальных семействах были инфицированы по одному виду растений. Семейство Brassicaceae: на *Catolobus pendulus* (L.) Al-Shehbaz *Erysiphe cruciferarum* Opiz. ex L. Junell, семейство Geraniaceae: на *Geranium sp. Podosphaera fugax* (Penz. et Sacc.) U. Braun et. S. Takam., семейство Grossulariaceae: на *Ribes nigrum* L. *Podosphaera mors-uvae* (Schwein.) U. Braun et S. Takam., семейство Papaveraceae: на *Oreomecon nudicaulis subsp. nudicaulis Golovinomyces orontii* (Castagne) V. P. Heluta, семейство Poaceae: на *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng *Blumeria graminis* (DC.) Speer, семейство Polygonaceae: на *Polygonum aviculare* L. *Erysiphe polygoni* DC., семейство Ranunculacae: на *Delphinium elatum* L. *Erysiphe aquilegiae* DC., семейство Urticaceae: на *Urtica cannabina* L. *Erysiphe urticae* (Wallr.) S. Blumer, семейство Salicaceae: на *Salix sp. Erysiphe adunca* (Wallr.) Fr.

Исходя из данных, наиболее часто мучнистой росе подвержены представители следующих семейств: Asteraceae, Rosaceae, Fabaceae. Также из вышесказанного можно сказать, что гриб *Golovinomyces cichoracearum* (DC.) V. P. Heluta поселяется на 3 видах различных родов питающих растений, а гриб *Podosphaera aphanis* (Wallr.) U. Braun et S. Takam. на 2 видах различных родов. Эти грибы обладают более широкой экологической пластичностью по отношению к растениям – хозяевам, чем другие виды грибов.

На основе проведенного географического анализа было выявлено, что обнаруженные виды грибов довольно широко распространены по земному шару. Исходя из этого, можно выделить некие ареалогические группы, характеризующие ареал распространения определенных видов грибов.

Мультирегиональная группа включает такие виды, которые обитают и в Северном полушарии, и в Южном. К ней относится большее количество обнаруженных видов: *Blumeria graminis* (DC.) Speer, *Erysiphe aquilegiae* DC., *E. cruciferarum* Opiz. ex L. Junell, *E. polygoni* DC., *E. trifolii* Grev., *Golovinomyces artemisiae* (Grev.) V. P. Heluta, *G. cichoracearum* (DC.) V. P. Heluta, *G. orontii* (Castagne) V. P. Heluta, *Podosphaera aphanis* (Wallr.) U. Braun et S. Takam. *P. fusca* (Fr.) U. Braun et Shishkoff, *P. mors-uvae* (Schwein.) U. Braun et S. Takam., *P. tridactyla* (Wallr.) de Bary. Голарктическая группа включает виды, заселяющие преимущественно Северное полушарие. В нее входит 1 вид собранных грибов: *Podosphaera fugax* (Penz. et Sacc.) U. Braun et. S. Takam. Также немногочисленными являются евразиатская группа с 1 видом *Erysiphe coluteae* (Kom.) U. Braun et. S. Takam., евразиатско-американская с 1 видом *E. adunca* (Wallr.) Fr. и евразиатско-североамериканская с 1 видом *E. urticae* (Wallr.) S. Blumer.

В результате можно заключить, что эризифовые грибы, выявленные на территории Забайкальского края, относятся к группе широко распространенных видовё ареалы которых охватывают крупные регионы планеты, охватывающие целые флористические царства или даже выходящие за их пределы. Большинство выявленных видов в качестве питающих растений используют представителей семейства астровые.

Список литературы

1. Шевченко С. В., Цилюрик А. В. Лесная фитопатология : [учебник для лесохоз. фак. вузов]. Киев : Вища шк., 1986. 381 с.

2. Общая фитопатология : учеб. для вузов / К. В. Попкова, В. А. Шкаликов, Ю. М. Стройков. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Дрофа, 2005. 445 с.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. В. Лиштва.

УДК 595.772

ВИДОВОЙ СОСТАВ СЛЕПНЕЙ (DIPTERA, TABANIDAE) ГОРОДА ИРКУТСКА

М. С. Мухаметгалеева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
marina. mukhametgaleeva@mail.ru

Слепни (семейство Tabanidae) являются факультативными кровососами и переносчиками более 25 видов возбудителей опасных инфекционных и паразитарных заболеваний человека и животных, включая сибирскую язву, туляремию и лептоспироз. Несмотря на их эпидемиологическую значимость, последние исследования фауны слепней в Иркутской области проводились в 1960-х гг. [1]. В настоящее время актуальные данные о видовом составе и численности этих насекомых в регионе отсутствуют. Целью работы стало изучение и обновление информации о видовом разнообразии и численности слепней на территории г. Иркутска.

Сбор материала осуществлялся в июне – июле 2025 г. в 9 географических точках окрестностей Иркутска (посёлки Горького, Кировский, Маркова, Пивовариха, Смоленщина, Ново-Ленинские болота, 21 км Голоустненского тракта, 47 км и 51 км Байкальского тракта)

Для сбора слепней применялись энтомологический сачок (метод «восьмерки»), юловидная ловушка для слепней с черным шаром-приманкой, автомобиль с открытыми окнами.

Всего было отловлено и определено 78 самок слепней. Видовая диагностика проводилась в лабораторных условиях с использованием бинокулярного микроскопа по учебному пособию Ф. И. Василевича [2].

В ходе исследования идентифицировано 8 видов слепней, относящихся к 3 родам: *Chrysops nigripes* Ztt., *Hybomitra lundbecki* Lyneb., *H. astur* Erichs., *H. astuta* Ols., *H. tarandina* L., *H. expollicata orientalis* Ols., *Haematopota desertorum* Szil., *Hm. tamerlani* Szil (табл.)

Таблица

Видовой состав слепней по сборам 2025 г.

Место сбора	Координаты	Виды								Всего экземпляров
		Hybomitra lundbecki	*H. astur*	*H. astuta*	*H. tarandina*	*H. expollicata orientalis*	*Haematopota desertorum*	*Hm. tamerlani*	*Chysops nigripes*	
Голоустненский тракт, 21 км	52. 280843, 104. 486894	21	2	1	1		3		3	31
Пос. Пивовариха	52. 279552, 104. 454476	10		3			2	2	1	18
Село Смоленщина	52. 250755, 104. 144599	5		1			1	1		8

Окончание табл.

Место сбора	Координаты	Виды								Всего экземпляров
		Hybomitra lundbecki	*H. astur*	*H. astuta*	*H. tarandina*	*H. expolicata orientalis*	*Haematopota desertorum*	*Hm. tamerlani*	*Chrysops nigripes*	
Пос. Маркова	52. 206885, 104. 217199	1					1	1		3
Ново-Ленинские болота	52. 331844, 104. 217662	1					1	1		3
Пос. Кировский	52. 309080, 104. 255280	2					1	1		4
Пос. Горького	52. 298208, 104. 223707	2		1		1	1			5
Байкальский тракт, 51 км	51. 996407, 104. 676060	1					2	2		5
Байкальский тракт, 43 км, «Музей Тальцы»	51. 997312, 104. 663244		1							1
Всего экземпляров		43	3	6	1	1	12	8	4	78

Самыми многочисленными на территории исследования являются *Hybomitra lundbecki* Lyneb. (43), *Haematopota desertorum* Szil. (12), *Haematopota tamerlani* Szil. (8).

Самая высокая численность (31) отмечена на 21 км Голоустненского тракта. Это обусловлено сочетанием благоприятных мест для выплода – лесные ручьи, влажные почвы, и наличием кормовой базы – крупный рогатый скот, дикие животные.

Список литературы

1. Васюкова Т. Т. О фауне слепней центральной части Иркутской области // Паразитология. 1968. Т. 2, № 2. С. 365–367.

2. Василевич Ф. И., Акбаев Р. М., Качаева М. Н. Методы сбора, хранения и определения кровососущих насекомых и клещей : учеб. пособие. М. : КНОРУС, 2023. С. 115–150.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. В. Г. Шиленков.

УДК 574.587(282.256.342)(571.53)

ХАРАКТЕРИСТИКА МАКРОЗООБЕНТОСА ЗАЛ. БУРДУГУЗ (ИРКУТСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ) В ПОДЛЁДНЫЙ ПЕРИОД

А. А. Лопаткина, В. Э. Рахмонова

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

Data on production features of macrozoobenthos in Burduguz bay of Irkutsk reservoir (Angara River) in march 2026 are presented.

За более чем 65-летний период существования Иркутского водохранилища исследования структуры макрозообентоса выполнялись с разной степенью интенсивности, наиболее подробные материалы получены для периода открытой воды в 70-е гг. прошлого столетия. Сведения о распределении донного населения в подлёдный период крайне скудны, имеются лишь краткие данные по современному состоянию макрозообентоса в раннезимний период в заливах Волчий [2] и Бол. Калей [3]. В связи с этим целью настоящей работы стало расширение сведений о современном состоянии макрозообентоса зал. Бурдугуз в подлёдный период.

Залив Бурдугуз расположен в верхней части водохранилища, широко врезается в правый берег. Правый берег залива обрывистый, для левого характерна широкая мелководная зона. Донные отложения до глубины 6 м в большей степени представлены серыми илами с зарослями элодеи канадской (*Elodea canadensis*), глубже 6 м – серыми илами со светлокоричневым наилком.

Отбор проб проводился в первой половине марта 2026 г. с помощью малой ($S = 0{,}02$ м^2) модели дночерпателя Петерсена по поперечному разрезу в центральной части залива, в зоне глубин от 2,8 до 6,7 м. Всего собрано 15 проб макрозообентоса.

В составе донного населения залива отмечены девять групп беспозвоночных разного таксономического уровня: олигохеты, двустворчатые и брюхоногие моллюски, амфиподы, остракоды, нематоды, гидры, планарии и хирономиды.

Количественные показатели макрозообентоса на исследованном участке залива характеризуются высокими значениями и в среднем составляют 28 200 экз/м^2 при биомассе 51,089 г/м^2. Основную роль по численности играли олигохеты (40,03 %) и остракоды (34,82 %), второстепенную – двустворчатые моллюски (11,01 %) и личинки хирономид (8,72 %); по биомассе доминировали личинки хирономид (33,00 %), второстепенное значение имели амфиподы (19,96 %), олигохеты (16,26 %) и двустворчатые моллюски (16,20 %).

Наибольшие показатели численности (46 375 экз/м^2) и биомассы (103,366 г/м^2) донных беспозвоночных отмечены на заросших элодеей серых илах по левому берегу залива на глубине 3 м. Наибольшую численность демонстрировали олигохеты (60,22 %), субдоминантное положение занимали остракоды (14,94 %) и двустворчатые моллюски (13,69 %). По биомассе лидирующее положение имели личинки хирономид (22,86 %), олигохеты (20,39 %) и двустворчатые моллюски (16,16 %).

На глубине 5 м на серых илах с редкими зарослями элодеи отмечается незначительное снижение количественных показателей (39 350 экз/м^2 и 56,551 г/м^2). Наиболее значимой по численности группой донного населения становятся остракоды (42,06 %) и олигохеты (37,42 %), второстепенной – двустворчатые моллюски (10,23 %). По биомассе доминирующее положение остаётся за личинками хирономид (55,35%), второстепенное значение имели олигохеты (20,87 %) и двустворчатые моллюски (17,33 %).

На максимальной глубине 6,7 м на серых илах со светлокоричневым наилком отмечаются схожие показатели численности – 39 425 экз/м^2 и незначительно снизившаяся биомасса– 40,328 г/м^2. По численности в составе донного населения преобладают остракоды (55,93 %), субдоминантами выступают олигохеты (17,31 %) и личинки хирономид (11,86 %); по биомассе доминируют личинки хирономид (60,07 %), а также двустворчатые моллюски (20,95%) и олигохеты (11,16 %).

Ближе к мелководной зоне правого берега залива на заросших элодеей серых илах на глубине 4,3 м отмечается снижение количественных показателей до 12 150 экз/м^2 и 22,96 г/м^2. Лидирующая роль по численности переходит к олигохетам (43,42 %), остракоды (25,72 %) и двустворчатые моллюски (13,58 %) занимают субдоминантное положение. По биомассе наибольшее значение имеют амфиподы (39,17 %), высока роль двустворчатых моллюсков (21,19 %) и личинок хирономид (15,83 %).

На глубине 2,8 метров на схожих типах грунтов, сильно заросших элодеей, численность донного населения снижается до 3700 экз/м^2, в то время как биомасса незначительно повышается до 27,248 г/м^2. Наибольшее значение по численности остаётся у олигохет (45,95 %), отмечено повышение численности амфипод (29,73 %). По биомассе доминируют амфиподы (88,9 %), снижается значение брюхоногих моллюсков (5,05 %) и личинок хирономид (2,66 %)

Количественные показатели макрозообентоса в зал. Бурдугуз в подлёдный период остаются относительно высокими, даже по сравнению с известными данными за лето 2014, 2016 и 2024 гг. [1], в составе донного населения преобладают личинки хирономид, олигохет, двустворчатых моллюсков и остракод.

Список литературы

1. Гдовская А. Н., Лопаткина А. А., Юрьев А. Л. Современное состояние макрозообентоса залива Бурдугуз (Иркутское водохранилище) // Современные проблемы экологии, гид-

робиологии и байкаловедения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 135-летию со дня рождения проф. М. М. Кожова и 105-летию биол.-почв. факультета ИГУ. Иркутск, 15–18 апреля 2025 г. / редкол.: А. Н. Матвеев [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2025. С. 71–74.

2. Дабеева Н. А., Говорухина Е. Б. Зообентос залива Волчий Иркутского водохранилища // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий : тез. Докл. VII Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 145-летию со дня рождения проф. В. Ч. Дорогостайского и 130-летию со дня рождения проф. В. Н. Яснитского. Иркутск, 26 апр. 2024 г. / редкол.: А. Н. Матвеев [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2024. С. 203–206.

3. Юрьев А. Л., Гдовская А. Н., Котова А. В. Макрозобентос залива Большой Калей Иркутского водохранилища (в подледный период 2020–2021 гг.) // Чтения памяти проф. В. Я. Леванидова : тез. докл. XI Всерос. конф. Владивосток, 19–21 марта 2025 г. Владивосток, 2025. С. 83.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. Л. Юрьев

УДК 575.8+574.9

ФИЛОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ *ANEMONE ALTAICA* (RANUNCULACEAE) В БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

П. Е. Нелюбина[1], Н. А. Швецова[1], М. В. Протопопова[1,2]

[1]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nelubina01@mail.ru

The study was aimed to the estimation of the phylogeographic structure and phylogenetic relationships of *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. in Baikal Siberia. The results revealed that the plastotypes of *A. altaica* were distributed across two phylogenetic lineages and did not form a monophyletic group. The most reliable model of the phylogeographic structure of the species on the Khamar-Daban Ridge is characterized by six population groups. The same plastotypes in populations from the Khamar-Daban Ridge and the Primorsky Ridge indicate their common origin and the existence of a continuous range of the species in Baikal Siberia before the Pleistocene.

Работа была направлена на установление филогеографической структуры *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. в Байкальской Сибири. *Anemone altaica* – вид травянистых растений семейства Ranunculaceae. В Южной Сибири считается третичным неморальным реликтом [1]. Ареал вида является дизъюнктивным и простирается от североевропейской части России до северо-восточного Китая. В Южном Прибайкалье вид имеет изолированные участки ареала на хр. Хамар-Дабан и на Приморском хребте. Ввиду того что *A. altaica* является элементом третичного неморального комплекса, определение её филогеографической структуры актуально не только для установления концепции исторического развития вида, но и для изучения процессов формирования современной растительности Байкальской Сибири в условиях позднекайнозойских климатических изменений.

Сбор образцов проводили из популяций *A. altaica* на хр. Хамар-Дабан и Приморском хребте. Выделение общей ДНК проводили ЦТАБ методом [3] с модификациями [5]. В качестве молекулярных маркеров использовали регионы ядерной (ITS1-ITS2) и пластидной ДНК (*trnL*, *trnL–trnF* и *atpB-rbcL*). Для амплификации региона, включающего *trnL* и *trnL–trnF*, использовали праймеры c + f [6]. Область *atpB-rbcL* амплифицировали с использованием праймеров atpB-F и rbcL-R [4]. ПЦР проводили в 20 мкл реакционной смеси с использованием ДНК-полимеразы GoTaq Flexi (Promega, США) с финальной концентрацией каждого праймера 250 нМ. Амплификацию ITS-региона проводили с использованием универсальных праймеров [2; 7] и высокоточной ДНК-полимеразы Q5 (New England BioLabs, США) в 25 мкл реакционной смеси с конечной концентрацией каждого праймера 500 нМ. В случае ITS ампликоны лигировали в плазмидный вектор pEASY-Blunt3 (TransGen Biotech, КНР). Полученную генетическую конструкцию клонировали в клетках *E. coli* One Shot TOP10 (Invitrogen, США). Полученные плазмиды и ампликоны секвенировали по методу Сэнгера с использованием набора BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit 3.1 (Applied Biosystems, США) на генетическом анализаторе серии 3500 (Applied Biosystems, Applied Biosystems and Hitachi, Япония). В результате молекулярного клонирования был выявлен внутригеномный полиморфизм ITS-региона, все клоны включали в анализ. Филогенетический анализ проводили методом максимального правдоподобия (ML) в MEGA v. 6.06 и байесовским анализом (BI) в MrBayes v.3.2.7. Анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) проводили в программе PopArt v.1.7.

В результате филогенетического анализа выявлено наличие пяти пластотипов *A. altaica* в Байкальской Сибири. Пластотип P1 характерен для популяций восточного участка хр. Хамар-Дабан. Пластотип P2 встречался практически по всему ареалу на хр. Хамар-Дабан, кроме западных популяций. Пластотип P3 характерен для популяций западного участка хребта. Пластотип P4 отмечается как в западных популяциях, так и на центральном участке хр. Хамар-Дабан. Пластотип P5 обнаружен в популяциях рек Мишиха и Осиновка (пос. Мишиха) на центральном участке хребта. Часть пластотипов хр. Хамар-Дабан (P2 и P4) обнаружены в популяциях Приморского хребта, что может указывать на их общее происхождение и существование единого ареала вида на территории Байкальской Сибири в доледниковый период.

Географическое распределение пластотипов и высокие значения индексов Φ_{ST}, указывают на высокую степень генетической дифференциации популяций *A. altaica* на хр. Хамар-Дабан и существование частичной генетической изоляции между ними. AMOVA показал, что наиболее вероятной моделью филогеографической структуры вида на хр. Хамар-Дабан является разделение на шесть групп популяций. Участки хребта, соответствую-

щие выделенным группам, вероятно, имеют рефугиальное значение для сохранения *A. altaica*. Выявленные группы популяций в настоящее время формируют три филогеографические надгруппы (западную, центральную и восточную) с ограниченным потоком генов между ними.

Филогенетический анализ на основе пластидной ДНК выявил полифилию пластотипов *A. altaica*. Так, пластотипы распределялись между двумя генетическими линиями, что указывает на двойственное происхождение популяций вида. Пластотип P1 вместе с пластотипом, характерным для популяций Западного Саяна и Алтая образовывал пластогруппу 1. Эта группа, по всей видимости, является аутентичной линией *A. altaica*, поскольку она монофилетична и включает в себя пластотипы из удаленных друг от друга участков ареала. Остальные пластотипы (P2–P5) объединялись вместе с близкородственными видами (*A. raddeana*, *A. nemorosa*, *A. quinquefolia* и *A. reflexa*) в пластогруппу 2. Вероятно, эти пластотипы возникли в некоторых популяциях *A. altaica* путем гибридизации с близкородственными видами, предположительно с *A. reflexa*. Филогенетический анализа на основе ITS проводили для двух особей *A. altaica* (р. Выдриная), принадлежащих различным пластогруппам. Результаты показали, что клоны ITS *A. altaica* образовывали монофилетическую группу. Отсутствие следов генетической интрогрессии по данным анализа ITS-региона, вероятно, связано с преобладанием возвратного скрещивания и/или гомогенизацией кластеров рибосомальных генов в результате их согласованной эволюции.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президентского фонда природы № ЭКО-26-2-000928. Часть исследования выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для СИФИБР СО РАН (№ 125021902487-9). Авторы также благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН за доступ к оборудованию, В. В. Павличенко за помощь в обсуждении результатов, гербарий ИГУ (в особенности Н. В. Степанцовой) за монтирование и возможность размещения ваучерных образцов.

Список литературы

1. Краснопевцева А. С., Краснопевцева В. М. Реликты третичного неморального комплекса в Южном Прибайкалье // Труды Тигирекского заповедника. 2010. С. 194–196.

2. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics / T. J. White, T. Bruns, S. Lee, J. Taylor // PCR protocols: a guide to methods and applications. San Diego, California, USA : Academic Press, 1990. P. 315–322.

3. Doyle J. J., Doyle J. L. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue // Phytochem. Bull. 1987. Vol. 19. P. 11–15.

4. Phylogenetic relationships of *Clematis* (Ranunculaceae) based on chloroplast and nuclear DNA sequences. / O. Miikeda, K. Kita, T. Handa, T. Yukawa // Botanical J. of the Linnean Society. 2006. Vol. 152, N. 2. P. 153–168.

5. Protopopova M. V., Pavlichenko V. V. *Eranthis* Salisb. (Ranunculaceae) in South Siberia: Insights into Phylogeography and Taxonomy // Diversity. 2022. Vol. 14. P. 779.

6. Universal primers for amplification of 3 noncoding regions of chloroplast DNA / P. Taberlet, L. Gielly, G. Pautou, J. Bouvet // Plant molecular biology. 1991. Vol. 17. P. 1105–1109.

7. Utelli A., Roy B., Baltisberger M. Molecular and morphological analyses of European Aconitum species (Ranunculaceae) // Plant Systematics and Evolution. 2000. Vol. 224. P. 195–212.

УДК 598.235.4:59.087

СОВРЕМЕННАЯ ПЛОТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТЬ БОЛЬШОГО БАКЛАНА В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (УЧЕТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО СУДНА «ПРОФЕССОР А. А. ТРЕСКОВ»)

Я. В. Николаев, Ю. И. Мельников

Байкальский музей СО РАН, Иркутская обл., р. п. Листвянка, Россия
e-mail: thunder-91@mail.ru

Our work on monitoring the population of the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) has been ongoing since 2018–2025 at the coastal zone of Lake Baikal. The monitoring is based on counts conducted using the research vessel "Professor A. A. Treskov". The optimal time for conducting Great Cormorant surveys is during the end of its breeding season (July 25–August 15).

Наши работы по разработке мониторинга за состоянием численности большого баклана *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758) проводились в 2018–2025 гг. по всей акватории и прибрежной зоне оз. Байкал. В основу положены учёты с использованием научно-исследовательского судна «Профессор А. А Тресков» (ЦКП «Научно-экспедиционный центр «Байкал»). Выбор судна для обследования акватории оз. Байкал не случаен. Его огромные размеры и высокое непостоянство погодных условий требуют специальных подходов для организации исследований. Прежде всего, необходимо обеспечение безопасности учётной группы, а работа на моторных лодках нередко сопряжена с высокой опасностью работы даже при относительно слабых ветрах. Длительные переходы вдоль берега с одновременным учётом птиц, вызывают быструю усталость учётчиков и резко увеличивают период обследования территории. Моторные лодки и небольшие катера очень неустойчивы на волне и не могут быть использованы для работы даже в периоды небольших штормов. Кроме того, они слишком низко сидят на воде и не обеспечивают необходимый уровень осмотра территории, поскольку в таком случае резко ограничивается поле учёта.

В первые годы исследований (2018–2021 гг.) проверялись различные подходы, которые должны были с минимальными затратами обеспечить сбор достаточно точных данных о состоянии численности большого баклана. В результате детальных работ выяснено, что сильные ветра, часто меняющие направления, приводят к постоянному перераспределению не размножающихся птиц по акватории озера. В связи с этим очень высока вероятность неоднократного подсчета одних и тех же птиц на разных его участках. Поскольку их обилие является довольно высоким (до 30,0 % и более от общей численности) это может приводить к не преднамеренному завышению общей численности вида. Кроме того, неравномерность распределения кормовых ресурсов, связанных как с биологией отдельных ви-

дов (ход на нагул и нерест основных промысловых рыб), так и ветровой эрозией, приводят к формированию кратковременных постоянно перемещающихся кормовых концентраций большого баклана (до 8,0 тыс. особей). В связи с этим учёт необходимо было проводить быстро с охватом всей прибрежной линии Байкала. Оптимальным вариантом проведения учётных работ является период сразу после сезона размножения данного вида (с 25 июля по 15 августа). В таком случае будет определена максимальная его численность после сезона размножения. После выяснения этих вопросов, в течение 2023–2025 гг. проводился мониторинг плотности населения и численности большого баклана, с одновременной доработкой специальных вопросов, обеспечивающих полноценный подсчет птиц по всему оз. Байкал.

Учет проводился с катера, идущего вдоль берега при общей ширине учётной полосы 3000 м. В период подсчета птиц применялся стандартный метод их регистрации. В работе использовались 12–30-кратные бинокли и подзорная труба (75 крат). Во время учёта вдоль кромки дельты р. Селенги всегда наблюдалось волнение, что сильно затрудняло работу учётчика. Здесь подсчет птиц проводился на большом расстоянии от скоплений птиц (от 1,5 до 2,0 км) с использованием подзорной трубы, так как сильные мели не позволяли близко приближаться к карге. Однако, поскольку из воды выступала только узкая кромка песчаной отмели, можно было точно провести подсчет всех птиц. Лишь на отдельных участках птицы сидели в несколько рядов, что усложняло работу и несколько снижало точность их учёта (за счет экранирования птиц друг другом).

Во время обработки материала расчёт плотности населения проводился без учёта поправочного коэффициента, приведенного в стандартной формуле, а в знаменателе взята максимальная ширина учёта, выраженная в километрах [4]. Фактически нами проводился абсолютный учёт большого баклана, поскольку поправки на пропуск позволяли сводить ошибку учёта к минимуму. Однако надо принимать во внимание, что учёт птиц в полете, с учётом поправок на скорость движения судна (учетчика) и полета птицы, давал меньшую плотность населения, по сравнению с абсолютным учётом сидящих птиц. Но мы принимаем такой пересчет, так как в таком случае птица находилась в поле зрения учётчика значительно меньшее время и сохранялась вероятность повторной встречи её на одном и том же маршруте.

Численность и плотность населения сидящих и летящих птиц суммировалась и получался обобщенный показатель, используемый в дальнейшей работе. Сведения, полученные в колониях и крупных скоплениях, суммировались с материалами о численности птиц, учтённых вдоль береговой линии Байкала. На основе проведенных исследований получена общая характеристика численности большого баклана на разных участках акватории оз. Байкал после сезона размножения птиц. В работах предыдущих авторов часто было не согласовано время учётов и порядок обследования территории, они проводились не по всей прибрежной зоне Байкала.

Обычно обследовались только колонии, со ссылкой на то, что вдоль береговой линии оз. Байкал численность птиц очень низкая. Как показала практика исследований последних лет, это резко повышает вероятность ошибки учётов. Поэтому, наши сведения, полученные за один период учётных работ, одной командой и по одинаковой методике, являются более точными.

Численность большого баклана после сезона размножения на оз. Байкал колеблется в довольно широких пределах – от 52,2 тыс. особей (2025 г.) до 87,6 тыс. особей (2024 г.). Это годы, когда большой баклан начал формировать в дельте р. Селенги предотлетные скопления (от 30,2 до 73,6 тыс. особей). В 2023 г., когда здесь такие скопления отсутствовали, на Байкале было учтено 54,6 тыс. птиц. Показатели 2023 г. и 2025 г. очень близки, а наши наблюдения показывают, что в эти годы подлета птиц сюда из других регионов Восточной Сибири не наблюдалось. Численность птиц по разным климатическим округам Байкала существенно различалась, и наибольшая была характерна для Средне-Байкальского климатического округа, в пределах которого были зарегистрированы наиболее крупные колонии вида и здесь же формировались большие предотлетные скопления птиц. Минимальная численность, не более 2000 тыс. птиц, была характерна для Южно-Байкальского климатического округа. Он отличается наибольшей глубиной, и большим количеством населенных пунктов на побережье озера. Небольшая площадь мелководной прибрежной линии, ограничивала зону возможной кормежки данного вида, что и являлась основной причиной резкого снижения его численности в этом районе Байкала. Мы считаем, что это минимальная достоверная численность вида на оз. Байкал. Необходимо принимать во внимание, что часть прибрежной линии в глубине больших заливов оставалась не обследованной, поскольку в периоды сильных штормов заходить в них было опасно (не большая глубина). Кроме того, оставалась вероятность пропуска крупных скоплений вида за пределами ширины зоны обследования. За весь период работы (7 лет) во время пересечений Байкала с одного берега на другой (17 раз) нами встречено только два таких скопления. Тем не менее такая вероятность сохраняется и её тоже необходимо принимать во внимание.

Очень характерной особенностью распределения большого баклана по акватории оз. Байкал является высокая неравномерность распределения вида по его берегам. На восточном побережье плотность населения вида существенно выше – от 12,4 до 30,4 ос/км^2, а на западном не превышает 1,4–1,7 ос/км^2. Основная причина этого связана с уровнем изрезанности береговой линии Байкала. На восточном берегу расположены все крупные заливы, отличающиеся большей мелководностью и более удобные для кормежки птиц. Здесь же птицы находят более удобные для отдыха участки в периоды штормовых ветров.

Работа выполнена в рамках государственного задания БМ СО РАН (тема № 126032619272-9).

УДК 597.556.33(282.256.341)

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТВЫ ПРИБРЕЖНО-СОРОВОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. В. Нечунаев, А. Н. Матвеев

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

Data on growth, maturation and fecundity of roach in different sites of the shallow zone of Lake Baikal are presented.

Плотва (*Rutilus rutilus lacustris*) – широко распространена в водоёмах азиатской части России, восточная граница его ареала достигает р. Колымы. В бассейне оз. Байкал обычна практически во всех равнинных реках и озёрах. Наиболее высока численность плотвы в нижнем течении крупных притоков Байкала Селенги, Верх. Ангары, Баргузина, включая их пойменные системы, а также соседних Ивано-Арахлейской и Гусино-Убукунской озёрных системах. В оз. Байкал постоянно обитает во всех участках прибрежно-соровой зоны, мелководных участках Баргузинского и Чивыркуйского заливов, прол. Малое Море. В незначительных количествах встречается в литорали озера до глубин 15–20 м. В Малом Море наиболее многочисленна в заливах и бухтах южной части, где её концентрации приурочены к мелководной зоне поросшей водной растительностью.

Для плотвы оз. Байкал характерна выраженная весенняя нерестово-нагульная миграция с мест зимовки из Байкала и наиболее крупных незаморных озёр (конец апреля – первая декада мая) на мелководные участки соровой зоны. Летняя нагульная миграция в Байкал слабо выражена, так как вид хорошо приспособлен к нагулу на прогреваемых мелководьях соров при температурах выше 20 °С, при этом в значительной степени избегая пресса хищников, малоактивных при такой температуре, либо мигрирующих в прибрежную зону открытого Байкала.

Материалы, положенные в основу настоящего сообщения, собраны в 1987–2025 гг. в различных участках прибрежно-соровой зоны оз. Байкал и обработаны в соответствии с общепринятыми ихтиологическими методиками.

Рост плотвы во многом определяется условиями её существования. Низким ростом характеризуются рыбы, обитающие в мелких зарастающих эвтрофных водоемах, более высокой скоростью роста обладают популяции плотвы из водоемов с благоприятным гидрохимическим режимом и значительным разнообразием биотопов. Интенсивный промысел также положительно сказывается на показателях роста плотвы.

Сравнение полученных нами данных по росту плотвы в прибрежно-соровой зоне Байкала и Иркутском водохранилище с приводимыми в пуб-

ликациях за 50-е и 70–90-е гг. XX в. [1; 2] свидетельствует о сходных величинах роста этого вида в последние 50–60 лет, после зарегулирования стока р. Ангары и поднятия уровня Байкала на 0,8 – 1 м. В то время как в период до зарегулирования стока линейно весовой рост плотвы был значительно выше [1]. В период до зарегулирования стока в популяциях плотвы отмечалось значительное количество быстрорастущих особей большую часть времени нагуливающихся в открытой литорали озера и возвращающихся в соры только на зимовку. В настоящее время подобные особи отмечаются единично. Несколько более высоким ростом в современный период характеризуется плотва из района Малого Моря, что вероятно обусловлено разреженностью её популяции в результате значительного пресса любительского рыболовства и браконьерства. В других исследованных нами участках темп роста несколько ниже.

Низким характером линейного и весового роста характеризуется плотва Иркутского водохранилища, что обусловлено суровыми условиями обитания. Этот водоем характеризуется высокой проточностью и низкими температурами воды во все периоды жизненного цикла вида. Лишь в глубоко врезающихся заливах, таких как Курминский создаются более-менее благоприятные условия для жизни плотвы и её относительно высокого линейного и весового роста.

В прибрежно-соровой зоне Байкала наиболее сложная возрастная структура отмечается у плотвы из дельты Селенги. Это обусловлено как низкой интенсивностью промысла, так и наличием достаточно большого количества труднодоступных стаций, где не ведется промысел, либо запрета на промысловый лов в местах интенсивной рекреации.

В свою очередь, в Малом Море, Чивыркуйском заливе, Иркутском водохранилище, Посольском соре и зал. Провал отмечается упрощенная возрастная структура с 4–5 возрастными группами. В этих водоемах популяции окуня подвергаются интенсивному промыслу с использованием закидных неводов.

Соответственно доминирующими возрастными группами в дельте Селенги являются рыбы в возрасте 4–6 лет, тогда как в других исследованных районах в возрасте 3–5 лет.

Половая структура популяций плотвы во всех исследованных участках характеризуется значительным преобладанием самок над самцами. Доля первых в популяциях достигает 90–94 %, что в целом характерно для большинства видов рыб семейства карповых.

Наиболее раннее половое созревание у плотвы водоемов БРЗ было ранее отмечено в прибрежно-соровой зоне и заливах оз. Байкал [1; 2], где единичные самцы и самки созревали в трехгодовалом возрасте, основная же масса особей обоего пола становилась половозрелыми в 4–5-годовалом возрасте.

Согласно полученным нами данным, единичные самцы становятся половозрелыми в возрасте четырех лет во всех исследованных нами района. Массовое созревание у обеих полов отмечается в пятигодовалом возрасте.

Наиболее раннее начало нереста в озёрно-соровой системе Байкала отмечается в дельте Селенги, Посольском соре и зал. Провал, где он начинается в конце во второй декаде мая. В Малом Море и Чивыркуйском заливе и Иркутском водохранилище нерест начинается в конце второй декады мая, а в Северобайкальском соре – в конце третьей декаде мая. Продолжительность нереста обычно не превышает 5–7 дней. Нерестилища расположены в мелководной зоне на глубине от 0,3–0,5 до 3–5 м. Икры откладываются на водную и затопленную прибрежную растительность, корни и ветки затопленных кустарников.

Продолжительность эмбрионального развития икры зависит от температурных условий и составляет от 8–10 до 18 дней.

Средние показатели абсолютной плодовитости плотвы в прибрежно-соровой зоне оз. Байкал изменяются от 4715 до 86 125 икринок (эти показатели характерны для Малого Моря). В дельте Селенги плодовитость изменяется от 16 582 до 70 788 икринок.

Для всех исследованных популяций характерно увеличение средних значений абсолютной индивидуальной плодовитости с возрастом в 3–7 раз.

Список литературы

1. Картушин А. Н. Биология сибирской плотвы (Rutilus rutilus), ельца (Leuciscus leuciscus baicalensis), язя (Leuciscus idus) и карася (Carassius carassius) в системе оз. Байкал // Рыбы и рыбное хозяйство в бассейне озера Байкал. Иркутск : Иркут. кн. изд-во, 1958. С. 334–380.

2. Матвеев А. Н., Самусенок В. П. Влияние изменения уровня озера на биологические показатели рыб прибрежно-соровой зоны Северного Байкала // Гидроэнергетика и состояние экосистемы озера Байкал. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1999. С. 95–121.

УДК 574.5

СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИИ АМФИПОД ВИДА *ODONTOGAMMARUS CALCARATUS CALCARATUS* (DYB.) ИЗ РАЗНЫХ РАЙОНОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

А. С. Плотникова, Е. Б. Говорухина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
aplotnikova5657@gmail.com

Amphipods are one of the most taxonomically rich groups of organisms in Lake Baikal. Currently, the species composition and distribution of deep-water amphipods are well studied. Further research is required to study the biological characteristics of deep-water amphipod species. This article provides information on the comparison of the biological characteristics of the Garjajewia sarsi Sow. species from different regions and depths.

Амфиподы (Amphipoda, Crustacea) представляют собой одну из наиболее таксономически разнообразных групп макрозообентоса оз. Байкал. Преимущественно это бентосные организмы, встречающиеся от уреза воды до максимальных глубин [4]. Длительные процессы внутрибассейнового видообразования привели к формированию специфической эндемичной глубоководной фауны амфипод. В настоящее время изучены видовой состав и батиметрическое распределение амфипод в озере [1–3; 5]. Однако биологические показатели глубоководных видов остаются малоизученными и требуют дальнейших исследований.

Цель данной работы – сравнить половозрастной состав и размерно-весовые характеристики особей вида *Odontogammarus calcaratus calcaratus* (Dyb.) отобранных с разных глубин и в разных районах оз. Байкал.

Вид *O. c. calcaratus* относится к переходной группе в классе бентопелагических стервятников (факультативный некрофаг). Распространен по всему Байкалу на глубинах от 5 до 600 м (в среднем 100–200 м). Предпочитаемый грунт – ил, песок [1; 4].

Материалы и методы. Отбор данного вида амфипод производился на оз. Байкал в августе 1998 г. в районе о-ва Большой Ушканий вдоль Академического хребта на глубине 79–81 м и 26 августа 2024 г. напротив пос. Бугульдейка с глубин 400 и 600 м с помощью бим-трала шириной 1 м. Собранный материал фиксировался 70%-ным раствором спирта. В лабораторных условиях с помощью бинокуляра определялся видовой состав амфипод, пол, у самок стадия половой зрелости по А. Я. Базикаловой [1], измерялась длина тела особей, вес, количество яиц у самок III стадии и количество молоди у самок IV стадии.

Результаты. На глубине 79–81 м у вида *O. c. calcaratus* были встречены самцы, самки I, II и III стадий, молодь, самки IV и V стадий отсутствовали. По численности доминировали самцы, длина тела, которых со-

ставляла от 10,0 до 28,0 мм. Самки I стадии имели размеры тела от 11,0 до 17,0 мм, самки II стадии от 14,0 до 20,0 мм, самка III стадии – 23,5 мм, а молодь от 8,0 до 12,0 мм (табл.).

Таблица

Половозрастная структура вида *O. c. calcaratus* в разных районах оз. Байкал (август 1998 г., 26 августа 2024 г.)

Глубина	Половозрастная группа	Средняя длина тела, мм	Средняя масса тела, мг	Количество экземпляров	%
79-81 м	Самцы	17,7±0,3	61,0±3,0	108	34,6
	Самки I	13,5±0,3	35,1±1,5	57	18,2
	Самки II	17,4±0,1	57,9±1,1	71	22,7
	Самки III	23,5	110,0	1	0,5
	Молодь	10,3±0,1	13,6±0,4	75	24,0
400 м	Самцы	24,8±1,7	174±29	300	54,0
	Самки I	20,6±1,0	125±15	15	2,7
	Самки II	22,3±1,3	140±18	123	22,1
	Самки III	22,4±1,1	117±20	102	18,4
	Самки IV	22,7±1,5	127±12	3	0,5
	Самки V	22,8±1,0	149±013	9	1,6
	Молодь	16,5±1,3	90±8	4	0,7
600 м	Самцы	24,2±2,2	184±29	10	55,6
	Самки I	19	100	1	5,6
	Самки II	21,5±0,5	145±5	2	11,1
	Самки III	23,5±0,6	148±13	4	22,2
	Самки IV	21	120	1	5,6

В составе популяции данного вида на глубине 400 м были встречены самцы, самки всех стадий зрелости и единично молодь (см. табл.). Самцы с размерами тела от 21,0 до 30,0 мм, самки I стадии от 19,0 до 23,0 мм, самки II стадии от 19,0 до 25,0 мм, самки III стадии от 21,0 до 25,0 мм, самки IV стадии от 21,0 до 24,0 мм, самки V стадии от 21,0 до 24,0 мм. При анализе размерных показателей у самок II стадии установлено, что в популяции присутствовали самки, которые завершили размножение, и те, которые только вступили в эту стадию.

Половозрастной состав у вида *O. c. calcaratus* на глубине 600 м был представлен самцами, самками II и III стадий, единично самками I и IV стадий зрелости (см. табл.). Молодь и самки V в пробе отсутствовали. Самцы имели размеры тела от 21,0 до 28,0 мм, самки II стадии – от 21,0 до 22,0 мм, самки III – от 23,0 до 24,0 мм.

Наибольшее число особей вида *O. c. calcaratus* было встречено на глубине 400 м – 556 экз., а также в составе популяции присутствовали все половозрастные группы. Доля молоди на глубине 79–81 м составила 24 %, тогда как на других глубинах молодь или отсутствовала, или составляла менее 1 %. На глубинах 400 и 600 м встречены самки IV и V стадий, что указывает на идущий период размножения особей, причем на меньшей

глубине самки данных стадий не были встречены. Возможно, что это может быть связано с разными сроками начала размножения данного вида на разных глубинах. Расхождение в сроках размножения у особей данного вида, возможно, предотвращает единовременный выход и последующий рост молоди, и это является важным в условиях олиготрофного водоема.

При сравнении средних показателей длины тела у всех половозрастных групп выяснилось, что взрослые самцы несколько крупнее самок, однако самки III стадии на глубине 79–81 м были крупнее самцов. Средние показатели длины и массы у всех половозрастных групп данного вида на глубине 79–81 м были меньше, чем у особей, отобранных на больших глубинах (400 и 600 м). Соотношение самцов и самок на исследуемых глубинах почти 1:1.

Материалы работы позволили получить новые сведения о биологии глубоководного вида амфипод *O. calcaratus calcaratus* в оз. Байкал, а также дополнили уже имеющиеся данные.

Авторы благодарят сотрудников кафедры зоологии позвоночных и экологии биолого-почвенного факультета Иркутского государственного университета за предоставленные пробы с глубоководными амфиподами.

Список литературы

1. Базикалова А. Я. Амфиподы озера Байкал // Труды Байкальской лимнологической станции. М. ; Л. : Изд-во Акад. наук СССР, 1945. Т.11.440 с.

2. Бекман М. Ю. Глубоководная фауна Байкала // Систематика и эволюция беспозвоночных Байкала. Новосибирск : Наука, 1984. С. 114–123.

3. 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.

4. Тахтеев В. В. Очерки о бокоплавах озера Байкал. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 355 с.

5. Тахтеев В. В., Механикова И. В. Распределение эндемичных нектобентических бокоплавов в озере Байкал // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1996. Т. 101, вып. 4. С. 39–48.

УДК 631.4

СТЕПЕНЬ ПОРАЖЕНИЯ ФИТОФТОРОЙ НЕКОТОРЫХ ПАСЛЁНОВЫХ РАСТЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА ИРКУТСКА

П. В. Поляков

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
peter.polyakov2002@yandex.ru

The phytopathogenic fungus *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary infects many important agricultural crops worldwide, including in the Irkutsk region. Therefore, its study is of great scientific and practical importance.

Фитопатогенный гриб *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary относится к домену Eukaryota, отделу Oomycota, классу Oomycetes, порядку Peronosporales, семейству Phytophthoraceae, роду *Phytophthora* [1]. Оптимальные условия жизнедеятельности фитопатогенного гриба *Phitophthora infestans* – влажность воздуха более 75–80 % и температура 10–15 °С (оптимальная температура прорастания зооспорангиев и образования зооспор) [1]. Данный фитопатоген может поражать растения как через поверхность листа и плода, так и через почву [1]. Бесполый жизненный цикл *Ph. infestans* характеризуется чередованием фаз роста гиф, спороношения, прорастания спорангиев и восстановления роста гиф. Зооспоры вместе с каплями воды также могут попадать на землю, профильтровываться через почву и поражать клубни. Ареал фитофторы в России охватывает практически всю территорию, кроме районов крайнего севера. На территории г. Иркутска и его окрестностей были собраны образцы растений, поражённых фитопатогенным грибом *Ph. infestans*. Всего было собрано 410 экз. (листьев) растений трёх видов, относящихся к семейству Solanaceae. На приусадебных участках ул. Вторая, коттеджного пос. Светлый, с. Пивовариха, Ушаковского муниципального образования, Иркутского района Иркутской области, было собрано 176 экз. *Solanum tuberosum* L. и 40 экз. *S. lycopersicum* L., на приусадебных участках ул. Промышленная, р. п. Маркова Иркутского района Иркутской области 167 экз. *S. tuberosum*. В г. Иркутске на ул. Карла Маркса, ул. Ленина и на территории сквера им. Кирова 27 экз. *Petunia hybrida* hort. ex E. Vilm.

В результате проведенных исследований установлено наличие поражений у растений, относимых к сельскохозяйственным культурам: картофелю, томатам и петунии. Для картофеля характерна наибольшая степень поражения. Средняя площадь листа *S. tuberosum* составляет около 14 см^2, однако у различных экземпляров может колебаться от 6,51 до 30,39 см^2, средняя площадь поражения листа фитофторой составляет также около 14 см^2, но колеблется от 1,51 и до 30,15 см^2. Средняя площадь листа

S. lycopersicum составляет около 15 см^2, однако у различных экземпляров может колебаться от 3,52 до 38,59 см^2, средняя площадь поражения листа фитофторой составляет около 2 см^2, но колеблется от 0,04 до 7,92 см^2. Средняя площадь листа *P. hybrida* составляет около 3 см^2, однако у различных экземпляров может колебаться от 1,39 до 5,37 см^2, средняя площадь поражения листа фитофторой составляет около 0,5 см^2, но колеблется от 0,02 до 2,48 см^2. Следует отметить, что во всех случаях внешнее поражение составляет примерно 30 % от внутреннего поражения.

Список литературы

1. Закутнова В. И., Пилипенко Н. В., Закутнова Е. Б. История изучения фитофторы закрытого грунта в мировой практике и России // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 2 (24). С. 137–141.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. В. Лиштва

УДК 576.895.775:599.32(571.53)

БЛОХИ ГРЫЗУНОВ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ПЕРЕДАЧЕ ТРАНСМИССИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

М. А. Преловская

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия
mila.prelovskaya@list.ru

Different species of fleas have varying potential for harbouring and transmitting bacterial, viral, and parasitic diseases to their hosts. Consequently, the study of fleas infesting small rodents becomes highly relevant, as members of this animal group are capable of using human structures as shelters, and some species are entirely synanthropic.

На грызунах Иркутской области, судя по литературным данным и по результатам анализа коллекционных сборов, подтверждено паразитирование 27 видов блох, относящихся к 3 семействам: Ceratophyllidae, Hystrichopsyllidae и Leptopsyllidae. Из семейства Ceratophyllidae в Иркутской области обитают блохи 4 родов 7 видов; Hystrichopsyllidae – 6 родов 13 видов; Leptopsyllidae – 4 рода 7 видов (табл.). Еще четыре вида из семейств Ceratophyllidae и Leptopsyllidae встречаются в Иркутской области только по литературным данным, в коллекции Иркутского противочумного института, многолетних сборах сотрудников института, а также среди собранных автором экземпляров образцы данных видов не найдены [2; 4].

Таблица

Блохи грызунов Иркутской области и их потенциальные хозяева среди грызунов и других животных

Семейство Ceratophyllidae	
1. *Amalaraeus penicilliger penicilliger* Grube, 1851	Паразит лесных полёвок и других грызунов
2. *Citellophilus tesquorum sungaris* Wagner, 1898	Паразит длиннохвостого и даурского сусликов, а также других грызунов
3. *Megabothris advenarius* Wagner, 1927	Полевки и другие грызуны. Как правило, замещает *Megabothris rectangulatus*
4. *Megabothris calcarifer* Wagner, 1913	Полевки, лемминги и другие грызуны
5. *Megabothris rectangulatus* Wahlgren, 1903	Полевки и другие грызуны
6. *Megabothris turbidus* Rothschild, 1909	Паразит лесных мышей, полевок и других грызунов
7. *Tarsopsylla octodecimdentata* Kolenati, 1863	Паразит белок
Семейство Hystrichopsyllidae	
8. *Ctenophthalmus assimilis* Tashenberg, 1880	Паразит серых полёвок и многих других мелких грызунов
9. *Ctenophthalmus pisticus* Jordan et Rothschild, 1921	Паразит бурундука
10. *Ctenophthalmus uncinatus* Wagner, 1898	Паразит мелких лесных грызунов
11. *Palaeopsylla soricis starki* Wagner, 1930	Паразит землероек, специфичный паразит мелких грызунов
12. *Hystrichopsylla microti* Scalon, 1950	Обитатель гнёзд мелких лесных млекопитающих
13. *Catallagia dacenkoi* Ioff, 1940	Паразит лесных полевок
14. *Catallagia ioffi* Scalon, 1950	Паразит лесных полёвок
15. *Catallagia fetisovi* Vovchinskaja, 1944	Паразит полевок, пищух, солонгоя
16. *Neopsylla acanthine* Jordan et Rothshild, 1923	Встречается на бурундуках, лесных мышах и полёвках
17. *Neopsylla bidentatiformis* Wagner, 1893	Паразит хомячков, сусликов, крыс, полевок и многих других грызунов
18. *Neopsylla pleskei* Ioff, 1928	Живут в норах многих мышевидных и других грызунов
19. *Rhadinopsylla integella* Jordan et Rothshild, 1921	Встречается в гнёздах мелких млекопитающих (как и другие *Rhadinopsylla*, преимущественно в зимнее время)
20. *Rhadinopsylla pseudodahurica* Scalon, 1950	Паразитирует на грызунах, главным образом, зимой
Семейство Leptopsyllidae	
21. *Amphipsylla sibirica* Wagner, 1898	Паразит лесных полёвок и других мелких лесных зверьков
22. *Frontopsylla elata* Jordan et Rothshild, 1915	Паразитирует на разных видах полёвок и многих других грызунах, не обнаруживая явной специфичности в выборе хозяина
23. *Frontopsylla frontalis baical* Ioff, 1946	Птицы-норники, часто грызуны
24. *Frontopsylla luculenta* Jordan et Rothschild, 1923	Паразит многих видов грызунов: даурская пищуха, суслики, полевки, крысы и т. д.
25. *Leptopsylla segnis* Schonherr, 1811	Космополит, паразит домовой мыши
26. *Peromyscopsylla ostsibirica* Scalon, 1936	Лесные полевки
27. *Paradoxopsyllus integer* Ioff, 1946	Пищухи, полевки, иногда другие грызуны

Наиболее опасной трансмиссивной инфекцией для людей, передаваемой блохами, является чума. В Иркутской области природных очагов чумы не имеется, ближайший активный очаг чумы в Российской Федерации – Тувинский (Республика Тыва), ближайший неактивный очаг чумы – Забайкальский (Забайкальский край). В Иркутской области на длиннохвостом суслике обитает вид, являющийся эффективным переносчиком чумы – *Citellophilus tesquorum sungaris*, поэтому сохраняется определенная вероятность формирования местного очага чумы при заносе инфекции на территорию региона [1]. Относительно эпизоотологического значения родов *Amphipsylla*, *Neopsylla*, *Megabothris*, *Ctenophthalmus*, *Hystrichopsylla*, *Catallagia*, *Leptopsylla* и вида *Amalareus penicilliger* в Иркутской области имеются сведения о выделении из них возбудителя клещевого энцефалита, из представителей родов *Megabothris*, *Ctenophthalmus* и вида *A. Penicilliger* – вирус геморрагической лихорадки с почечным синдромом [3; 5].

Список литературы

1. Вержуцкий Д. Б., Базанова Л. П., Вержуцкая Ю. А. Эпизоотологическое значение массовых блох длиннохвостого суслика в природных очагах чумы // Байкальский зоологический журнал. 2020. № 2 (28). С. 105–109.

2. Вершинин Е. А., Борисов С. А., Мельникова О. В. Эктопаразиты мелких млекопитающих Южного Прибайкалья // Паразитология. 2022. Т. 56, вып. 4. С. 335–352.

3. Гвоздиков А. Н., Дубинина Т. Д., Плотникова Е. П. Вовлечение представителей Pulicidae в эпизоотии болезней // Прошлое, настоящее и будущее Российской цивилизации : материалы Всерос. науч.-практ. конф.,(28–29 апр. 2015 г. Ставрополь : Фабула, 2015. С. 55–60.

4. Ромашева Т. П. Руководство по определению некоторых видов блох Сибири и Дальнего Востока. Иркутск : Иркут. обл. тип. № 1, 1990. 60 с.

5. Чапоргина Е. А. Распространение арбовирусов в Прибайкалье. Иркутск : Ред.-издат. отдел ИГУ, 1998. 24 с.

Научный руководитель д-р биол. наук Д. Б. Вержуцкий.

УДК 574.587(282.256.628)

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ О МАКРОЗООБЕНТОСЕ ОЗЕРА АЛЕКСЕЕВА (БАССЕЙН Р. ЧАРЫ, СЕВЕРНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

В. Э. Рахмонова, А. А. Лопаткина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
rahmonova.v@yandex.ru

Data on abundance and biomass of macrozoobenthos of the mountain lake Alekseeva in the upper reaches of the Barguzin River (basin of the Chara river, Northern Transbaikalia) are presented. Distribution of different taxonomic groups of macrozoobenthos by depth zones are considered.

В дополнение к довольно фрагментарным сведениям о макрозообентосе высокогорных озёр Байкальской рифтовой зоны, особенно её удалённой северной части, в настоящем сообщении представлены первые данные о количественных характеристиках и распределении групп макрозообентоса из своеобразного горного озера Алексеева. Озеро располагается на северном макросклоне хр. Кодар в его крайней восточной части в верховьях левых притоков р. Чары (бассейн Олёкмы – Лены) в Северном Забайкалье. Этот ранее безымянный водоём был исследован впервые и получил название в память известного российского ихтиолога С. С. Алексеева.

Озеро Алексеева расположено на высоте 659 м над у. м. на приподнятом междуречье Большой и Малой Торы. Постгляциальный ландшафт участка сильно перемоделирован поздними термокарстовыми процессами. Небольшое по размерам, озеро имеет крайне необычную для таких водоёмов глубину. Котловина озера представляет собой карстовую воронку с крутым свалом: на удалении 10 м от берега глубины составляют 10–12 м, максимальная глубинная отметка, равная 65,8 м, находится в центральной части озера. Наибольшая длина 720 м, наибольшая ширина 450 м, площадь озера 0,23 км^2. Узкая литораль у северного и восточного берега выстлана валунами, в нижней южной части озера выражена неширокая (около 30 м) полоса галечно-песчаного грунта до глубин 1,5–2 м, сильнее всего зона мелководий развита вдоль юго-западного побережья. Высшая водная растительность представлена осокой и рдестами, произрастающими вдоль берега полосой шириной 0,5–1 м. Температура воды на поверхности 20.09.2024 г. составила 10,2 °C, pH – 7,99, минерализация (ppm) – 28 мг/л, электропроводность (μS) – 57 mkSm. Малозаметная протока, вытекающая в южной части озера, впадает в р. Торочан – приток Бол. Торы – Чары. Рыбное население озера представлено арктическим гольцом, озёрным гольяном и сибирским подкаменщиком.

Отбор проб проводился в сентябре 2024 г. с помощью малой модели дночерпателя Петерсена (площадь захвата S = 0,02 мI). Всего отобраны и обработаны 16 проб с восьми станций.

В составе донного населения в оз. Алексеева отмечены представители трёх групп организмов макрозообентоса: хирономиды, двустворчатые моллюски и амфиподы.

Средние количественные показатели макрозообентоса характеризуются невысокими значениями, изменяясь от 0 до 1850 экз/м^2 по численности и от 0 до 3,850 г/м^2 по биомассе и в среднем составляет 781,3 экз/м^2 и 1,242 г/м^2.

На глубине 5 м в верхней части озера на коричневых илах с зарослями водяного мха донные беспозвоночные не были отмечены.

На 10 метрах в верхней части озера на коричневых илах зафиксированы самая высокая численность (1450 экз/м^2) и биомасса (2,35 г/м^2). Население представлено личинками хирономид и двустворчатыми моллюсками. Наибольшее значение по численности и биомассе имеют личинки хирономид (89,66 и 90,78 % соответственно). Небольшую долю составили двустворчатые моллюски (10,34 и 9,22 %).

На глубине 20 м на схожих грунтах отмечается резкое снижение количественных показателей макрозообентоса до 400 экз/м^2 и 0,85 г/м^2. Лидирующее положение по численности (62,5 %) и биомассе (58,82 %) также имели личинки хирономид, второстепенное – двустворчатые моллюски (37,5 и 41,18 %).

На глубине 30 м на коричневых илах отмечены те же группы донных беспозвоночных. В данной зоне глубин отмечено двукратное повышение количественных показателей: средние значения численности составили 850 экз/м^2 при биомассе 1,93 г/м^2. Личинки хирономид продолжают занимать лидирующее положение по численности (80,39 %) и биомассе (82,76 %). Двустворчатые моллюски занимают субдоминантное положение (19,61 и 17,24 % соответственно).

На глубине 40 м на схожих грунтах отмечено снижение количественных параметров, среди организмов макрозообентоса отмечены только личинки хирономид при численности 450 экз/м^2 и биомассе 1,1 г/м^2.

На глубине 20 м в нижней части озера на светло-коричневых илах с песком среди донного населения отмечены личинки хирономид и двустворчатые моллюски. Средние показатели численности составили 650 экз/м^2, биомассы – 0,375 г/м^2. Доминирующее положение по численности и биомассе, как и на предыдущих глубинах, имели личинки хирономид (92,31 и 93,3 % соответственно). Двустворчатые моллюски составили небольшую долю (7,96 и 6,7 %).

На глубинах 15 м в нижней части озера на светло-коричневых грунтах представители макрозообентоса отсутствовали.

В нижней части озера в районе истока на глубине 10 м на схожих грунтах макрозообентос представлен тремя таксономическими группами: хирономиды, двустворчатые моллюски и амфиподы. Средние количественные показатели макрозообентоса характеризуются более высокими значениями относительно предыдущих глубинных горизонтов и составляют 1100 экз/м^2 и 0,867 г/м^2. Несмотря на появление амфипод, лидирующее положение по численности и биомассе продолжают занимать личинки хирономид (95,45 % по численности и 88,46 % по биомассе). Субдоминантное положение имеют двустворчатые моллюски (3,03 и 7,69 % соответственно). Амфиподы составляют минимальную долю (1,51 и 3,85 %).

Дальнейшие исследования, без сомнения, позволят более полно выявить особенности структуры биоты этого своеобразного горного водоёма.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. Л. Юрьев

УДК 598.2

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ВОДОПЛАВАЮЩИХ ПТИЦ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

К. В. Саловаров[1], А. С. Слепченко[1], А. В. Лавникова[1], Д. Ю. Карнаухов[1,2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Байкальский музей СО РАН, р. п. Листвянка, Россия
s.kirill2017@mail.ru

Waterfowl are an important and sensitive component of ecosystems. This study reviews the taxonomic diversity of waterfowl in the Baikal region.

Изучение водоплавающих птиц Байкальского региона (Иркутская область, Республика Бурятия, Забайкальский край) берет своё начало во второй половине XVIII в. В этот период были совершены экспедиции по систематическому описанию всей фауны Байкальского региона под руководством Петра Симона Палласа и Иоганна Готлиба Георги, впервые описавших таких представителей орнитофауны, как огарь, стерх, большой баклан, кряква, гагара и многих других в своих трудах «Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs» [4] («Путешествие по разным провинциям Российского государства») и «Beschreibung aller Nationen des russischen Reiches» («Описание всех народов российского государства»). Труды данных исследователей стали началом изучения экологии, видового состава, распространения орнитофауны Байкальского региона. Однако в связи с активным развитием поселений, изменением климата, строительством Иркутской ГЭС и общим повышением антропогенной нагрузки на

экосистемы Байкальского региона многие экологические группы изменили места своего обитания. Численность и видовой состав птиц также претерпели некоторые изменения либо произошло полное исчезновение отдельных видов на прилегающих к Байкалу территориях. Обобщение всех доступных данных по разнообразию отмечаемых в пределах Байкальского региона видов водоплавающих птиц является ключевой целью данной работы.

Изучение орнитофауны Байкальского региона можно условно разделить на 3 основных этапа [3]: 1. Эпоха экспедиций и создание первых сводок рядом учёных (П. С. Паллас, И. Г. Георги, Г. И. Радде (1850–1860-е гг.), В. А. Обручев (1895 г.), А. И. Черский (конец XIX в.)) в период с 1760 по 1900 г., которые активно проводили экспедиции по Восточной Сибири с целью изучения геологии, фауны, путей миграций и численности птиц. 2. Формирование научной базы началось с деятельности следующих ученых: Б. И. Дыбовский (1900–1902 гг.) произвел орнитологические наблюдения на Байкале, позже опубликованные в научных журналах, В. Ч. Дорогостайский (1910–1920-е гг.) опубликовал материалы по фауне позвоночных бассейна оз. Байкал. Г. Г. Доппельмаир, С. С. Фолитарек (1920–1930-е гг.) «Фауна Баргузинского заповедника». А. Я. Тугаринов (1929 г.) опубликовал сводку «Птицы Прибайкалья», которая стала одним из первых систематических обзоров орнитофауны региона (где были обобщены все предшествующие данные). Е. В. Козловой (1947 г.) была опубликована монография «Птицы Южного Забайкалья и Северного Прибайкалья», монографическое исследование, основанное на материалах экспедиций Зоологического института АН СССР. А. С. Рябицевым (1950–1960-е гг.) опубликована «Птицы Средней Сибири». В работах этого периода анализируется орнитофауна всего региона, включая данные по Байкалу. А. Ф. Ковшарь (1960-е гг.) «Орнитологические исследования в Восточной Сибири». Публикации по результатам экспедиций Московского государственного университета на Байкал. 3. Комплексные экспедиции, мониторинг, охрана и современные данные: за период с 1970-х до начала 2000-х были опубликованы следующие наиболее полные работы с полным перечислением видов, отмеченных в Байкальском регионе: В. В. Рябцев, О. К. Гусев «Орнитофауна дельты Селенги», Ц. З. Доржиев «Экология водоплавающих птиц бассейна озера Байкал», А. А. Ананин «Динамика численности и распределение водоплавающих птиц на Байкале», «Многолетняя динамика орнитофауны Баргузинского хребта», О. А. Горошко «Современное состояние популяций чайковых птиц на Байкале» [1] Ц. З. Доржиев, Э. Н. Елаев «Птицы бассейна озера Байкал: фауна, экология, охрана» и Ц. З. Доржиев, Е. Н. Бадмаева, Н. Цэвээнмядаг «Эколого-систематическая характеристика водно-болотных птиц бассейна озера Байкал». Стоит отметить, что две последние работы являются наиболее полными источниками для описания биоразнообразия водоплавающих птиц Байкальского региона [2]

После детального анализа перечисленных выше источников была составлена таблица, описывающая систематический состав водоплавающих птиц Байкальского региона. Данная таблица представлена ниже в обобщенном виде (табл.).

Таблица

Количественная характеристика систематического состава водоплавающих птиц Байкальского региона

№	Отряды	Число		
		семейств	родов	видов (%)
1	Гусеобразные (Anseriformes)	2	14	32 (64)
2	Пеликанообразные (Pelecaniformes)	1	1	1 (2)
3	Поганкообразные (Podicipediformes)	1	5	5 (10)
4	Ржанкообразные (Charadriiformes)	2	6	9 (18)
5	Гагарообразные (Gaviiformes)	1	2	3 (6)

В таблице представлены все отряды птиц, строго приуроченные к водоемам, однако, исключены отряды и семейства околоводных птиц (журавлеобразные, аистообразные, ракшеобразные, фламингообразные, воробьинобразные, соколообразные и некоторые семейства отряда ржанкообразных). Кроме того, в таблицу включены залётные, пролётные, гнездящиеся, редко встречающиеся и зимующие виды. Данные приведены на основе анализа ранее названных источников, однако, акцент делался на описания Ц. З. Доржиева и Э. Н. Елаева. Анализ составленного перечня птиц показал, что наибольшая доля водоплавающих птиц в изучаемом регионе приходится на отряд гусеобразных (Anseriformes), составляющий около 64 % от всех водоплавающих птиц Байкальского региона, далее идут отряд ржанкообразных (Charadriiformes) (18 %), отряд поганкообразных (Podicipediformes) (10 %), гагарообразных (Gaviiformes) (6 %) и пеликанообразных (Pelecaniformes) (2 %). Данное исследование будет продолжено с учётом собственных натурных наблюдений.

Исследование выполнено при поддержке проекта Минобрнауки РФ.

Список литературы

1. Горошко О. А. Современное состояние популяций чайковых птиц на Байкале // Байкальский зоологический журнал. 2011. № 1 (6). С. 5–11.

2. Доржиев Ц. З., Бадмаева Е. Н., Цэвээнмядаг Н.Эколого-систематическая характеристика водно-болотных птиц бассейна озера Байкал // Природа Внутренней Азии. 2018. № 3(8). С. 51–83. DOI 10. 18101/2542-0623-2018-3-51-83

3. История исследований птиц бассейна озера Байкал / Ц. З. Доржиев, Н. Цэвээнмядаг, Е. Н. Бадмаева [и др.] // Природа Внутренней Азии. 2020. № 1(14). С. 7–65. DOI 10. 18101/2542-0623-2020-1-7-65

4. Pallas P. S. Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs. St. Petersburg, 1771–1776. Bd. 1–3.

Научный руководитель д-р биол. наук, вед. науч. сотр., проф. Е. А. Зилов.

УДК 57.044

ЭФФЕКТ ДОБАВОК НА БИОДОСТУПНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЛИГНОУГЛЕВОДНЫХ ОТХОДОВ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ: ПОДХОДЫ К ОБЕЗВРЕЖИВАНИЮ

А. А. Сигова, А. А. Орлова, Г. В. Юринова, Д. А. Ярыгин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
sigovaanna02@mail.ru

Highly alkaline lignocellulosic waste from industrial processes threatens ecosystems and inhibits microbial degradation; this study evaluates neutralization using humic acids, ion exchangers, and mineral acid combinations to restore optimal pH and enable efficient biotreatment.

Интенсивное развитие целлюлозно-бумажной, биотопливной и биохимической отраслей промышленности сопровождается накоплением значительных объёмов органических отходов, содержащих лигноуглеводный комплекс – природный полимер, состоящий из лигнина (35–45 %), целлюлозы (28–35 %) и гемицеллюлозы (15–25 %) [3]. Лигноуглеводные отходы представляют особую экологическую проблему: в результате длительного хранения происходят процессы частичного лигнолиза, минерализации и подщелачивания субстрата, что приводит к нарушению кислотно-основного равновесия и накоплению фенольных ингибиторов.

Без соблюдения условий безопасного хранения и надлежащего обезвреживания лигноуглеводные отходы являются источниками деградации почв, загрязнения грунтовых вод и подавления природных микробиоценозов.

Ключевым барьером для биологической утилизации таких субстратов является их высокая щелочность: большинство лигнолитических и целлюлозолитических микроорганизмов (*Trichoderma reesei, Aspergillus niger, Bacillus subtilis*) активны в диапазоне pH 5–8, тогда как при pH > 10 их ферментативная активность резко подавляется [4]. Следовательно, предварительная нейтрализация является обязательным этапом перед биодеградацией. Среди нормализующих агентов особый интерес представляют гуминовые кислоты, синтетические и натуральные иониты [1], а также их комбинации с минеральными кислотами.

Цель настоящего исследования – оценить влияние различных химических нормализующих агентов и их комбинаций на кислотно-основное равновесие, биодоступность и потенциал биологической утилизации лигноуглеводных отходов длительного хранения.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использованы образцы лигноуглеводных субстратов, извлечённые из короотвала на глубине 5 м.

Исследованы три группы нормализующих систем:

Группа 1 (гуминово-минеральная): раствор гуминовых кислот, полученных из местных почв в комбинации с H_3PO_4, HNO_3 или кристаллической $H_2C_2O4 \cdot 2H_2O$. Группа 2 (синтезированный ионит): глицин-фосфатный ионит в комбинации с H_3PO_4. Группа 3 (коммерческий флокулянт): «Праестол 880» в комбинации с H_3PO_4.

Влажность субстрата определяли гравиметрически по ГОСТ 16932-93. Водные экстракты (соотношение 1:10) получали при перемешивании на орбитальном шейкере (70 об/мин, 22°C, 7–8 ч) с последующим отстаиванием (12–18 ч) и центрифугированием (8 тыс. об/мин, 10 мин). Измерения pH проводили потенциометрически с использованием комбинированного электрода ЭСП-10603 на иономере «Эксперт-001» на 1-е, 7-е, 30-е и 180-е сут.

Результаты и обсуждения

Группа 1: гуминово-минеральная система

Целевые показатели кислотно-основного равновесия (pH 8,08–8,5) достигнуты при совместном применении гуминовых кислот и фосфорной кислоты, независимо от последовательности внесения начиная с 7-х суток наблюдения. Мене выраженным эффектом обладали комбинации с азотной и щавелевой кислотами несмотря на то, что обеспечивали снижение pH ниже 9,0 в первый месяц. По результатам мониторинга (до 6 месяцев) установлено, что гуминово-минеральные системы не обеспечивают устойчивого поддержания pH: наблюдается постепенный рост значений до 8,7–9,5 для большинства комбинаций. Исключение составили образцы с азотной и щавелевой кислотами, у которых рост pH в течение 6 месяцев оказался более выраженным и приближался к контрольным значениям.

Важным преимуществом гуминовых кислот является их биосовместимость: в отличие от минеральных кислот, ГК не вызывают резкого подкисления, обладают хелатирующей способностью к ионам Na^+ и K^+ и способны адсорбировать токсичные фенольные мономеры, образующиеся при деградации лигнина. Дополнительный эффект – активация ферментных систем микроорганизмов через механизм «электронного шаттла» [3].

Группа 2: синтезированный ионит

Синтезированный глицин-фосфатный ионит продемонстрировал наивысшую эффективность нейтрализации среди всех нормализующих агентов. Оптимальным режимом оказалось совместное (одновременное) внесение фосфорной кислоты и ионита в концентрации 0,1 %, обеспечившее снижение pH до 7,1–8,9 – диапазона, физиологически приемлемого для большинства лигнолитических микроорганизмов. Последующий мониторинг показал высокую стабильность данного режима в течение 150 сут. Повышение концентрации ионита до 0,5 % и выше снижало кислотный эффект, вероятно, вследствие превышения оптимального соотношения ионит/кислота и возникновения буферного эффекта. Последова-

тельные режимы внесения (ионит → кислота или кислота → ионит) были менее предсказуемы и требовали строгого контроля временных интервалов.

Группа 3 коммерческий флокулянт «Праестол 880»

Ни одна из испытанных комбинаций «Праестол 880» с фосфорной кислотой не позволила достичь целевого диапазона pH 6–8. При концентрации флокулянта 0,1 % наблюдался парадоксальный рост pH до 9,5–9,7 в начале эксперимента с последующим медленным снижением до ~9,2–9,4, что делает данные режимы непригодными для подготовки субстрата к биологической переработке.

Причиной, вероятно, является катионный характер полиакриламидного флокулянта «Праестол 880», который в щелочной среде может высвобождать основные функциональные группы и дополнительно подщелачивать субстрат. Данный результат подчёркивает необходимость предварительного тестирования pH-совместимости агентов перед их применением в технологиях обезвреживания лигноуглеводных субстратов.

С точки зрения экологической устойчивости, применение синтезированного глицин-фосфатного ионита является перспективным: при деградации он не образует токсичных побочных продуктов, а фосфор может служить питательным элементом для микроорганизмов-деструкторов [1]. Гуминово-минеральная система также экологически безопасна, поскольку ГК являются компонентом естественного гумусового цикла.

Список литературы

1. Лебедева О. А., Смирнов А. Г. Применение ионитов для обезвреживания щелочных лигноцеллюлозных стоков // Химия и технология воды. 2020. Т. 42, № 4. С. 389–397.

2. Орлов Д. С., Бирюкова О. Н. Экологические функции гуминовых веществ из коры различных древесных пород // Почвоведение. 2021. № 9. С. 1076–1084.

3. Challenges in biological treatment of highly alkaline lignocellulosic wastes: a review / Y. Zhang [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. 2022. Vol. 29. P. 691–711.

4. Kumar S., Gaur R. Autochthonous microbial communities drive self-neutralization // Waste Management. 2021. Vol. 126. P. 634–643.

УДК 576.895

О МОРФОГЕНЕЗЕ ПРИКРЕПИТЕЛЬНОГО ДИСКА ГИРОДАКТИЛЮСОВ (MONOGENEA: GYRODACTYLIDEA) С ПЕСЧАНОЙ (*LEOCOTTUS KESSLERII*) И КАМЕННОЙ ШИРОКОЛОБОК (*PARACOTTUS KNERII*)

Е. В. Смолянинова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
smolyaninova.kate@gmail.com

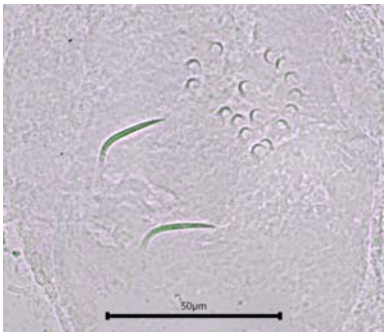
Data on the haptoral sclerites of Gyrodactylus from sandy and stone sculpins (*Paracottus knerii* and *Leocottus kesslerii*) from reservoirs outside Lake Baikal (Lake Gusinoe and the Bazaiha River, the right tributary of the Yenisei) are presented. The correspondence of the morphogenesis of the attachment armament with the literature data was established.

Ранее в полевых условиях уже проводились работы по изучению развития прикрепительного вооружения моногеней двух родов *Tetraonchus* и *Salmonchus* [3]. Б. Е. Быховский на многочисленном материале проанализировал этапы морфогенеза разных групп моногеней [1]. В связи с исследованиями моногеней с песчаной и каменной широколобок, обитающих вне оз. Байкал, у нас появилась возможность изучить развитие прикрепительного аппарата у *Gyrodactylus baicalensis* и *G. comephori*.

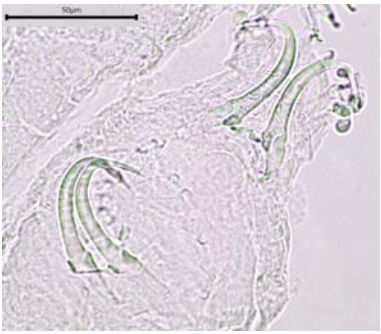
В 2022 и 2023 гг. были собраны материалы по гиродактилюсам с песчаной широколобки оз. Гусиное (51.239622° с. ш. и 106.499219° в. д.) (Республика Бурятия) и каменной широколобки из р. Базаихи (правый приток Енисея) (55.574417° с. ш. и 92.474490° в. д.) (Красноярский край). Было вскрыто по 15 экз. песчаной широколобки в 2022 и 2023 гг. В р. Базаихе в 2023 г. было обследовано 19 экз. каменной широколобки. В результате проведенных исследований у песчаной широколобки из оз. Гусиное *Gyrodactylus baicalensis* был обнаружен на плавниках, в кожных складках нижней челюсти и ротовой полости, на жабрах – *G.comephori*. У каменной широколобки из р. Базаихи *G. baicalensis* был обнаружен в кожных складках нижней челюсти и ротовой полости, на поверхности тела, жабрах и плавниках.

Материалы были обработаны по методике А. В. Гусева [2]. В работе использованы фиксированные в 70° этаноле черви. Было изготовлено более 500 глицерин-желатиновых препаратов. Наблюдения и фотографии сделаны с помощью светового микроскопа Olympus BX43, оборудованного принадлежностями для наблюдения методом дифференциально-интерференционного контраста Номарского (ДИК-контраста), цифровой камерой ADF PRO 20 (Digital Microscopy camera ADF PRO 20) и ПК с программой ADF Image Capture для анализа и документирования изображения с препаратов. При описании морфогенеза прикрепительного вооружения мы использовали методику Б. Е. Быховского [1].

Было установлено, что тело эмбриона овальной формы, прикрепительный диск не дифференцирован и хорошо заметен венчик развивающихся нежных мелких краевых крючьев. Сначала краевые крючья представлены в виде 16 скобочек или «серпов». Далее идет утолщение этих структур, и они приобретают вид лезвий краевых крючьев и только потом их база и рукоятка. Срединные крючья закладываются рядом с «короной» из краевых крючьев и на ранней стадии развития прикрепительного аппарата имеют форму тонких игл. С формированием базы краевых крючьев идет синхронное утолщение игловидных зачатков срединных крючьев, и они приобретают серпообразную форму. Это зачатки острия срединного крючка, которые развиваются путем нарастания на него основной части, а затем внутреннего отростка. Подобное развитие срединных крючьев мы наблюдали у тетраонхид в условиях эксперимента [3]. Соединительные пластинки гиродактилид закладываются между срединными крючьями в виде нитей или балок и постепенно растут, приобретая свою форму. Постепенно дочерняя особь вытягивается, и её внутренняя организация становится близкой к таковой взрослого червя (рис.). Она занимает более половины материнской особи, а затем достигает 2/3 её длины. На переднем конце тела эмбриона заметны головные лопасти. Одновременно на препаратах мы наблюдали два эмбриона на разных стадиях своего развития. Следует указать, что нашими коллегами обнаружены экземпляры *Gyrodactylus gemini*, у которых в матке два эмбриона были на одной стадии развития [6]. Они придают этому факту особенное значение и считают, что возможно после детального изучения эмбриологии этих паразитов можно будет выделить новый род. Дж. Кейбл и Харрис также обратили внимание на этот факт [4; 5] и дали свои комментарии, что требуются дополнительные исследования, которые позволят установить развивались ли сестринские эмбрионы из одного ооцита или из двух.



1



2

Рис. Фотографии развития прикрепительного вооружения представителей рода *Gyrodactylus*: *1* – начальный этап формирования прикрепительного вооружения дочерней особи;

2 – полностью сформированный прикрепительный диск дочерней особи в теле материнской особи

Б. Е. Быховский отмечал, что для большинства видов дактилогирид вооружение прикрепительного диска развивается гармонично, в соответствии друг с другом: «Эта закономерность есть морфологическое выражение функционального усиления роли прикрепительного вооружения в прикреплении животного к своему хозяину» [1]. Наши наблюдения по гиродактилюсам подтверждают это мнение Б. Е. Быховского.

Таким образом, по результатам изучения этапов развития прикрепительного вооружения эндемичных байкальских гиродактилюсов, в водоемах вне Байкала, показало, что поэтапное и гармоничное развитие вооружения прикрепительного диска, сходно с таковым у разных представителей рода *Gyrodactylus*.

Список литературы

1. Быховский Б. Е. Моногенетические сосальщики, их система и филогения // Известия АН СССР, 1957. С. 11–216.

2. Гусев А. В. Методика сбора и обработки материалов по моногенеям, паразитирующих у рыб. Л. : Наука, 1983. 47 с.

3. Русинек Е. В., Русинек О. Т. Развитие моногеней семейства Tetraonchidae в экспериментальных условиях // Паразитология. 2010. Т. 44, вып. 3. С. 240–249.

4. Bakke T. A., Cable J., Harris P. D. The biology of gyrodactylid monogeneans: the “Russian-doll killers” // Adv. Parasitol. 2007. P. 161–378.

5. Cable J., Harris P. D. Gyrodactylid developmental biology: historical review, current status and future trends // International J. for Parasitology. 2002. Vol. 32. P. 255–280.

6. Ferraz E., Shinn A. P., Sommerville C. *Gyrodactylus gemini* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae), a parasite of *Semaprochilodus taeniurus* (Steindachner) from the Venezuelan Amazon // Syst. Parasitol. 1994. Vol. 29. P. 217–222.

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

УДК 582.29

ТАКСОНОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИШАЙНИКОВ КАРБОНАТНОГО МАССИВА «КАДАЛИКАНСКИЕ СТОЛБЫ» (ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ)

Н. В. Тресков

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
treskov340@gmail.com

The article presents a taxonomic analysis of the lichen flora of the «Kadalikanskie Stolby» carbonate massif (Patom Highlands), comprising 89 species with a predominance of epigeic lichens. The identified diversity, including rare and protected species, confirms the high conservation value of the studied territory.

Патомское нагорье представляет собой средневысотную горную страну со средними высотами от 700 до 1200 м над у. м. [1], расположенную к северо-востоку от оз. Байкал. Территория характеризуется суровыми климатическими условиями [2], которые формируют основные элементы растительности в виде лиственничной (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) тайги, зарослей кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) и щебнисто-лишайниковых горных тундр [4].

Лишайники Патомского нагорья в настоящее время находятся на начальной стадии изучения, опубликован лишь небольшой список лишайников карбонатных местообитаний [4]. В 2025 г. предпринята попытка изучения лишайников карбонатного массива Кадаликанские столбы, располагающегося в центральной части нагорья в долине р. Кадаликан.

«Кадаликанские столбы» – гряда скал-останцов, образовавшихся в результате выветривания и вымывания более мягких известковых пород по долине р. Кадаликан протяженностью более 5 км [5].

Сбор и камеральная обработка гербарного материала осуществлялась по общепринятым в лихенологии методикам [7], собрано более 50 пакетообразцов лишайников.

В ходе камеральной обработки материала выявлено 70 видов, а с учётом литературных данных для указанной территории [4], итоговый список включает 89 видов.

Среди выявленных лишайников ведущие семейства объединяют 65 видов, что составляет 73,03 % от лихенофлоры, в то время как прочие семейства включают 24 вида (табл. 1). Три доминирующих семейства (Parmeliaceae Zenker, Cladoniaceae Zenker, Psoraceae Zahlbr.) в общей сложности объединяют 35 видов, что, в свою очередь, составляет почти 40 % видового разнообразия района исследования.

Таблица 1

Ведущие семейства лихенофлоры Кадаликанских столбов

Ранг	Семейство	Число видов	% флоры
1	Parmeliaceae	17	19,10
2–3	Cladoniaceae	9	10,11
2–3	Psoraceae	9	10,11
4	Peltigeraceae	7	7,87
5–7	Physciaceae	6	6,74
5–7	Ramalinaceae	6	6,74
5–7	Teloschistaceae	6	6,74
8	Verrucariaceae	5	5,62
Всего		65	73,03

В составе выявленных лишайников 19 родов являются ведущими, и включают 56 видов из 89, что составляет 62,92 % от общего числа видов (табл. 2). Представители родов *Cladonia* P. Browne, *Psora* Hoffm. и *Peltigera* Willd. занимают доминирующие позиции, объединяя 23 вида (или 25,84 % лихенофлоры). Род *Cetraria* Ach. представлен лишь 3 видами, (3,37 % лихенофлоры), а прочие 15 родов занимают ранг 5-19, и включают по 2 вида (2,25 % лихенофлоры).

Таблица 2

Ведущие рода лихенофлоры Кадаликанских столбов

Ранг	Род	Число видов	% флоры	Ранг	Род	Число видов	% флоры
1–2	Cladonia	9	10,11	5–19	Lecanora	2	2,25
1–2	Psora	9	10,11	5–19	Parmelia	2	2,25
3	Peltigera	5	5,62	5–19	Physconia	2	2,25
4	Cetraria	3	3,37	5–19	Rinodina	2	2,25
5–19	Bryoria	2	2,25	5–19	Scytinium	2	2,25
5–19	Buellia	2	2,25	5–19	Solorina	2	2,25
5–19	Endocarpon	2	2,25	5–19	Toninia	2	2,25
5–19	Evernia	2	2,25	5–19	Toniniopsis	2	2,25
5–19	Flavocetraria	2	2,25	5–19	Vulpicida	2	2,25
5–19	Gyalolechia	2	2,25	Всего		56	62,92

Учитывая особенности изучаемых местообитаний, можно отметить характерную неравномерность по типу эколого-субстратной приуроченности обнаруженных лишайников. Две трети лихенофлоры Кадаликанских столбов относится к эпигеидам (59 видов). Именно среди представителей этой группы встречаются виды, имеющие ограниченное распространение на территории России (*Lempholemma polyanthes* (Bernh.) Malme, *Neoplaca mirabilis* I. V. Frolov, Prokopiev et Konoreva, *Psora tenuifolia* Timdal, *Zeroviella mandschurica* (Zahlbr.) S. Y. Kondr. et Hur и др.) [6], а также виды, внесённые в Красную книгу Иркутской области (*Arthonia glebosa* Tuck., *Buellia elegans* Poelt и *Psora indigirkae* Timdal et Zhurb.) [3].

Группа эпилитных лишайников включает 13 видов, а эпифиты объединяют 11 представителей лихенофлоры Кадаликанских столбов. Среди обнаруженных лишайников встречались и представители более специфичных субстратных групп, например, эпиксилы (3 вида). Кроме того, 2 вида (*Alectoria ochroleuca* (Hoffm.) A. Massal. и *Xanthoparmelia stenophylla* (Ach.) Ahti & D. Hawksw.) можно отнести к группе субэпигеидов, а *Tetramelas insignis* (Ndgeli ex Hepp) Kalb относится к группе эпилихенофитов, и обнаружен в районе исследования на талломе *Vulpicida juniperinus* (L.) J.-E. Mattsson et M. J. Lai.

Проведённый анализ лихенофлоры карбонатного массива «Кадаликанские столбы» выявил высокое видовое разнообразие – 89 видов. Эколого-субстратная структура демонстрирует типичное для открытых карбонатных местообитаний преобладание эпигеидной группы лишайников. Полученные данные могут стать основой для дальнейшего изучения лишайников карбонатных массивов Патомского Нагорья, а также использоваться для обоснования природоохранных мероприятий в отношении подобных объектов в будущем.

Список литературы

1. Воскресенский С. С. Геоморфология Сибири. М. : Изд-во МГУ, 1962. 352 с.

2. Иркутская область: (Природ. условия адм. р-нов) / Н. С. Беркин, С. А. Филиппова, В. М. Бояркин [и др.]. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 300 с.

3. Красная книга Иркутской области / гл. ред. С. М. Трофимова, отв. ред. В. В. Попов. Иркутск; Улан-Удэ : Респ. тип., 2020. 552 с.

4. Лиштва А. В. Лишайники карбонатных субстратов Патомского нагорья (Восточная Сибирь) // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2023. Т. 22, № 2. С. 179–182.

5. Чечёткина Л. Г. Семь чудес природы Привитимья : путеводитель. Иркутск : Артиздат, 2011. 20 с.

6. Список лихенофлоры России / сост. Г. П. Урбанавичюс. СПб : Наука, 2010. 194 с.

7. Флора лишайников России: Биология, экология, разнообразие, распространение и методы изучения лишайников. М. ; СПб., 2014. 392 с.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. В. Лиштва

УДК 598.279.2(571.5)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА У ОСОБЕЙ ВОСТОЧНОГО ЛУНЯ *CIRCUS SPILONOTUS*: ОКРАСОЧНЫЙ, РАЗМЕРНО-ВЕСОВОЙ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОДЫ

Е. И. Юдина[1,2], П. Б. Дроздова[1,2], И. В. Фефелов[1]

[1]НИИ биологии озера Байкал Иркутского государственного университета, г. Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
elismel1303@gmail.com

Adults of the Eastern Marsh Harrier are sexually dimorphic, so sexing them is straightforward with a few caveats. However, problems arise with juveniles, which have not yet developed sexual coloration. In this paper, we will examine and compare approaches to sexing Eastern Marsh Harriers.

У особей восточного луня *Circus spilonotus* половой диморфизм хорошо выражен. Самки и самцы различаются по окраске оперения; также самки больше самцов по размерам и весу, но по этим признакам между полами есть перекрывание. Некоторые неполовозрелые самцы могут слегка походить на самок. А у болотного луня *Circus aeruginosus*, подвидом которого считали восточного до недавнего времени, была обнаружена такая особенность, как мимикрия некоторых самцов под самок [3]. Кроме того, молодые особи до двух лет не имеют полового диморфизма, поэтому окрасочный подход к ним не применим. Целью данной работы является сравнение различных подходов для определения пола у молодых особей восточного луня. Для этого нам нужно было собрать и обработать данные для размерно-весового и молекулярно-генетического подходов.

Для первой задачи мы собрали данные о весе и длине цевки у 15 нелетающих птенцов: 7 самок и 8 самцов (наши измерения 2025 г. и измерения 2000–2021 гг., сделанные И. В. Фефеловым). По этим двум параметрам мы обнаружили, что они разделяются: крайние значения выражены достаточно хорошо, но образуется перекрывающая область в центре, где будет сложно выяснить пол птенца. Тогда мы решили применить дискриминантный анализ путём вывода уравнения с несколькими переменными при помощи программы Statgraphics 18 (он применялся с взрослыми лунями [1], там также образовывались перекрывающие области). Получилось уравнение вида: $X = 4{,}97328 - 0{,}011025?A + 0{,}0321028?B$, где для самцов характерны значения $X > 0$, а для самок – $X < 0$. Чем больше индекс отличается от 0, тем больше вероятность правильного определения пола. Уравнение сработало не со всеми птицами: для одной из самок было получено положительное значение. Таким образом, дискриминантный анализ не позволил точно разделить птенцов по полу, во всяком случае, по двум названным признакам.

Для второй задачи мы взяли у трёх птенцов, обнаруженных в 2025 г., перья, выделили из них ДНК и отработали методику постановки ПЦР с данным видом. У птиц имеются половые хромосомы, гетерогаметным (ZW) полом является женский, а гомогаметным – мужской (ZZ). На обеих половых хромосомах у птиц есть ген ДНК-связывающего белка хромохеликазы 1 (CHD1), однако эти гены различаются по длине интронов, причём она видоспецифична. У восточного луня эта разница совсем небольшая, всего 3 пары нуклеотидов, и на электрофорезе очень трудно увидеть такие различия, поэтому в литературе существует рекомендация применять метод с использованием праймеров P2/NP/MP [2]. Это метод эффективен для семейства Ястребиных, к которым и относятся луни. Принцип работы праймеров таков, что P2 и NP отжигается на обе хромосомы, а MP специфичен для W-хромосомы и отжигается только на ней. Поэтому у птиц, имеющих ZW, т. е. самок, образуется три продукта, два из которых схожи по длине, а у ZZ, т. е. самцов, только один. На электрофорезе это выглядит как две полоски у самки и одна у самца. Три птенца, у которых мы взяли перья, при исследовании по этой методике оказались самцами.

По полученным данным можно заключить следующее: 1. Окрасочный подход при определении пола восточного луня подходит для половозрелых особей, но проблемы могут возникнуть с самцами, мимикрирующими под самок, если такие особи существуют и у восточного луня. У птенцов и оперившихся молодых особей нет половых различий по окраске. 2. Размерно-весовой подход также не точен с птенцами, нет чёткого разделения, образуются перекрывающие области, в которых сложно определить пол. 3. Самым точным на данный момент является молекулярно-генетический подход с использованием праймеров P2/NP/MP, которые хорошо работают с видом *C. spilonotus*.

Список литературы

1. Bavoux C. Burneleau G., Bretagnolle V. Gender determination in the western marsh harrier (*Circus aeruginosus*) using morphometrics and discriminant analysis // J. of Raptor Research. 2006. Vol. 40, N 1. P. 57–64.

2. Sex identification by alternative polymerase chain reaction methods in Falconiformes / H. Ito, A. Sudo-Yamaji, M. Abe [et al.] // Zoological Science. 2003. Vol. 20, N. 3. P. 339–344.

3. Sternalski A., Mougeot F., Bretagnolle V.Adaptive significance of permanent female mimicry in a bird of prey // Biology Letters. 2012. Vol. 8, N 2. P. 167–170.

УДК 577.2.04:618.14-006.36

НАРУШЕНИЕ ЛИПИДНОГО ОБМЕНА И ОКСИДАТИВНЫЙ СТРЕСС ИГРАЮТ ОСНОВНУЮ РОЛЬ В ПАТОГЕНЕЗЕ ПРОЛИФЕРАТИВНЫХ ГОРМОНОЗАВИСИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ У ЖЕНЩИН РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА

А. В. Аталян

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

К гиперпролиферативным и гормонозависимым гинекологическим заболеваниям относят эндометриоз, миому матки, гиперплазию эндометрия, аденомиоз и фиброзно-кистозную мастопатию [2]. Большинство из этих патологий сопровождаются хронической тазовой болью, снижающей качество жизни женщин, и бесплодием. Дисгормональные гиперпролиферативные заболевания объединяет общность патогенетических механизмов [3]. Их выявление важно для понимания этиологии, разработки методов диагностики, лечения и прогнозирования рецидивов. Настоящая работа направлена на определение последовательных патогенетических звеньев, связывающих липидный дисбаланс и окислительный стресс с развитием пролиферативных процессов в репродуктивных органах.

Этиология данных заболеваний связана с дисбалансом между пролиферацией и апоптозом, хроническим воспалением, окислительным стрессом, усилением ангиогенеза, а также нарушением регуляции половых гормонов и факторов роста [4].

В основе патогенеза пролиферативных гормонозависимых заболеваний у женщин репродуктивного возраста лежит каскад последовательных процессов, инициируемых метаболическим дисбалансом [6,8]. Под влиянием экзогенных (алиментарных, стрессовых) и эндогенных (гормональные колебания, воспаление) факторов формируются дислипидемия (повышение ЛПНП, снижение ЛПВП, накопление свободных жирных кислот) и относительная или абсолютная гиперэстрогения, причём метаболиты эстрогенов обладают прооксидантным действием. Метаболические нарушения, характеризующиеся сдвигом липидного профиля и избыточной активацией свободнорадикальных процессов [7], следует рассматривать как пусковое звено патогенеза.

Центральный этап представлен развитием окислительного стресса: активацией перекисного окисления липидов (ПОЛ) на фоне избытка липидного субстрата, истощением ферментативного (СОД, каталаза) и неферментативного звеньев антиоксидантной защиты, накоплением активных форм кислорода (супероксид-анион, гидроксильные радикалы, пероксинитрит)[1]. Далее реализуется повреждающее действие АФК в клетках-мишенях гормонозависимых органов: повышается проницаемость мембран с нарушением функции рецепторов половых стероидов, развивается митохондриальная дисфункция с энергодефицитом и выходом проапоптотических факторов, возникают мутации ядерной ДНК (одно- и двунитевые разрывы).

Заключительное звено описываемого процесса – клеточный ответ, при котором повреждение трансформируется в пролиферацию: инактивация белка p53 и нарушение апоптоза, повышение чувствительности клеток к эстрогенам вследствие изменённой текучести мембран и конформации рецепторов [5], активация транскрипционных факторов (NF-κB) и факторов роста (EGF, VEGF, TGF), стимулирующих ангиогенез. Исходом становится формирование морфологического субстрата – гиперпластических, диспластических и пролиферативных изменений в тканях репродуктивной системы. Клинически это проявляется следующими заболеваниями: гиперплазия эндометрия, аденомиоз, миома матки, фиброзно-кистозная мастопатия, дисплазия шейки матки.

Таким образом, перечисленные факторы вызывают повреждение клеток гормонозависимых органов на молекулярном и субклеточном уровнях: изменяют текучесть мембран, индуцируют перекисное окисление липидов, нарушают работу рецепторных систем. Следствием становится запуск неконтролируемой пролиферации – ключевого механизма формирования патологического разрастания тканей.

Список литературы

1. Система антиоксидантной защиты: регуляция метаболических процессов, генетические детерминанты, методы определения / О. А. Никитина, М. А. Даренская, Н. В. Семёнова, Л. И. Колесникова // Сибирский научный медицинский журнал. 2022. Т. 42, № 3. С. 4–17. DOI: 10. 18699/SSMJ20220301.

2. Изменение липидома эутопического эндометрия женщин с эндометриозом и миомой матки при различных фазах менструального цикла / Д. Ф. Салимова, Н. Л. Стародубцева, В. В. Чаговец, А. О. Токарева, Н. М. Тоноян, С. В. Павлович, В. Е. Франкевич // Акушерство и гинекология: новости, мнения, обучение. 2020. Т. 8, № 1. С. 8–15. DOI: 10. 24411/2303-9698-2020-11001

3. Серов В. Н. Гормонально-метаболические изменения при пролиферативных процессах и предраке женских половых органов // Доктор.Ру. 2018. № 2 (146). С. 11–14.

4. From pathogenesis to clinical practice: Emerging medical treatments for endometriosis / S. Clemenza, F. Sorbi, I. Noci [et al.] // Best Pract. Res Clin Obstet Gynaecol. 2018. Vol. 51. P. 92–101.

5. Kn S., Shetty S. S., Shetty P. Lipid-laden uterus: Investigating uterine fibroids and lipid association // Pathol Res Pract. 2025. Vol. 266. P. 155772. DOI: 10. 1016/j.prp.2024.155772

6. The Interplay of Uterine Health and Obesity: A Comprehensive Review / D. Šišljagić, S. Blažetić, M. Heffer [et al.] // Biomedicines. 2024. Vol. 12. N 12. P. 2801. DOI: 10. 3390/biomedicines12122801

7. Turkey B. N., Rubayae B. J. A. Possible association between lipid profile and uterine fibroid size // Int J Reprod Contracept Obstet Gynecol. 2023. Vol. 12, N 7. P. 1969–1974. DOI: 10. 18203/2320-1770. ijrcog20231905.

8. Zhong J., Cai B., Su T., Chen H. The association between metabolic syndrome and incidence of endometrial cancer: a meta-analysis // Diabetol Metab Syndr. 2025. Vol. 17, N 1. P. 430. DOI: 10. 1186/s13098-025-01964-6

Научный руководитель д-р биол. наук, проф. Ю. М. Константинов.

УДК 575.86

ФИЛОГЕНИЯ И ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АМФИПОД ИЗ РАЗНЫХ ГЛУБИН БАЙКАЛА

С. А. Боровик, Е. В. Романова

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
borovik-sonya56@yandex.ru

Amphipods is a very morphologically and taxonomically diverse group of invertebrates in Lake Baikal which also possess a significant cryptic diversity. In our work, we analyze phylogenetic relationship in several dozen of species based on nucleic sequences of COI and 18S genes, including two newly sequenced species *Propachygammarus dryshenkoi* and *Abyssogammarus sarmatus*, with additional focus on intraspecific diversity data of several species from our set.

Амфиподы – одна из ключевых и наиболее разнообразных групп в экосистеме оз. Байкал. Их фауна характеризуется исключительным видовым богатством, высочайшим уровнем эндемизма и насчитывает свыше 350 морфологических видов и подвидов [1]. Несмотря на относительно длительную историю исследований только для небольшого процента (около 27 %) видового разнообразия существуют генетические данные. При этом в большинстве случаев набор прочитанных маркерных последовательностей у разных видов не совпадает, что делает невозможным их общий анализ. В частности, остаются слабо изученными с генетической точки зрения виды, обитающие на глубине свыше 250–500 м (в абиссальной зоне).

Также одной из ключевых проблем в изучении байкальских амфипод является несоответствие между морфологической классификацией и данными молекулярно-генетических исследований. Исследования байкальских амфипод показывают, что морфологически одинаковые виды могут быть очень генетически разнообразны. Так литоральный вид *Eulimnogammarus verrucosus* разделяется на 3 генетические линии в соответствии с местом обитания (западное, южное и восточное побережья Байкала). При этом было показано, что попарные внутривидовые дистанции

по гену цитохром-с-оксидазы I (COI) составляют 13 %. Подобные находки ставят вопрос о реальных границах вида у данной группы байкальских позвоночных [2].

Цель работы – получение последовательностей генов 18S и COI для двух видов глубоководных байкальских амфипод, с последующим филогенетическим анализом в группе других байкальских видов, а также оценка внутривидовой изменчивости некоторых видов из набора данных по последовательности гена COI.

Использованы образцы амфипод собраны в экспедиции с использованием НИС «Г. Ю. Верещагин» (2025 г.) и определены Ж. В. Петуниной. ДНК выделяли ЦТАБ-методом, последовательности генов COI и18S рДНК секвенировали методом Сенгера. Для биоинформатического анализа использовались последовательности, полученные в результате анализа данных транскриптомных библиотек (SRA) байкальских амфипод из базы данных NCBI. Для совместного филогенетического анализа по генам COI и 18S подготовлены файлы с одинаковым набором видов и с совпадающими названиями последовательностей. Филогенетический анализ проведен в программе IQTree методом Maximum Likelihood. Оценку внутривидовой изменчивости по гену COI рассчитывали по попарным генетическим дистанциям (p-дистанция) в программе MEGA.

Были получены последовательности генов COI и 18S для видов: *Propachygammarus dryshenkoi* и *Abyssogammarus sarmatus*.

Анализ филогенетического дерева по генам COI и 18S показал, что исследуемые глубоководные виды не образуют монофилетической группы. Так глубоководный вид *P. dryshenkoi* (200–1300 м) оказался в одной кладе с сублиторальным видом *Odontogammarus calcaratus* (100–200 м). Глубоководный вид *A. sarmatus* (405–1329 м) кластеризовался с эврибатным видом *Eulimnogammarus ussolzewii* (100–697 м). Глубоководный вид *Eucarinogammarus pallidus* (14–400 м) – с сублиторальным видом *Eulimnogammarus sophianosi* (1,5–100 м). При этом поддержки клад составили от 89 до 100 %.

Внутривидовая дистанция (p-дистанция), посчитанная по фолмеровскому фрагменту гена COI для видов: *A. sarmatus*, *Brachyuropus grewingkii*, *Crypturopus inflatus*, *Echiuropus macronychus*, *Eulimnogammarus cruentus*, *Eulimnogammarus cyaneus*, *Gmelinoides fasciatus*, *Hyalellopsis carinata*, *Macropereiopus wagneri*, *Macroperieopus parvus*, *Pachischesis branchialis*, *Pallasea cancelloides* составила от 0 до 12 %. У глубоководного вида *A. sarmatus* (405–1329 м), представленного двумя особями в нашем наборе данных, различия между последовательностями достигли 12%, что сопоставимо с межвидовыми значениями. Дистанция у трех последовательностей вида *Pachischesis branchialis* (30–200 м) варьирует от 0 до 10,3 %. У двух особей литорального вида *Eulimnogammarus vittatus* (0–2 м) последовательности фолмеровского фрагмента отличаются на 9,7%.

Таким образом, были получены новые последовательности генов COI и 18S для *P. dryshenkoi* и *A. sarmatus*. Филогенетический анализ по генам COI и 18S подтвердил, что глубоководные амфиподы не образуют единой монофилетической группы. Глубоководные виды байкальских амфипод формируют кластеры с высокими поддержками, как с другими абиссальными видами, так и с видами, обитающими на других глубинах.

Оценка внутривидовой изменчивости фолмеровского фрагемнта гена COI двенадцати байкальских видов выявила вариабельность от 0 до 12 %. При этом было показано, что высокая внутривидовая изменчивость характерна не только для литоральных видов, но замечена у глубоководного вида *A. sarmatus* и достигает 12 %. Такие результаты можно объяснить наличием либо криптических видов (видов, неразличимых по морфологическим признакам, но с выраженными генетическими различиями), либо видов в процессе формирования (полувиды), либо случаями неточной идентификации по морфологическим признакам. Случаи так называемого «несовпадения морфологической и генетической эволюции» встречаются в экосистемах с высоким уровнем эндемизма, и в частности в оз. Байкал. Обнаружение видов с большими генетическими различиями является поводом для дальнейших исследований их эволюционной истории.

Список литературы

1. Дроздова П. Б., Мадьярова Е. В., Гурков А. Н. Байкальские амфиподы и их геномы, большие и малые // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024. Т. 28, № 3. С. 318.

2. Drozdova P., Saranchina A., Madyarova E. Experimental Crossing Confirms Reproductive Isolation between Cryptic Species within *Eulimnogammarus verrucosus* (Crustacea: Amphipoda) from Lake Baikal // International Journal of Molecular Sciences. 2022. Vol. 23, N 18.

УДК 573.6

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА РОСТ НЕКОТОРЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ

У. В. Буентуева[1], Н. А. Черкасова[1], К. А. Храмцова[1], Г. О. Жданова[1,2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Байкальский музей СО РАН, Иркутская обл., р. п. Листвянка, Россия
stomd@mail.ru

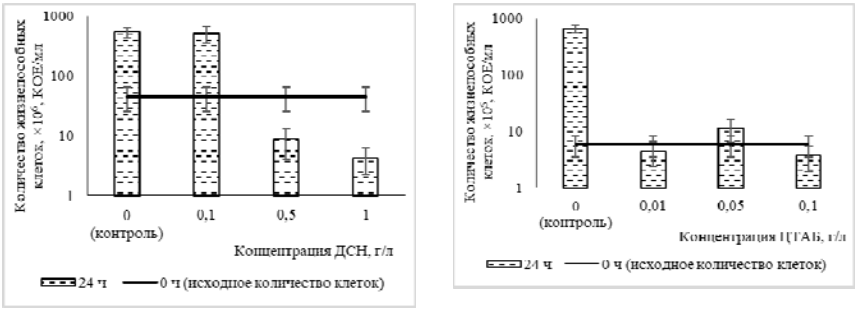
The effect of varying concentrations of two classes of surfactants (sodium dodecyl sulfate as an anionic surfactant and cetyltrimethylammonium bromide as a cationic surfactant) on the growth of microorganisms promising for use in microbial fuel cell technology was studied. Concentration ranges that inhibited growth were identified.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) широко используются в различных отраслях промышленности и быту, что приводит к их широкому распространению в окружающей среде. Присутствие ПАВ в сточных водах может оказывать влияние на процессы их биологической очистки, в том числе, в технологии микробных топливных элементов (МТЭ). С одной стороны, известно, что за счет внешнего добавления в МТЭ некоторых биосурфактантов и синтетических ПАВ может усиливаться выработка электроэнергии и ускоряться биоремедиация [3]. С другой стороны, длительное воздействие высоких концентраций ПАВ может снижать внеклеточный перенос электронов у микроорганизмов, негативно влиять на их рост, снижая производительность МТЭ. В связи с этим целью данной работы явилась оценка влияния представителей двух классов ПАВ (анионоактивное ПАВ додецилсульфат натрия, катионоактивное ПАВ цетилтриметиламмония бромид) на рост электрогенного штамма *Bacillus amyloliquefaciens* 2Д.

Объектом исследования служил штамм *B. amyloliquefaciens* 2Д, выделенный из биопрепарата для выгребных ям и септиков «Доктор Робик 109» (ООО ВИПЭКО, РФ). Ранее была показана электрогенная активность этого биопрепарата в МТЭ [1]. В предварительных экспериментах выявлено, что из пяти входящих в его состав штаммов, *B. amyloliquefaciens* 2Д был одним из наиболее активных, что обусловило интерес к этому штамму. Бактерии культивировали на мясо-пептонном агаре при 30 °С. Исследуемыми ПАВ являлись катионоактивный цетилтриметиламмоний бромид (CTAB) (хч, Chemicals LLC, США) и анионоактивный додецилсульфат натрия (ДСН) (хч, Taiwan NJC, Тайвань). Влияние ПАВ на рост культур изучали при 24-часовой экспозиции в жидкой среде (мясо-пептонный бульон) с добавлением ПАВ различной концентрации Контролем служила среда без добавления ПАВ. Численность микроорганизмов определяли методом Коха [2]. Для статистической обработки полученных данных

применяли табличный процессор Excel из пакета MS Office 2016. На графиках приведены значения среднего арифметического и стандартное отклонение среднего арифметического (или средняя квадратичная ошибка). Выводы сделаны с вероятностью безошибочного прогноза $p \geq 0{,}95$.

Анионоактивное ПАВ ДСН не оказывал негативного действия на прирост численности клеток штамма *B. amyloliquefaciens* 2Д при содержании 0,1 г/л. В этом случае численность жизнеспособных клеток ($(5{,}2\pm1{,}6)\cdot10^8$ КОЕ/мл) соответствовало контролю ($(5{,}3\pm0{,}9)\cdot10^8$ КОЕ/мл). При повышении содержания в среде ДСН до 0,5 г/л начиналось отмирание бактериальной культуры. Об этом свидетельствовало снижение численности жизнеспособных клеток с $(4{,}5\pm1{,}9)\cdot10^7$ КОЕ/мл (исходно внесенное в среду количество) до $(8{,}7\pm1{,}6)\cdot10^6$ КОЕ/мл за 24 часа экспозиции, в то время как в контроле (среда без добавления ПАВ) численность клеток штамма за указанное время возрастало с $(4{,}5\pm1{,}9)\cdot10^7$ КОЕ/мл до $(5{,}3\pm0{,}9)\cdot10^8$ КОЕ/мл (рис., *а*).



а *б*

Рис. Влияние анионоактивного ПАВ додецилсульфата натрия (*а*) и катионоактивного ПАВ цетилтриметиламмония бромида (*б*) на прирост численности клеток штамма *B. amyloliquefaciens* 2Д в жидкой среде за 24 ч экспозиции

СТАВ оказывал более сильное токсическое действие на рост штамма, чем ДСН. Ингибирование роста отмечали во всем исследуемом диапазоне концентраций этого ПАВ – от 0,01 до 0,1 г/л. Численность клеток *B. amyloliquefaciens* 2Д в средах с добавлением указанных концентраций СТАВ не отличалось от исходно внесенного в среду количества ($(5{,}84\pm2{,}32)\cdot10^6$ КОЕ/мл), в то время как в среде без добавления ПАВ численность клеток за 24 ч возрастала на 2 порядка (с $(5{,}84\pm2{,}32)\cdot10^6$ до $(6{,}7\pm0{,}9)\cdot10^8$ КОЕ/мл). Выявленное соотношение токсичности испытанных ПАВ двух классов согласуется с опубликованными результатами для других тест-объектов, в частности, по отношению к макроводорослям [5], беспозвоночным *Daphnia magna* [4], растениям *E. canadensis* [6].

Таким образом, анионоактивное ПАВ додецилсульфат натрия ингибировал рост штамма *B. amyloliquefaciens* 2Д при содержании 0,5 и 1 г/л, а катионоактивное ПАВ цетилтриметиламмония бромид – при 0,01–0,1 г/л.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-44-02008, https://rscf.ru/project/25-44-02008/

Список литературы

1. Генерирование электричества в БТЭ биопрепаратом «Доктор Робик» при очистке азотсодержащих сточных вод / Г. О. Жданова, Д. И. Стом, Н. Ю. Юдина [и др.] // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. 2022. Т. 164, кн. 2. С. 279–296.

2. Нетрусов А. И. Егорова М. А., Захарчук Л. М. Практикум по микробиологии / под ред. А. И. Нетрусова. М. : Академия, 2005. 608 с.

3. Accelerating electricity power generation and shortening incubation period of microbial fuel cell operated in tidal flat sediment by artificial surfactant anode modification / M. Tominaga, K. Ohmura, S. Ototani, R. Darmawan // Biochemical Engineering Journal. 2022. Vol. 185. 108536.

4. Acute toxicity of different type pesticide surfactants to *Daphnia magna* / X. H. Li, H. Li, C. Y. Chen [et al.] // J. Appl Ecol. 2013. Vol. 24, N 8. P. 2319–2324.

5. Masakorala K., Turner A., Brown M. T. nToxicity of Synthetic Surfactants to the Marine Macroalga *Ulva lactuca* // Water Air Soil Pollut. 2011. Vol. 218. P. 283–291.

6. The effect of surfactants on the release of ions from the shoots of *Elodea canadensis* / K. Yu. Donina, M. N. Saksonov, A. B. Kupchinsky [et al.] // AIP Conference Proceedings. 2023. 2817.

УДК 699.874

АНАЛИЗ ВСТРЕЧАЕМОСТИ МИКРОМИЦЕТОВ-БИОДЕСТРУКТОРОВ В РАЗЛИЧНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

П. А. Ведерникова, Н. Е. Буковская

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

During the survey of objects susceptible to biological damage in Irkutsk and the Irkutsk region: 23 objects in 2023 and 13 objects in 2024, 11 genera and 31 species of micromycetes capable of destroying building materials were identified. The most common is the genus *Aspergillus*.

В последние годы наблюдается увеличение, как разнообразия, так и численности микроорганизмов, способных нанести биологический вред материалам и конструкциям. Известные виды стали более агрессивными. Ущерб от биологических повреждений объектов достигает десятков миллионов долларов [2]. Причинами биоповреждений при участии микроорганизмов являются следующие процессы: механический, ассимиляционный, диссимиляционный [1].

В данной работе было проведено обследование 23 объектов в 2023 г. и 13 – в 2024 г., подверженных биоповреждениям в г. Иркутске и Иркутской области.

В 2023 г. исследовано 218 проб строительных материалов, из них 133 – в жилых помещениях и 85 – в служебных.

В 2024 г. было исследовано 149 проб строительных материалов, среди которых в жилых помещениях – 28 и 121 – в служебных.

Всего в ходе исследований выделен 31 вид микромицетов, принадлежащих к 11 родам.

В 2023 г. в жилых помещениях выявлены наиболее встречаемые микромицеты родов: *Aspergillus* sp. (54,14 %), *Trichoderma* sp. (39,10 %), *Penicillium* sp. (31,58 %), *Cladosporium* sp. (27,07 %), *Mucor* sp. (27,07 %) (рис. 1).

В служебных помещениях наиболее встречаемыми оказались микромицеты родов: *Aspergillus* sp. (58,82 %), *Penicillium* sp. (37,65 %), *Mucor* sp. (23,53 %), *Cladosporium* sp. (22,35 %), *Paecilomyces* sp. (20,00 %) (рис. 2).

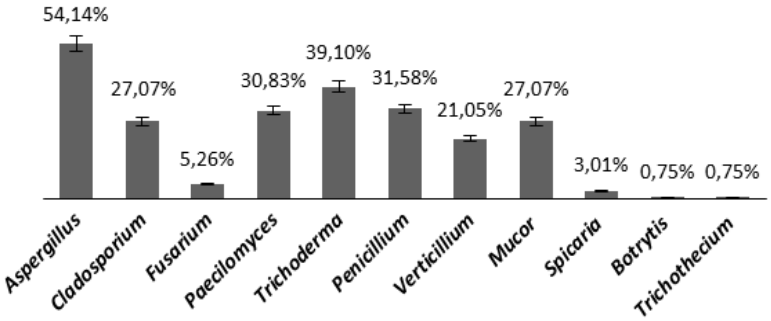


Рис. 1. Встречаемость родов микромицетов в 2023 г. в жилых помещениях (из 133 проб)

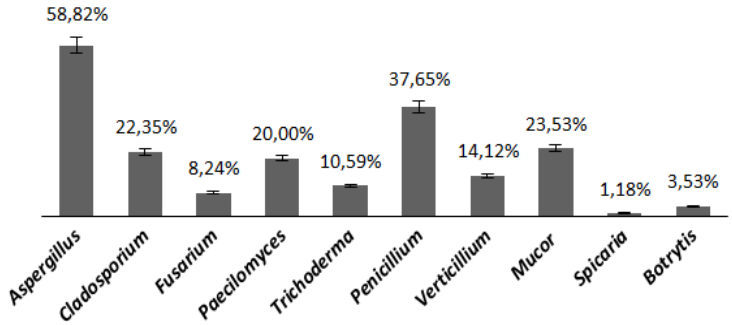


Рис. 2. Встречаемость родов микромицетов в 2023 г. в служебных помещениях (из 85 проб)

В исследованиях 2024 г. в жилых помещениях чаще всего встречались микромицеты родов: *Aspergillus* sp. (75,00 %), *Penicillium* sp. (46,43 %), *Mucor* sp. (39,29 %) (рис. 3).

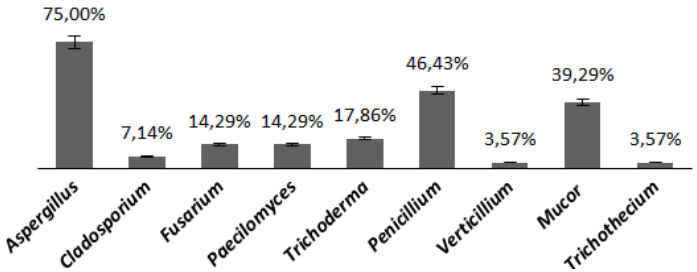


Рис. 3. Встречаемость родов микромицетов в 2024 г. в жилых помещениях (из 28 проб)

В служебных помещениях наиболее встречаемыми оказались микромицеты родов: *Aspergillus* sp. (55,37 %), *Mucor* sp. (37,19 %), *Trichoderma* sp. (30,58 %), *Penicillium* sp. (19,83 %) (рис. 4).

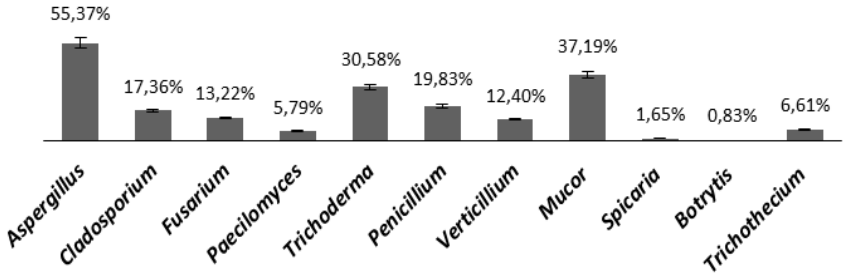


Рис. 4. Встречаемость родов микромицетов в 2024 г. в служебных помещениях (из 121 пробы)

Как видно из приведенных данных (см. рис. 1 – 4), наиболее встречаемым во всех помещениях является род *Aspergillus*. Процент встречаемости микромицетов родов *Aspergillus* и *Mucor* в 2024 г. оказался намного выше, чем в 2023 г., несмотря на исследования меньшего количества объектов и образцов.

Список литературы

1. Карамова Н. С., Надеева Г. В., Багаева Т. В. Методы исследования и оценки биоповреждений, вызываемых микроорганизмами : учеб.-метод. пособие . Казань : Изд-во КФУ, 2014. 36 с.

2. Лысикова Н. В. Биодеструкция строительных материалов и агенты биоповреждений // Международная научно-техническая конференция молодых ученых. Белгород, 25–27 мая 2020 г. Белгород : Белгород. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова, 2020. С. 1472–1476.

УДК 57.083.13

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА *BACILLUS THURINGIENSIS SUBSP. DENDROLIMUS*

К. А. Горбунов, М. Б. Смирнова, Н. Е. Буковская

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kg4632@ya.ru

The preservation of biological properties of museum strains of *Bacillus thuringiensis* during long-term storage is of great importance for their practical application. The viability, morphocultural, and physiological-biochemical characteristics of the strains after long-term storage were studied. It was shown that while the main properties are preserved, changes in certain features are observed, including the loss of the ability to form crystals.

Перспективность и широкое использование препаратов на основе *Bacillus thuringiensis* связаны с рядом особенностей энтомопатогенных бактерий, важными из которых являются: безопасность для нецелевых объектов, в первую очередь для человека и теплокровных животных, и специфичность действия разных серотипов и штаммов *B. thuringiensis* [1].

Качество препаратов на основе *B. thuringiensis* зависит от сохранности основных биологических свойств штамма-продуцента в условиях лаборатории. Поэтому поддержание микроорганизмов в жизнеспособном состоянии и сохранение их ценных свойств являются важными условиями работы с ними [2].

В большинстве бактериологических лабораторий организованы музеи живых культур микроорганизмов, используемые в процессе обучения, в исследовательских, промышленных и других целях. При этом правильное хранение культур является чрезвычайно важной проблемой.

В данной работе объектами исследования явились 4 штамма *B. thuringiensis* subsp. *dendrolimus* из коллекции культур микроорганизмов музея микробиологии ИГУ: М-16, М-26 и М-31 (выделены в 1986 г. на территории Богдуульского заповедника Монголии из гусениц сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus*)), а также штамм М-17 (изолирован из личинки античной волнянки (*Orgyia antiqua*) из биоценоза Монголии в 1985 г.)

Культуры хранились разными способами:

штамм М-16 (№ 1) – на скошенном мясопептонном агаре (МПА) под слоем вазелинового масла (полностью залит);

штамм М-17: М-17 (№ 2с) – на скошенном МПА в сухом состоянии; М-17 (№ 3м$^{1/2}$) – на скошенном МПА под вазелиновым маслом (слой масла ниже уровня питательной среды на 1/2); М-17 (№ 4) – на скошенном МПА под вазелиновым маслом (полностью залит);

штаммы М-26 (№ 5) и М-31 (№ 8) – на скошенном МПА под слоем вазелинового масла (полностью залиты);

штаммы М-26 (№ 6) и М-31 (№ 7) – на скошенном МПА под слоем вазелинового масла (слой масла ниже уровня питательной среды на 1/2).

Ранее, в 2005 и 2017 гг. культуры изучались на предмет сохранения их свойств после длительного хранения. Нами культуры были взяты для исследования в 2025 г., последний пересев микроорганизмов осуществлен в 2008 г. Таким образом, они хранились под маслом и в сухом состоянии без последующих пересевов в течение 17 лет. Общая длительность хранения штаммов составила 39–40 лет.

Изучаемые музейные штаммы *B. thuringiensis* первоначально проверялись на жизнеспособность и чистоту. Все культуры (независимо от способа хранения) оказались жизнеспособными. На 1-е сут. у всех штаммов был отмечен хороший рост на МПА, при визуальном осмотре они оказались чистыми. Чистота изучаемых микроорганизмов подтвердилась и при микроскопическом исследовании.

Микроскопическое исследование динамики процессов споро- и кристаллообразования у штаммов *B. thuringiensis* показало, что у культур, хранившихся под слоем вазелинового масла, залитых полностью, отмечалось замедление процесса спорообразования по сравнению с культурами, хранившимися в условиях неполного покрытия или в сухом состоянии. Следует отметить также, что после длительного хранения (39–40 лет) у штаммов *B. thuringiensis* снижалась способность к образованию кристаллов δ-эндотоксина.

Изучение физиолого-биохимических свойств культур *B. thuringiensis* показало, что большинство признаков (лецитиназная, амилолитическая, сахаролитическая активность, образование ацетилметилкарбинола) оказались стабильными.

Таким образом, хранение культур *B. thuringiensis* под вазелиновым маслом и в сухом состоянии в течение длительного периода (39–40 лет) возможно, так как штаммы сохраняют жизнеспособность, морфолого-культуральные и физиолого-биохимические признаки. Вместе с тем после длительного хранения с помощью указанных способов у культур отмечалось изменение их кристаллообразующей способности, что требует дальнейших исследований по изучению влияния сроков хранения на эту особенность энтомопатогенных бактерий вида *B. thuringiensis*, которая определяет их инсектицидную активность.

Список литературы

1. Ермолова В. П., Гречишкина С. Д. *Bacillus thuringiensis* – продуценты биопрепаратов // Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию Кубан. гос. аграр. ун-та. Краснодар : Изд-во Кубан. гос. аграр. ун-та им. И. Т. Трубилина, 2017. С. 143–146.

2. Ермолова В. П., Гречишкина С. Д., Нижников А. А. Активность энтомопатогенных штаммов *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* при разных методах хранения // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53, № 1. С. 201–208.

УДК 574.5

ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ДНК-МЕТАБАРКОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГИДРОБИОЛОГИИ

А. Т. Гулигуев, Н. А. Кульбачная,
А. В. Башкирцев, И. Д. Кодатенко

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
aguliguev29@gmail.com

The development of molecular genetic methods has created a promising tool for identifying organisms and assessing biodiversity. DNA metabarcoding has both advantages and disadvantages that must be considered when choosing this method.

С ростом антропогенной нагрузки на водные экосистемы повышается давление неблагоприятных факторов. Глобальное изменение климата, рост токсикантов в окружающей среде, эвтрофикация и инвазии потенциально могут приводить к потере водного биоразнообразия, что снижает устойчивость экосистем [10]. Это, в свою очередь, негативно влияет на хозяйственно-экономическую деятельность человека, а также на экологическую безопасность [2]. В основе всех методов оценки биоразнообразия стоит таксономическая идентификация организмов, которую можно поделить на морфологическую и с использованием современных молекулярно-генетических методов.

Классическая таксономическая идентификация гидробионтов трудный процесс, который требует обширных знаний о морфологии гидробионтов и большого количества времени. Еще одним недостатком является обязательная правильная фиксация и перевозка гидробиологических проб для сохранения важных морфологических особенностей в целости, так как при повреждении организма его идентификация часто становится невозможной. Также часто для правильной идентификации многих видов водных животных требуются определенные стадии развития или же особи определенного пола [5]. Для многих видов фитопланктона наблюдается фенотипическая пластичность, что усложняет морфологическую идентификацию [4]. А классическая идентификация микроорганизмов требует культивации на питательных средах, но это трудоемкий процесс, к тому же многие виды являются не культивируемыми, что усложняет их классическую идентификацию [7].

С развитием молекулярно-генетических методов появляются новые подходы в таксономической идентификации многих видов организмов. Одним из относительно новых методов является ДНК-метабаркодинг. Он заключается в выделении ДНК либо из составных проб, либо из окружающей среды (так называемой экологической ДНК) [12]. Далее с использованием специфических универсальных праймеров проводится амплификация

и высокопроизводительное секвенирование коротких маркерных последовательностей и сравнение их с эталонными в базах данных [1]. Данный метод имеет ряд преимуществ, как над морфологической идентификацией, так и над ДНК-баркодингом. По сравнению с традиционными методами мониторинга, он требует меньше усилий по отбору и таксономической экспертизе проб [9]. При этом в отличие от ДНК-баркодинга, который позволяет работать только с одним организмом, метабаркодинг позволяет работать с смесью ДНК множества организмов [6].

Тем не менее метабаркодинг не является абсолютным решением для выяснения таксономического статуса определяемых организмов. Основной проблемой является неполнота или ошибочность эталонных баз данных, которые способны приводить к ложным выводам касательно таксономической принадлежности образца или невозможности определить образец до вида [11]. Существует проблема обработки данных секвенирования для неспециалистов. Биоинформатическая обработка требует навыков работы, как с базами данных с эталонными последовательностями, основными из которых являются BOLD (Barcode of Life Data Systems) и GenBank, а также с программными инструментами для удаления шумов, кластеризации, выравнивания и сравнения последовательностей, например, BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) или программная среда R [8].

Еще одной проблемой может быть подбор генетических маркеров и праймеров к ним для некоторых организмов. Если для животных, грибов и прокариот уже есть список общепринятых маркеров (для животных организмов классическими считаются маркерные последовательности COI и 18S рРНК, для грибов участки ITS, для прокариот 16S рРНК), то для растений сложно назвать определенную последовательность стандартной. Как правило используются ДНК-штрихкоды, основанные на генах пластидной ДНК (matK, rbcL, rpoB, rpoC 1 и спейсерах atpF–atpH, psbK–psbI, trnH–psbA) и набирает популярность ITS участок ядерной рибосомной ДНК [3].

В заключение хочется обобщить, что использование современных молекулярно-генетических методов, а именно, ДНК-метабаркодинга является очень перспективным в области оценки биоразнообразия водных экосистем и идентификации организмов. При этом отказаться от традиционных морфологических методов на данный момент нельзя из-за неполноты баз данных с эталонными последовательностями. Исходя из последнего пополнение коллекции ДНК-баркодов является актуальной задачей для исследовательских коллективов.

Исследование выполнено при поддержке проекта Минобрнауки РФ.

Список литературы

1. DNA Barcoding and its Applications / G. Abdi, S. Singh, S. Selvakumar [et al.] // Advances in Genomics: Methods and Applications, V. Singh, eds., Singapore: Springer Nature. 2024. P. 91–117.

2. The Economics of Biodiversity Loss / S. Giglio, T. Kuchler, J. Stroebel, O. Wang // National Bureau of Economic Research. 2024. P. 32678.

3. DNA Barcoding in Plants: Past, Present, and Future / P. Mahadani, M. Dasgupta, J. Vijayan [et al.] // Plant Genomics for Sustainable Agriculture / eds. R. L. Singh, S. Mondal, A. Parihar, P. K. Singh. Singapore : Springer Nature, 2022. P. 331–350.

4. Marrone F., Fontaneto D., Naselli L. Flores Cryptic diversity, niche displacement and our poor understanding of taxonomy and ecology of aquatic microorganisms // Hydrobiologia. 2023. Vol. 850, N 6. P. 1221–1236.

5. Mrozińska N., Obolewski K. Morphological taxonomy and DNA barcoding: Should they be integrated to improve the identification of chironomid larvae (Diptera)? // Ecohydrology & Hydrobiology. 2024. Vol. 24, N 1. P. 1–10.

6. Environmental DNA Methods for Ecological Monitoring and Biodiversity Assessment in Estuaries / R. P. Nagarajan, M. Bedwell, A. E. Holmes [et al.] // Estuaries and Coasts. 2022. Vol. 45, N 7. P. 2254–2273.

7. The challenges in the identification of Escherichia coli from environmental samples and their genetic characterization / A. Osińska, E. Korzeniewska, A. Korzeniowska-Kowal [et al.] // Environ Sci Pollut Res – 2022. Vol. 30, № . 5, P. 11572–11583.

8. Advanced Bioinformatics Techniques for Ecosystem Monitoring / S. P. Pradhan, A. Gadnayak, S. K. Pradhan [et al.] // Bioinformatics Tools for Predictive Ecology and Fisheries. 2026. P. 19–29.

9. Environmental DNA of aquatic macrophytes: The potential for reconstructing past and present vegetation and environments // A. Revйret, D. P. Rijal, P. D. Heintzman [et al.] // Freshwater Biology. 2023. Vol. 68, N 11, P. 1929–1950.

10. Wang J., Soininen J., Heino J. Ecological indicators for aquatic biodiversity, ecosystem functions, human activities and climate change // Ecological Indicators. 2021. Vol. 132, P. 108250.

11. Late Quaternary dynamics of Arctic biota from ancient environmental genomics / Y. Wang, M. W. Pedersen, I. G. Alsos [et al.] // Nature. 2021. Vol. 600, N 7887. P. 86–92.

12. Harnessing the power of eDNA technology for macroalgal ecological studies: Recent advances, challenges, and future perspectives // Y. Zeng, X. Weng, J. Liu [et al.] //Algal Research. 2024. Vol. 77. P. 103340.

Научный руководитель д-р биол. наук, вед. науч. сотр., проф. Е. А. Зилов.

УДК 577.22

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ ИМПОРТ ТРНК В МИТОХОНДРИИ РАСТЕНИЙ

К. Д. Елизова, Т. А. Тарасенко

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

The pool of nuclear-encoded tRNAs had to be distributed between the cytoplasmic and mitochondrial compartments in plant cells. The data concerning import level of different tRNAs into mitochondria and the determinants of this process are very limited. In our work, we studied for the first time the import of a number of nuclear-encoded tRNAs into mitochondria of *Arabidopsis* knockout lines.

В растительные митохондрии из цитозоля импортируется достаточно большой набор ядерно-кодируемых тРНК, дифференциально распределяемых между этими двумя компартментами клетки [1]. Набор импортируемых тРНК видоспецифичен, и может различаться даже у близкородственных видов растений [1]. Для модельного растения *Arabidopsis thaliana* экспериментальные доказательства импорта тех или иных видов тРНК (или их изоакцепторов) в митохондрии и данные об уровне их локализации в органеллах практически отсутствуют (https://seve.ibmp.unistra.fr/plantrna/species/list/). Факторы, ответственные за дифференциальное распределение популяций тРНК между цитозолем и митохондриями, также слабо изучены [2]. В нашей работе впервые проведено исследование импорта в митохондрии арабидопсиса нескольких представителей ядерно-цитозольной популяции тРНК (Trp, Phe, Ile, Arg, Thr, Gly), гены-гомологи которых не кодируются или не экспрессируются в митохондриях, а также вовлечения в этот процесс мембранных белков митохондрий VDAC4 и Tim17-1.

Для изучения уровня импорта ядерно-кодируемых тРНК в митохондрии арабидопсиса при помощи количественной обратно-транскриптазной ПЦР (ОТ-кПЦР) проводилась оценка обогащения искомыми молекулами препарата митохондриальной ДНК относительно их содержания в тотальной ДНК. Для контроля загрязнения препарата митохондриальной РНК цитоплазматическими транскриптами выполнялся анализ содержания неимпортируемого цитозольного транскрипта *yls8*. В качестве положительного контроля была использована тРНК-Gly(CCC), обогащение митохондрий которой было показано нами ранее (неопубликованные данные). Исходя из графика на рис. 1 видно, что в митохондрии импортируются 5 видов ядерно-кодируемых тРНК: Arg(ACG), Ile(TAT), Thr(CGT), Trp(CCA) и Gly(CCC), из которых наибольшим уровнем «импортируемости» обладает тРНК-Arg(ACG), наименьшим – тРНК-Trp(CCA). Вероятно, импорт других изоакцепторов аргининовой и изолейциновой тРНК

(Arg(TCT) и Ile(AAT)) не происходит, так как их содержание было близко к содержанию транскрипта *yls8*. Для тРНК-Phe(GAA), не имеющей альтернативных изоакцепторов, также показано предельно низкое содержание в митохондриях, что может указывать на её невысокий уровень импорта в митохондрии *in vivo* и/или о большом количестве модификаций в молекуле, затрудняющем идентификацию в митохондриях.

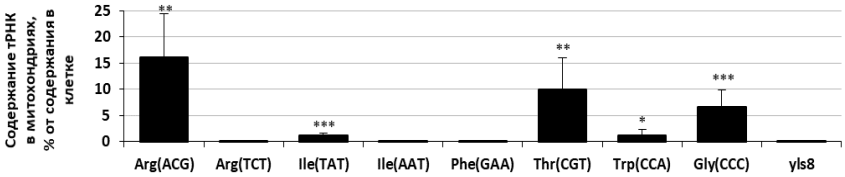


Рис. 1. Содержание кандидатных тРНК в митохондриях относительно уровня в клетках арабидопсиса дикого типа Col-0, показанное с использованием ОТ-кПЦР. Приведенные данные представлены в процентах от общего содержания в клетке. Нормирование проводилось относительно уровня экспрессии референсного митохондриального гена *NAD4*. Допуски на диаграммах обозначают стандартное отклонение. *, **, *** – статистически значимые различия при $p \leq 0{,}05$, $p \leq 0{,}01$, $p \leq 0{,}001$ соответственно

На следующем этапе работы в анализ были взяты те тРНК, для которых наблюдался наиболее высокий общий уровень в клетке, что является важным условием корректной оценки их уровня обогащения в митохондриях. С целью подтверждения митохондриальной локализации детектированных тРНК был проведён анализ уровней обогащения тРНК в митопластах (митохондрии с удалённой внешней мембраной) арабидопсиса. Показано, что транскрипты тРНК-Arg(ACG), Ile(TAT), Thr(CGT), Trp(CCA), Gly(CCC) сохраняют в митопластах ту же степень обогащения, что и в митохондриях, при этом уровень цитозольного транскрипта *yls8* снизился почти в 4 раза от уровня в митохондриях, что указывает на исключение вклада цитозольных транскриптов в оценку обогащения тРНК.

В дальнейшей работе мы провели исследование потенциальной роли митохондриальных белков VDAC4 и Tim17-1 в процессе импорта тРНК. Для этого нами был проведён анализ содержания кандидатных тРНК в митохондриях нокаут-мутантов арабидопсиса по этим белкам. На рис. 1, *А* видно, что в митохондриях нокаут-мутанта *vdac4* происходит достоверное снижение уровня импорта цитозольных тРНК-Arg(ACG) и Trp(CCA) почти в 2 раза, что указывает на вовлечение изоформы белка VDAC4 в митохондриальный импорт тРНК. На следующем этапе нами была показана активация импорта тех же видов тРНК в митохондрии линии *tim17-1* (рис. 2, *Б*). Возможно, наблюдаемое повышение происходит в ответ на митохондриальную дисфункцию, вызванную инактивацией белка Tim17-1, которая и приводит к запуску стрессовых сигналов и активации импорта в митохондрии некоторых видов тРНК. В связи с вышесказанным для уточнения роли белка Tim17-1 в импорте тРНК требуются дальнейшие исследования.

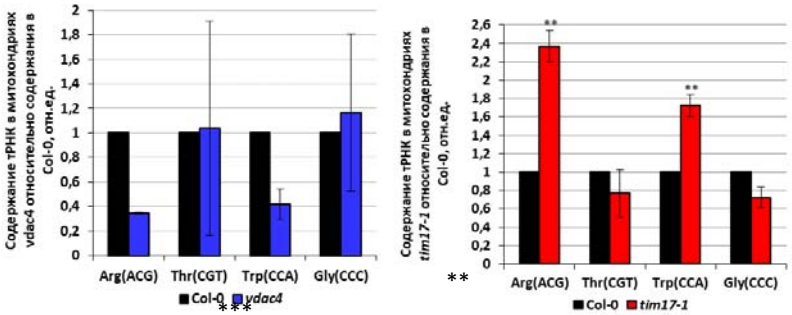


Рис. 2. Анализ содержания кандидатных тРНК в митохондриях нокаут-мутанта *vdac4* (А) и *tim17-1* (Б) относительно уровня в митохондриях арабидопсиса дикого типа Col-0 с использованием ОТ-кПЦР. Нормирование проводилось относительно уровня экспрессии референсного митохондриального гена *NAD4*. Допуски на диаграммах обозначают стандартное отклонение. *, **, *** – статистически значимые различия при $p \leq 0{,}05$, $p \leq 0{,}01$, $p \leq 0{,}001$ соответственно

Список литературы

1. Combining tRNA sequencing methods to characterize plant tRNA expression and post-transcriptional modification / J. M. Warren, T. Salinas-Giegй, G. Hummel [et al.] // RNA Biol. 2021. Vol. 18, N 1. P. 64–78.

2. Import of Non-Coding RNAs into Human Mitochondria: A Critical Review and Emerging Approaches / D. Jeandard, A. Smirnova, I. Tarassov [et al.] // Cells. 2019. Vol. 8, N 3. P. 286.

УДК 579.6+579.22

ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО ШТАММА, ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ПЕЧНОГО ТОПЛИВА

Е. В. Ефремова, О. Ф. Вятчина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
tok. 2510@inbox.ru

An aerobic bacterial isolate consisting of gram-positive, non-motile, non-spore-forming polymorphic rods was isolated from heating oil. The physiological and biochemical properties of the isolated strain were studied. It was shown to possess oil-degrading activity, grow on diesel and heating oil, and exhibit high lipolytic activity.

Разливы нефти являются одними из основных экологических катастроф XX и XXI вв. Широкое применение нефти и нефтепродуктов приводит к загрязнению окружающей среды различными углеводородами, что является одной из наиболее актуальных проблем во всем мире [5].

В последние годы использование микроорганизмов для борьбы с загрязнением окружающей среды нефтью стало наиболее перспективным из-

за низкой стоимости и экологичности. На эффективность биоремедиации нефтяных загрязнений существенное влияние оказывают углеводородокисляющие микроорганизмы и их специфические адаптивные механизмы [8].

Углеводородокисляющие микроорганизмы широко распространены в природных экосистемах. Их обнаруживают и выделяют, как из загрязненных экосистем, так и не подвергнутых нефтяному загрязнению – из пресных, морских и сточных вод, почвы, активного ила, а также горячих источников, озерных отложений, пластовых рассолов, нефтяных пластов [2; 4; 6; 9].

Цель данной работы заключалась в изучении некоторых свойств бактериального штамма – изолята из печного топлива.

Исследование морфолого-культуральных и физиолого-биохимических признаков выделенного микроорганизма проводили, используя общепринятые в микробиологии методы [1]. Эмульгирующую активность исследуемых штаммов определяли по методике, приведённой в [7]. Способность к росту на нефти, нефтепродуктах, индивидуальных углеводородах и жиросодержащих продуктах определяли при культивировании в жидкой синтетической среде № 1 следующего состава (%): KNO_3 – 0,40, $MgSO_4$ Ч $7H_2O$ – 0,08, KH_2PO_4 – 0,06, Na_2HPO_4 – 0,14. Указанные субстраты вносили в среду в количестве 1 % (от общего объёма).

Проведённые исследования показали, что культура представлена грамположительными, неспорообразующими, неподвижными полиморфными палочками. На плотной среде № 1 с гексадеканом колонии бактериального штамма были круглые с фестончатым краем, матовые, розово-оранжевого цвета.

Бактериальный изолят обладал слабой сахаралитической активностью, он использовал глюкозу и дульцит, не разлагал галактозу, сахарозу, арабинозу, рамнозу, лактозу, мальтозу, а также сорбит и маннит.

Изучаемый штамм не образовывал лецитиназу, что говорит об отсутствии у него патогенного потенциала. Также у него не выявлены протеолитическая, амилолитическая, твин-эстеразная и уреазная активности.

Исследуемая культура является аэробом, для нее характерно выделение каталазы. При этом обнаружена способность к нитратному дыханию, денитрификацию не осуществляет. Штамм хорошо рос на синтетической среде, а на безазотистой среде Эшби наблюдались только следы роста, что свидетельствует о неспособности к фиксации молекулярного азота.

При определении солевых параметров роста обнаружено, что изучаемый микроорганизм рос при содержании NaCl от 0 до 2,5 %. Исследуемая бактерия относится к мезофилам, хорошо растет при температуре 30 и 35 °С, при этом проявляет психротолерантность, развиваясь при 7 °С.

Штамм рос в синтетической среде, содержащей в качестве единственного источника углерода и энергии гексадекан и гептадекан; не развивался в средах с гексаном, гептаном и октаном. При росте в синтетической среде

с нефтью изолят вызывал полную деструкцию нефтяной пленки на 14-е сут. В среде с добавлением мазута отмечали хороший рост культуры, происходило истончение слоя мазута, образование эмульгированных участков в виде тяжей. Исследуемая бактерия росла в синтетической среде с дизельным и печным топливом.

У нефтеокисляющих микроорганизмов углеводородокисляющая способность часто коррелирует с липолитической [3]. Изучаемый штамм использовал говяжий, свиной и бараний жиры. В среде с пальмовым маслом количество клеток за 7 сут. возрастало в 17,5 раз по сравнению с исходным – с (1,13±0,09) Ч 10^7 до (19,75±0,25) Ч 10^7 КОЕ/мл, в среде с маргарином – в 5,9 раз (с (2,15±0,19) Ч 10^7 до (12,72±0,25) Ч 10^7 КОЕ/мл).

Эмульгирующая активность у изучаемого штамма при использовании нефти в качестве эмульгируемого субстрата составляла 80,85±0,25 %, дизельного топлива и соевого масла – 16,45±4,92 и 10,55±0,55 % соответственно.

Таким образом, исследуемый бактериальный штамм обладает не только углеводородокисляющей, но и липолитической активностью, и может быть рекомендован для создания биопрепарата комплексного действия, предназначенного как для очистки нефтезагрязнений, так и жиросодержащих стоков различного происхождения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-44-02008.

Список литературы

1. Вятчина О. Ф., Буковская Н. Е., Лузова И. Г. Большой практикум по микробиологии : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022. 279 с.

2. Ершов А. П., Назина Т. Н. Углеводородокисляющие бактерии из нефтяных пластов России и Казахстана и их биотехнологический потенциал // Фундаментальные основы биотехнологии : материалы ежегод. отчет. конф. аспирантов ФГУ «Федеральный исследовательский центр РАН. Москва, 23–30 июня 2022 г. М., 2022. С. 173–180.

3. Изучение каталитических процессов микробного окисления нефтяных углеводородов / Н. Д. Рябцева, В. С. Никитина, М. И. Абдуллин [и др.] // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21, № 2. С. 308-313.

4. Рысбаева Г. А., Усенбай Г. Ж., Абилдаева Р. А.Изучение разнообразных групп микроорганизмов, утилизирующих нефтяные углеводороды // Российская наука в современном мире. 2018. С. 34–35. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_36917002_41641671.pdf#page = 34 (дата обращения: 30.02.2026).

5. Antizar-Ladislao B. Bioremediation: Working with Bacteria // ElEmEnts. 2010. Vol. 6. P. 389–394.

6. Bacteria degrading both n-alkanes and aromatic hydrocarbons are prevalent in soils / J. Brzeszcz, T. Steliga, P. Ryszka [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. 2024. Vol. 31, N 4. P. 5668-5683.

7. Gutierrez T., Banat I. M. Isolation of glycoprotein bioemulsifiers produced by marine bacteria // Hydrocarbon and Lipid Microbiology. 2015. P. 61–74.

8. Pidgorskyi V. S., Nogina T. Biodegradation of petroleum hydrocarbons by Actinobacteria and Acinetobacteria Strains producing biosurfactant // Mikrobiolohichnyi zhurnal. 2016. Vol. 76, N 6. P. 92–103.

9. Taxonomic diversity and enzyme systems of hydrocarbon-oxidizing bacteria in the marine environment / E. A. Bogatyrenko, A. V. Kim, D. V. Dashkov, D. A. Ammosova // Russian Journal of Marine Biology. 2025. Vol. 51, N 5. P. 225–234.

УДК 543.06

ВАЛИДАЦИЯ БИОАНАЛИТИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АПИСКАБАНА МЕТОДОМ ВЭЖХ МС/МС

В. М. Жиленков[1,2]*, О. С. Брюшинина[2,3]

[1]Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
[2]Научно-исследовательский институт фармакологии и регенеративной медицины им. Е. Д. Гольдберга Томский НИМЦ, г. Томск, Россия
[3]Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск, Россия
**vip.zhilenkov@bk.ru*

A validated HPLC-MS/MS method for apixaban determination in human plasma was developed to support a bioequivalence study of the test product versus the reference product after a single oral dose in healthy volunteers under fasting conditions. The method demonstrated linearity over 0.5–300 ng/mL (r = 0.9985), LLOQ of 0.5 ng/mL, intra- and inter-run accuracy within 97.4–113.5% and 98.5–106.1%, with CV ≤ 10.3%. All validation parameters met acceptance criteria, confirming suitability for pharmacokinetic analysis.

Актуальность. Апиксабан – прямой пероральный антикоагулянт, конкурентный ингибитор активированного фактора свёртывания крови Ха, широко применяемый для профилактики и лечения тромбоэмболических осложнений, в том числе при фибрилляции предсердий, тромбозе глубоких вен и тромбоэмболии лёгочной артерии. В связи с расширением отечественного рынка воспроизведённых лекарственных препаратов апиксабана проведение сравнительных фармакокинетических исследований биоэквивалентности является необходимым условием подтверждения их терапевтической взаимозаменяемости с оригинальным препаратом. Ключевым элементом таких исследований служит разработка и валидация высокочувствительного биоаналитического метода, позволяющего достоверно измерять концентрации апиксабана в биологических матрицах на всём диапазоне ожидаемых фармакокинетических значений.

Цель. Разработка и валидация биоаналитического метода количественного определения апиксабана в K_2-ЭДТА плазме крови человека методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с тандемной масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС) для применения в сравнительном фармакокинетическом исследовании биоэквивалентности препарата Апиксабан (5 мг, таблетки, покрытые плёночной оболочкой) и препарата сравнения (апиксабан, 5 мг) после однократного перорального приёма у здоровых добровольцев натощак.

Материалы и методы. Количественное определение апиксабана проводили в K_2-ЭДТА плазме человека методом ВЭЖХ-МС/МС на базе жидкостного хроматографа Nexera XR (Shimadzu, Япония) в сочетании с трёхквадрупольным масс-спектрометром AB Sciex Triple Quad 3500 (AB Sciex, США). Хроматографическое разделение осуществляли на колонке Phenomenex Luna C18(2) (100Ч4,6 мм, 5 мкм, 100 Е) в изократическом режиме; подвижная фаза – ацетонитрил/вода с 0,1% муравьиной кислоты (85:15 об/об.); скорость потока – 0,60 мл/мин; температура колонки –

40 °C; объём вводимой пробы – 0,5 мкл; общее время анализа – 3 мин. Детектирование проводили методом электрораспылительной ионизации в режиме мониторинга заданных реакций (MRM) в режиме регистрации положительных ионов; ионные переходы: апиксабан – m/z 460,0→443,2, внутренний стандарт (ривароксабан) – m/z 436,0→144,8. Среднее время удерживания апиксабана составило 1,86±0,01 мин. Пробоподготовку осуществляли методом жидкостно-жидкостной экстракции этилацетатом с использованием роботизированной системы MICROLAB®StarLet Hamilton (Швейцария). Для количественной оценки применяли метод внутренней стандартизации с использованием программного пакета MultiQuant 3.0.3. Валидацию метода проводили в соответствии с СОП МСР/ВЕQ/6 «Валидация биоаналитического метода хроматографии» в три аналитических цикла (декабрь 2025 г.) с оценкой следующих характеристик: линейность, правильность, прецизионность, нижний предел количественного определения (НПКО), селективность матрицы, эффект матрицы, эффект переноса, стабильность (при замораживании/оттаивании, кратковременная и долговременная в матрице, в обработанной матрице в автоинжекторе) и возможность разбавления образцов.

Результаты и выводы. Разработанный метод продемонстрировал линейность в диапазоне концентраций 0,5–300 нг/мл (среднее значение коэффициента корреляции $r_{среднее} = 0{,}9985$; линейная функция с весовым фактором 1/xI). НПКО составил 0,5 нг/мл при соотношении сигнал/шум 112,4, что обеспечивает надёжное измерение апиксабана на уровне низких остаточных концентраций. Внутрисерийная правильность находилась в диапазоне 97,36–113,52% от номинальных значений при коэффициентах вариации (КВ) 5,60–7,76 %; межсерийная правильность составила 98,51–106,06 % при КВ 8,47–10,32 %. Эффект матрицы был признан незначительным: КВ нормализованного фактора матрицы по внутреннему стандарту составил 7,94 и 8,61 % для низкого и высокого уровней концентрации образцов контроля качества соответственно. Эффект переноса отсутствовал (не превышал 20 % уровня НПКО). Апиксабан проявил стабильность во всех исследованных условиях хранения: при трёхкратном замораживании/оттаивании (правильность 105,09–110,20 %, КВ 2,80–3,99 %), при кратковременном хранении в матрице при комнатной температуре в течение 3 ч (правильность 91,22–95,64 %, КВ 4,39–8,15 %), при долговременном хранении при −30 °C в течение 2,5 месяца (правильность 102,01–110,76 %, КВ 4,09–6,87 %), а также в обработанной матрице в автоинжекторе при 15 °C в течение 24 ч (правильность 95,25–100,86 %, КВ 7,55–8,24 %). Разбавление образцов в 2 раза не оказывало значимого влияния на правильность анализа (102,98 %, КВ 9,08 %). Все оцениваемые характеристики метода соответствовали установленным критериям приемлемости. Разработанный биоаналитический метод ВЭЖХ-МС/МС признан пригодным для количественного определения апиксабана в плазме крови человека и внедрён в сравнительное фармакокинетическое исследование биоэквивалентности препарата Апиксабан и препарата сравнения.

УДК 616.24:577.215

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ МИКРОРНК ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ОБСТРУКТИВНОЙ БОЛЕЗНИ ЛЕГКИХ

У. А. Жиленкова[1]*, А. А. Пономарева[2]

[1]Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
[2]Научно-исследовательский институт онкологии Томский НИМЦ, г. Томск, Россия
**ulyanarudkovskaya@yandex.ru*

It has been shown that microRNAs play a key role in the regulation of processes involved in oncogenesis. In this study, we identified significant changes in expression level of microRNAs in blood samples from patients with precancerous diseases (chronic obstructive pulmonary disease).

Актуальность. Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – это тяжелое заболевание, при котором в 10–30 % развивается рак легкого (РЛ), приводящий к гибели пациентов. В настоящее время отсутствуют критерии для стратификации клинических форм ХОБЛ по риску малигнизации. Одной из проблем является недоступность биологического материала из предопухолевых очагов бронхиального эпителия больных. Выбор эпигенетических факторов (метилирование, микроРНК) в качестве потенциальных маркеров обусловлен их высокой пластичностью и возможностью регуляторных воздействий на факторы, связанные с прогрессией предопухолевого фенотипа.

Целью исследования явился анализ уровня экспрессии микроРНК, ассоциированных с предопухолевыми изменениями, в крови больных ХОБЛ.

Материалы и методы. В исследование было включено 30 больных ХОБЛ и 12 здоровых доноров. Из плазмы крови пациентов и здоровых доноров были выделены микроРНК с помощью наборов для выделения суммарной РНК и микроРНК из клеток и тканей (Biolabmix, Россия). Затем проводили реакцию обратной транскрипции с помощью наборов реактивов ОТ M-MuLV-RH (Biolabmix, Россия). Амплификацию проводили на приборе Bio-Rade CX96 (США). В качестве референсной микроРНК использовали микроРНК-16. Определяли для каждой микроРНК значение Cq. Затем вычисляли dCq, ddCd и 2 ddCq.

Результаты. Ранее нами были обнаружены микроРНК (микроРНК-650, микроРНК-487a, микроРНК-200b, микроРНК-26b), метилирование генов которых увеличивается (гиперметилирование) при переходе от плоскоклеточной метаплазии в бронхиальном эпителии к дисплазии и далее к опухоли (Ponomaryova et al., 2023; 2024).

В настоящей работе выявлены значимые различия по уровню экспрессии микроРНК-200b, микроРНК-650, микроРНК487a, микроРНК-26b в исследуемых группах. Для микроРНК-26б, микроРНК-650, микроРНК-487a показано увеличение уровня экспрессии в плазме крови больных ХОБЛ по сравнению со здоровыми лицами в 3 раза ($p < 0,05$, T-test). Для мик-

роРНК-200b показано снижение уровня экспрессии в плазме крови больных ХОБЛ по сравнению со здоровыми лицами в 4 раза ($p < 0,05$, T-test).

Выводы. Полученные результаты свидетельствуют о потенциальной значимости анализа уровня экспрессии микроРНК-26б, микроРНК-650, микроРНК-487А, микроРНК-200b в качестве маркеров предопухолевых состояний.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-25-00362 от 28.12.2024 г.

Список литературы

1. DNA methylome analysis reveals potential alterations contributing to the progression of bronchial hyperplasia / A. A. Ponomaryova, A. A. Schegoleva, P. A. Gervas, O. V. Pancova, T. S. Gerashchenko, A. A. Zarubin, V. M. Perelmuter, N. V. Cherdyntseva, E. V. Denisov // Mol Biol Rep. 2023. Vol. 50. P. 7941–7947. DOI 10. 1007/s11033-023-08571-6

2. Analysis of the methylome of various forms of basal cell hyperplasia and squamous cell metaplasia of the bronchial epithelium / A. A. Ponomaryova, A. A. Shegoleva, P. A. Gervas, T. S. Geraschenko, O. V. Pancova, N. I. Ershov, V. M. Perelmuter, N. V. Cherdyntseva, E. V. Denisov // Bul Exp Biol and Medicine. 2024. Vol. 177, N 1. P. 107–112. DOI 10. 47056/0365-9615-2024-177-1-107-112

УДК 577.21

SIRCFINDER: R-ПАКЕТ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ И ЕГО АПРОБАЦИЯ НА ГЕНОМЕ DROSOPHILA

К. М. Зверинцева[1,2], И. В. Горбенко[2]

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

SIRCFinder is a tool developed for the detection of Short Interrupted Repeats Cassettes (SIRC). Its application to *Drosophila* genomes revealed SIRC enrichment in introns of key developmental regulators, suggesting potential role in post-transcriptional regulation.

Ранее в геноме *Arabidopsis thaliana* были обнаружены последовательности, сходные с CRISPR последовательности прокариот; они получили название SIRC (Short Interrupted Repeats Cassettes) [1]. SIRC представляют собой прямые повторы, разделенные неповторяющимися спейсерными последовательностями. Функции этих элементов пока не установлены. Известно, что CRISPR играют важную роль в иммунитете и контроле экспрессии генов у прокариот, тогда как STAR-подобные элементы, как недавно показано [4], могут выступать в качестве регуляторов трансляции, влияющих на устойчивость к антибиотикам. В связи с этим изучение SIRC представляет значительный интерес.

Стандартные программы поиска повторяющихся элементов выявлять SIRC не способны, а программное обеспечение поиска CRISPR не подходит ввиду ложной детекции эукариотических тандемных повторов. Цель работы – разработка программы для выявления SIRC в эукариотических геномах и анализ на примере *Drosophila*.

Для решения задачи был создан пакет SIRCFinder (реализация на C++ с использованием Rcpp для интеграции в среду R) [2]. Алгоритм включает несколько этапов: поиск коротких консервативных ядер с их последующим удлинением, контролируемым значениями Шенноновской энтропии позиций начала спейсера, а также последовательную фильтрацию. В процессе фильтрации учитывается сложность прямых повторов и спейсеров на основе соотношения уникальных k-меров, проверяется размер спейсеров, а также оценивается взвешенное расстояние Левенштейна. Для спейсеров проводится пермутационный тест для статистической оценки значимости различий. Результат работы программы – список детектированных SIRC с геномными координатами и консенсусными последовательностями повторов, или подробный список с описанием всех составных элементов. Дополнительно в пакете реализована функция попарного анализа последовательностей: расчет значения PERCON r_o [3], используемого в качестве дистанции, построение графа, выделение кластеров и использование алгоритма минимального остовного древа (minimum spanning tree).

Разработанный пакет SIRCFinder успешно справился с поставленной задачей. Анализ восьми геномов дрозофил занял 1,5 ч процессорного времени и потребовал не более 32 ГБ оперативной памяти, что подтверждает его эффективность. В геноме *D. melanogaster* обнаружено 27000 SIRC элементов, из которых 34 локализованы в интронах 16 генов. Распределение SIRC неслучайно: большинство генов участвуют в развитии нервной системы и морфогенезе и характеризуются множественными вариантами транскриптов. Наибольшее число SIRC найдено в генах – ключевых регуляторах развития: *broad* (метаморфоз), *dunce* (обучение и память, cAMP-фосфодиэстераза), *pasilla* (нейрогенез, регуляция сплайсинга), *wings up* (развитие крыльев), *bruno* (РНК-связывающий белок). Все эти гены имеют от 12 до 20 вариантов транскриптов. Присутствие SIRC в интронах генов, кодирующих РНК-связывающие белки (*pasilla, bruno 3, RNA-binding protein*), позволяет предположить их участие в посттранскрипционной регуляции – аналогично STAR-элементам прокариот.

Пакет был использован также для детекции SIRC в нескольких геномах *Drosophila* (*D. simulans, D. suzukii, D. yakuba, D. ananassae* и др.) – было обнаружено, что на основании последовательностей SIRC можно исследовать филогенетические отношения между организмами.

Список литературы

1. Short interrupted repeat cassette (SIRC)–novel type of repetitive DNA element found in Arabidopsis thaliana / I. V. Gorbenko, I. S. Petrushin, A. B. Shcherban [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2023. V. 24. № 13. P. 11116.

2. Short Interrupted Repeats Cassette (SIRC) ensembles of plant genomes reflects evolutionary route / I. V. Gorbenko, D. Y. Scherbakov, K. M. Zverintseva, Y. M. Konstantinov // bioRxiv. DOI: 10. 64898/2026.03.27.714674

3. Interspersed repeats are found predominantly in the “old” α satellite families / A. E Kazakov, V. A. Shepelev, I. G. Tumeneva [et al.] // Genomics. 2003. Vol. 82. N 6. P. 619-627.

4. The 3′ UTR of vigR is required for virulence in Staphylococcus aureus and has expanded through STAR sequence repeat insertions / D. G. Mediati, W. Dan, D. Lalaouna [et al.] // Cell Reports. 2024. Vol. 43, N 4.

УДК 577.214.43

ПРОДУКЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АЛЛОСТЕРИЧЕСКОГО ТРАНСКРИПЦИОННОГО ФАКТОРА SRTF1 В БАКТЕРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭКСПРЕССИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СЕНСОРА НА ПРОГЕСТЕРОН

Е. Б. Индосова, Е. И. Юдина, П. Б. Дроздова, А. Н. Гурков

НИИ биологии озера Байкал Иркутского государственного университета, г. Иркутск, Россия
lindosova@gmail.com

The goal of this study is to produce a steroid-responsive allosteric transcription factor SRTF1 fused to a fluorescent protein mScarlet-I in *E. coli* expression system and test its DNA binding activity.

Актуальной задачей современной физиологии животных является разработка систем мониторинга, которые способны отслеживать концентрацию различных стероидных гормонов. Прогестерон, один из ключевых стероидных гормонов, играет важнейшую роль в репродуктивной системе каждого млекопитающего, влияя на различные аспекты физиологии и поведения. Этот гормон имеет важное значение в регуляции иммунной системы, а именно снижает активность защитных механизмов материнского организма в период беременности. Это необходимо для предотвращения иммунной атаки на плод, содержащий чужеродный генетический материал, обеспечивая временную иммунологическую толерантность. Его многообразные функции подчеркивают важность мониторинга этого гормона не только для здоровья самок, но и для устойчивости, адаптивности и выживания популяций сельскохозяйственных и других животных в целом.

Реализация подобных систем мониторинга становится возможной благодаря разработке сенсоров, обеспечивающего непрерывный сбор данных внутри живого организма. В частности, они могут быть основаны на

комплексе, состоящем из аллостерического транскрипционного фактора (аТФ) и его целевого олигонуклеотида. При этом оба компонента комплекса должны быть снабжены взаимодействующими оптическими метками. Такой комплекс будет реагировать на присутствие лиганда изменением оптического сигнала, что позволяет трансформировать сложные биохимические процессы в цифровые показатели в режиме реального времени. аТФ, реагирующий на прогестерон, был найден у почвенной бактерии *Pimelobacter simplex* и обозначен как SRTF1.

Целью данного исследования является разработка основы для сенсора на прогестерон на основе аллостерического транскрипционного фактора, а именно продукция SRTF1 в виде слитной конструкции с флуоресцентным белком mScarlet-I в бактериальной системе экспрессии, и его функциональная проверка.

Для достижения поставленной цели последовательность, кодирующую SRTF1 (ген *P. simplex* с оптимизированным для *Escherichia coli* составом кодонов) клонировали в вектор pET20b(+), получив экспрессионную конструкцию для производства аТФ с С-концевой меткой 6xHis под контролем промотора, индуцируемого изопропил-β-D-1-тиогалактопиранозидом. Далее в полученный вектор была дополнительно клонирована последовательность, кодирующая красный флуоресцентный белок mScarlet-I, в общей рамке считывания с геном *srtf1* и последовательностью 6xHis. Штамм-продуцент целевого белка получали на основе *E. coli* C41(DE3). Из клеточной массы после индукции выделяли общий белок, а затем очищали целевой белок с использованием агарозной смолы Ni-NTA (Thermo). Для подтверждения того, что очищенный белок функционален и может связывать ДНК, был проведён эксперимент методом задержки в геле, в котором сравнивали электрофоретическую подвижность олигонуклеотидов, соответствующих сайту связывания аТФ, в свободном состоянии и при добавлении аТФ (рис., *А*). Далее для оценки перспективности использования белка в оптических сенсорах проверяли наличие Фёрстеровского резонансного переноса энергии (FRET) между флуорофорами, т. е. оценивали флуоресценцию mScarlet-I, слитого с аТФ, после возбуждения 6-карбоксифлуоресцеина (FAM), присутствующего в олигонуклеотидах (рис., *Б*). В качестве показателя эффективности FRET использовали соотношение флуоресценции при пиковых длинах волн испускания для mScarlet-I (588 нм) и FAM (523 нм).

Результаты показали, что как SRTF1, так и слитная конструкция mScarlet-I-SRTF1 образуют комплексы с соответствующей двухцепочечной ДНК, и их количество пропорционально внесённому количеству белка. Проверка с помощью FRET также подтверждает функциональность SRTF1-mScarlet. Кроме того, добавление лиганда (прогестерона) снижало эффективность FRET, что полностью соответствует ожидаемому поведе-

нию аТФ, который в норме связан с ДНК и диссоциирует при появлении соответствующего лиганда. Таким образом, аТФ SRTF1 является перспективным кандидатом для создания различных оптических сенсоров на прогестерон.

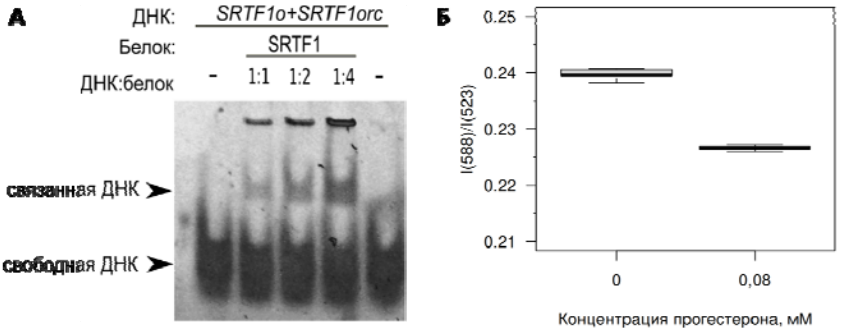


Рис. Анализ функциональности полученных белков SRTF1 и mScarletI-SRTF1.
А – оценка связывания SRTF1 со специфическим фрагментом ДНК методом задержки в геле. Над дорожками подписаны нанесённые образцы ДНК (верхний ряд), белков (средний ряд) и их молярные соотношения. Показаны результаты электрофореза в полиакриламидном геле в нативных условиях с окраской бромистым этидием. **Б** – снижение эффективности FRET между олигонуклеотидом и SRTF1-mScarlet-I при добавлении лиганда (прогестерона)

Работа выполнена за счет гранта РНФ № 24-74-00095.

УДК 612

ОСОБЕННОСТИ ВНИМАНИЯ И УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМИ КОНСТИТУЦИОНАЛЬНЫМИ ТИПАМИ

М. Г. Караичева, Н. А. Курикша

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

This study conducted a comparative analysis of psychomotor performance in students with different functional constitution types within the framework of V. P. Kaznacheev's concept. Intergroup differences in attention switching speed, mental performance, and sensory preference structure were identified.

В концепции функциональных типов конституции В. П. Казначеева ключевым является реактивность нервной системы человека, которая позволила выделить «спринтеров», «стайеров» и смешанный тип [2]. В основе данных типов конституции лежат психофизиологические характеристики, что делает актуальным наблюдение за особенностями внимания, умственной работоспособностью, а также таких показателей, как сенсорные каналы, доминирующий сенсорный канал, у разных конституциональных типов среди студентов. Студенты наиболее подходящая группа для исследования за счёт того, что они находятся непосредственно в учебной среде с постоянными умственными нагрузками [3].

Цель исследования состоит в выявлении эмпирических различий между типами по психомоторным показателям. В исследовании приняли участие 83 чел., студенты разных факультетов ИГУ в возрасте от 18 до 25 лет.

Для определения типа конституции использовался тест субъективная минута, по результатам которого испытуемые были разделены на группы «спринтеры», «стайеры», «миксты». Внимание и скорость утомления у испытуемых оценивались с помощью классического теста Шульте. Для оценки оперативного мышления в условиях ограниченного времени использовалась методика «Компасы». Для определения доминирующего сенсорного канала использовался опросник, составленный на основе трудов Н. Л. Васильевой [1].

Сравнительный анализ показателей среди трех групп испытуемых позволил выявить ряд закономерностей. Результаты тестирования отражены в табл.1 и 2.

Анализ данных, полученных с помощью теста Шульте, позволил выявить следующие закономерности. В группе «спринтеры» и «миксты» максимальная скорость переключения внимания составила 55 и 54,9 с, в группе «стайеры» – 61,7 с. Низкая скорость выполнения теста в группе «стайеры» указывает на склонность испытуемых к вдумчивому стилю работы.

Таблица 1

Средние значения показателей теста Шульте и теста «Компасы» в группах «спринтеров», «микстов» и «стайеров»

Группы	тест Шульте		тест "Компасы"	
	Время выполнения	Среднее время на 1 число	Количество правильных ответов	Оценка уровня
«Спринтеры» (n = 18)	55,0±2,65	2,2±0,11	11,6±1,68	2,28±0,30
«Миксты» (n = 52)	54,9±1,84	2,2±0,07	9,7±0,88	1,9±0,17
«Стайеры» (n = 13)	61,7±4,68	2,5±0,19	11,6±1,87	2,2±0,32

Таблица 2

Средние показатели сенсорных предпочтений в группах «спринтеров», «микстов» и «стайеров» (баллы по модальностям)

Группы	Аудиальная	Визуальная	Кинестетическая	Дигитальная
«Спринтеры» (n = 18)	57±3,19	45±2,54	45±3,49	53±3,93
«Миксты» (n = 52)	56±1,78	44±1,47	50±1,83	49±1,84
«Стайеры» (n = 13)	50,9±2,61	48±3,06	52±2,98	49±2,38

По результатам тестирования на оперативное мышление установлено, что средние показатели теста у «спринтеров» и «стайеров» выше, чем у «микстов». Это связано с тем, что в группе «спринтеров» минимальна доля низких оценок, у «стайеров» полярные результаты, высокая встречаемость как очень низких, так и очень высоких показателей. В группе «микстов» преобладали результаты, соответствующие низкому уровню (см. табл. 1)

Анализируя результаты теста на доминирующий сенсорный канал, выявлена следующая закономерность. В группе «спринтеров» доминирует аудиальное восприятие, в группе «стайеров» доминирует кинестетическое восприятие. У группы «микст» сбалансированный профиль восприятия (см. табл. 2).

Таким образом, при сопоставлении результатов выявлены межгрупповые различия по изучаемым показателям: студенты разных функциональных типов неодинаково проявляют себя в тестах на внимание, оперативное мышление и сенсорные предпочтения. Поскольку при обработке данных применялась только описательная статистика, вывод следует рассматривать как центральную тенденцию, требующую дальнейшей оценки достоверности выявленных различий.

Список литературы

1. Васильева, Н. Л. Репрезентативные системы и их роль в формировании взаимоотношений в семьях детей и подростков с пограничными нервно-психическими расстройствами : автореф. дис. . . . канд. психол. наук : 19. 00. 04. СПб., 1996. 26 с.

2. Казначеев В. П. Казначеев С. В. Адаптация и конституция человека. Новосибирск : Наука, 1986. 120 с.

3. Biddle S. J. H., Mutrie N., Gorely T. The Psychology of Exercise: Integrating Theory and Practice. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2021. 402 p.

4. Cardiovascular Endurance in Mesomorphic Individuals / R. Johnson [et al.] // International Journal of Sports Medicine. 2020. Vol. 41, N 5. P. 345–352.

5. Body Composition and Cardiovascular Health: A Study of Ectomorphs / J. Smith [et al.] // Journal of Health Sciences. 2021. Vol. 15, N 3. P. 123–130.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. М. Садовникова.

УДК 612.821

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИНАМИКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНИК ЭМОЦИОНАЛЬНО-ОБРАЗНОЙ ТЕРАПИИ (ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

А. В. Касницкая, И. Н. Гутник

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

Our study investigates if the psychological parameters of healthy volunteers change during emotionally-shaped therapy sessions, as reflected in brain rhythm dynamics recorded before and after each session. Developing a reliable protocol for assessing psychophysiological state dynamics is therefore of significant scientific and applied importance, offering a potential tool for objective therapy monitoring.

Эмоционально-образная терапия (ЭОТ) доказала свою эффективность в лечении тревожных и фобических расстройств, депрессии и психосоматических заболеваний [5; 6]. Однако, несмотря на то что метод признан профессиональным сообществом и широко используется в клинической практике, его нейробиологические механизмы остаются недостаточно изученными. Данные об объективных электроэнцефалографических показателях динамики психофизиологического состояния при применении техник эмоционально-образной терапии в настоящее время не освещены в литературных источниках.

Цель исследования: разработка протокола проведения ограниченной серии сессий с применением техник ЭОТ и регистрацией электроэнцефалограммы (ЭЭГ) до и после сессий, и выявление характера изменений биоэлектрической активности мозга.

Методы. В пилотном исследовании принимает участие группа здоровых добровольцев в возрасте 20–30 лет (студенты и аспиранты). Каждый участник проходит одну вводную и 3–5 основных сессий. В ходе вводной сессии осуществляется психологическое тестирование по следующим методикам: Торонтская шкала алекситимии (TAS-20), русскоязычная версия опросника яркости зрительных образов (VVIQ), а также методика диагностики самооценки Спилбергера – Ханина (шкала реактивной и личностной тревожности) [7; 8; 12; 14]. На основных сессиях проводится регистрация ЭЭГ (5–7 мин) до и после сеанса ЭОТ (20–25 мин), а также повторная оценка уровня реактивной тревожности (с использованием той же методики) до и после каждого сеанса. По окончании всех сеансов личностная тревожность оценивается повторно. Сеанс психотерапевтического воздействия включает в себя следующие этапы: выход на образ актуального эмоционального состояния, работа с образом, возврат в реальность. Регистрация и последующий анализ ЭЭГ проводятся в соответствии со стандартными протоколами, принятыми в психофизиологических исследованиях [2–4; 9].

Предполагаемые результаты. Предполагается, что после проведения сеанса ЭОТ происходят изменения ЭЭГ-показателей, характер которых подлежит уточнению в ходе дальнейшего анализа. Также ожидается снижение уровня реактивной тревожности после каждого сеанса, а также снижение личностной тревожности при повторном тестировании по окончании всех сеансов. Предполагается положительная корреляция между изменениями ЭЭГ-параметров и динамикой психологического состояния.

Заключение. Выявление объективных ЭЭГ-коррелятов динамики психофизиологического состояния при применении техник ЭОТ является важной задачей для понимания нейробиологических механизмов метода и оценки его эффективности. Настоящее исследование представляет собой междисциплинарный подход, интегрирующий достижения нейрофизиологии, психофизиологии и психотерапии.

Список литературы

1. Психофизиология : учеб. для вузов / под ред. Ю. И. Александрова. 4-е изд. СПб. : Питер, 2014. 464 с.
2. Будук-оол Л. К., Куулар Ш. В., Ховалыг А. М. Электроэнцефалография : учеб.-метод.пособие. Кызыл : Изд-во ТувГУ, 2020. 48 с.
3. Гнездицкий В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга). М. : МЕДпресс-информ, 2004. 624 с.
4. Кирой В. Н., Ермаков П. Н. Электроэнцефалограмма и функциональные состояния человека. Ростов-на-Дону : Изд-во Ростов. ун-та, 1998. 264 с.
5. Линде Н. Д. Эмоционально-образная (аналитически-действенная) терапия: чувство-образ-анализ-действие. 3-е изд. М. : Генезис, 2025. 376 с.
6. Линде Н. Д., Смирнова Т. П.Эмоционально-образная терапия в работе с психосоматическим проблемами. Ч. 1. М. : Генезис, 2024. 328 с.
7. Практическая психодиагностика. Методики и тесты : учеб. пособие / под ред. Д. Я. Райгородского. Самара : БАХРАХ-М, 2001. 672 с.
8. Ричардсон Т. Э. Д. Мысленные образы: Когнитивный подход / пер. с англ. под общ. ред. В. И. Белопольского. М. : Когито-Центр, 2006. 175 с.
9. Рыбина И. Я., Коренко Л. А., Скоромец Т. А. Электроэнцефалография : учеб.-метод. пособие. СПб. : Логос, 2004. 53 с.
10. Электроэнцефалографические корреляты тревожности / Г. Г. Князев, А. Н. Савостьянов, Е. А. Левин, Я. Ю. Слободской-Плюснин, А. В. Бочаров // Бюллетень СО РАМН. 2009. № 1 (135). С. 74–80.
11. Павленко О. М. Динамика ЭЭГ-потенциалов в процессе сеанса психологического консультирования // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2006. Т. 19 (58), № 2. С. 40–47.
12. Старостина Е. Г. Торонтская шкала алекситимии (20 пунктов): валидизация русскоязычной версии на выборке терапевтических больных / Е. Г. Старостина, Г. Д. Тэйлор, Л. К. Квилти, А. Е. Бобров, Е. Н. Мошняга, Н. В. Пузырева, М. А. Боброва, М. Г. Ивашкина, М. Н. Кривчикова, Е. П. Шаврикова, Р. М. Бэгби // Социальная и клиническая психиатрия. 2010. № 4. С. 31–38.
13. Терещенко Е. П. Нормативные значения спектральных характеристик ЭЭГ здоровых испытуемых от 7 до 89 лет / Е. П. Терещенко, В. А. Пономарев, А. Мюллер, Ю. Д. Кропотов // Физиология человека. 2010. № 1. С. 5-17.
14. Blomkvist A., Marks D. F. Defining and 'diagnosing' aphantasia: Condition or individual difference? // Cortex. 2023. Vol. 169. P. 220–234.

Научный руководитель д-р биол. наук, проф. И. Н. Гутник.

УДК 577.1:615.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИТРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНА С (АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ) В ЯБЛОКАХ: СРАВНЕНИЕ ПОКУПНЫХ ОБРАЗЦОВ И ЯБЛОК, ВЫРАЩЕННЫХ В Г. СЛЮДЯНКА

И. И. Кашапов, В. М. Вострикова, В. С. Кобелева

МБОУ ООШ № 1, г. Слюдянка, Россия
ilon1kashapov12@mail.ru

This study focuses on determining the vitamin C (ascorbic acid) content in apples from different sources (purchased and locally grown in Slyudyanka). The results show that locally grown apples have higher vitamin C concentrations (7. 0 mg/100 g) compared to purchased apples (6. 0 mg/100 g), which could be attributed to differences in growing conditions or apple varieties.

Цель исследования заключалась в определении содержания витамина С в яблоках, полученных из различных источников – покупных яблоках и яблоках, выращенных в г. Слюдянке, с использованием титриметрического метода, а также для сравнения с литературными данными [1].

Методы исследования включали экстракцию витамина С из яблок, титрование экстрактов раствором йода и использование крахмала как индикатора для фиксации конечной точки титрования. Все этапы титрования были проведены несколько раз для повышения точности результатов.

Результаты исследования (табл.): покупные яблоки содержат от 4,5 до 10,0 мг витамина С на 100 г, в среднем – 6,0 мг/100 г. Яблоки из Слюдянки показали содержание витамина С от 8,0 до 15,0 мг на 100 г, в среднем – 7,0 мг/100 г. Контрольный образец (аскорбиновая кислота) имел содержание витамина С 50,0 мг/100 г, что использовалось для калибровки метода.

Таблица 1

Сравнение полученных результатов с литературными источниками

Яблоки	Содержание витамина С (по литературным данным, мг/100 г)	Мой результат (мг/100 г)
Покупные яблоки	4,5–10,0	6,0 (0,6 мг/мл, экстракт 80 мл)
Яблоки из Слюдянки	8,0–15,0	7,0 (0,7 мг/мл, экстракт 85 мл)
Контрольный образец (аскорбиновая кислота)	50,0 (для стандарта)	10,0 (1,0 мг/мл, экстракт 90 мл)

Общий вывод. Содержание витамина С в яблоках варьирует, что подтверждается различиями в концентрации экстрактов. Яблоки из Слюдянки имеют более высокую концентрацию витамина С (0,7 мг/мл), чем покупные яблоки (0,6 мг/мл). Это может быть связано с различиями в условиях выращивания или сорте яблок.

Процесс экстракции витамина С оказался эффективным, так как экстракты содержат измеряемое количество витамина С. Объем экстракта после фильтрации составил 80–90 мл, что соответствует расчетам и позволяет точно оценить содержание витамина С в яблоках.

Влияние растворителей и стабилизаторов на сохранность витамина С было минимальным благодаря использованию раствора аскорбиновой кислоты, который предотвращал окисление и разрушение витамина С в процессе экстракции.

Список литературы

1. Сидоров В. И. Методы количественного определения витамина // Химический журнал. 2015. № 2. С. 22–29.

УДК 578.2+578.52

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ФЛАВИВИРУСА ALONGSHAN

В. И. Костюк, В. А. Бабаш, А. С. Бойкин, Р. В. Адельшин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
ФКУЗ Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия
kostuyklera8@gmail.com

A theoretical analysis of current literature data on the molecular epidemiology of the Alongshan virus (ALSV) from the *Flaviviridae* family was conducted. Three ALSV nucleotide sequences were also detected in ticks in the Irkutsk Region and the Transbaikal Territory.

Семейство Flaviviridae представлено сферическими оболочечными вирусами, содержащими линейную одноцепочечную молекулу РНК. Многие из них способны вызывать трансмиссивные заболевания от бессимптомных до тяжелых геморрагических и неврологических форм. Особое опасение вызывает вирус Алонгшан (*Alongshan*, ALSV), имеющий родство с флавивирусами, но отличающийся сегментированной природой генома и набором структурных белков. Впервые он был обнаружен в 2017 г. на северо-востоке Китая у пациента с симптомами, похожими на клещевой вирусный энцефалит (КВЭ) [1]. В настоящее время ALSV обнаруживают в европейских странах, в том числе и в России, его молекулярная эпидемиология, жизненный цикл и патогенез ещё мало изучены, а специфического лечения не существует [2–4]. Получение и анализ информации о новом вирусе позволит ускорить разработку мер профилактики и борьбы с ним.

Целью работы является анализ и систематизация современных научных данных о молекулярной эпидемиологии вируса Алонгшан из семейства Flaviviridae и обнаружение его РНК в клещах, собранных на территории Иркутской области и Забайкальского края.

В результате исследования суспензий таежных клещей (*Ixodes persulcatus*) из Иркутской области (n = 70) и Забайкалья (n = 90) было обнаружено два фрагмента гена VP1a на территории Иркутской области и один фрагмент в Забайкальском крае. На основе современных литературных данных и проведенного филогенетического анализа можно сделать вывод о большом генетическом разнообразии семейства Flaviviridae и необходимости дальнейшего изучения механизмов эволюции, репликации и патогенеза вируса Алонгшан для предотвращения будущих вспышек в условиях расширения ареала переносчика.

Список литературы

1. A New Segmented Virus Associated with Human Febrile Illness in China / Z.-D. Wang, B. Wang, E. Wei [et al.] // N. Engl. J. Med. 2019. Vol. 380. P. 2116–2125.

2. Alongshan virus: An emerging arboviral challenge in regional health security / M. Ren, Z. Pang, Y. Tu [et al.] // Virulence. 2025. V. 16. P. 1–13.

3. Epidemiology and global spread of emerging tick-borne Alongshan virus / A. Gцmer, A. Lang, S. Janshoff [et al.] // Emerging Microbes & Infections. 2024. Vol. 13. P. 1–11.

4. Isolation and Characterisation of Alongshan Virus in Russia / I. S. Kholodilov, A. G. Litov, A. S. Klimentov [et al.] // Viruses. 2020. Vol. 12. P. 362.

УДК 612.017.2

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И ГОРМОНАЛЬНОГО ФОНА У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ АКУШЕРСКО-ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

М. Ю. Кузьмин, Ю. М. Константинов

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

The study examines the relationship between occupational burnout, hormonal stress markers and physical activity in medical workers involved in obstetrics and gynecology. Physical activity is considered as a potential modulator of neuroendocrine stress responses.

Психоэмоциональное состояние человека представляет собой интегральное функциональное состояние организма, формирующееся в результате взаимодействия психических, нейробиологических, эндокринных и иммунных процессов [6; 7; 10]. Современные исследования показывают, что хронический стресс может приводить к нарушениям регуляции гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы (ГГС), изменению концентрации гормонов стресса и формированию феномена профессионального выгорания [6; 10].

Особенно высокая распространённость профессионального выгорания отмечается среди медицинских работников, занятых в клинических подразделениях с высокой эмоциональной нагрузкой, включая акушерство и гинекологию [5; 8]. Длительное воздействие стрессовых факторов сопровождается изменениями гормонального профиля, включая уровни кортизола, дегидроэпиандростерон-сульфата (ДГЭА-С), мелатонина и др. [3; 6]. Одним из факторов, способных модифицировать стресс-реакцию организма, является физическая активность [9; 11].

Цель исследования – выявить особенности взаимосвязи профессионального выгорания и гормонального фона у медицинских работников акушерско-гинекологического профиля с различным уровнем физической активности.

В исследовании приняли участие 96 медицинских работников (врачи и медицинские сестры) медицинских учреждений Иркутской области. Средний возраст участников составил 40,87±11,51 года. Психоэмоциональное состояние оценивали с использованием русскоязычной версии опросника профессионального выгорания К. Маслач (Maslach Burnout Inventory) [1], опросника депрессии А. Бека (Beck Depression Inventory) и опросника качества жизни SF-12 [4]. Физическая нагрузка оценивалась методике Година-Шепарда [2].

Для исследования гормонального профиля использовали сыворотку крови, плазму крови и слюну. Определяли концентрации тиреотропного гормона (ТТГ), ДГЭА-С, серотонина, дофамина, мелатонина и кортизола методом иммуноферментного анализа. Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета IBM SPSS Statistics 23. Количественные показатели представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения. Корреляционные связи анализировали с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Уровень статистической значимости принимали равным $p < 0,05$.

Полученные результаты показали наличие взаимосвязей между показателями профессионального выгорания и гормональными маркерами стресса. Эмоциональное истощение положительно коррелировало с уровнем ДГЭА-С ($r = 0,24$, $p < 0,05$) и кортизола ($r = 0,21$, $p < 0,05$), а деперсонализация – с ДГЭА-С ($r = 0,23$, $p < 0,05$). Интегральный индекс выгорания также имел значимую положительную связь с ДГЭА-С ($r = 0,26$, $p < 0,05$). Это может отражать снижение адаптационного потенциала организма в условиях хронической профессиональной нагрузки.

Установлено, что физическая активность выступает модератором указанных взаимосвязей. При низкой физической активности эмоциональное истощение положительно связано с уровнем ДГЭА-С ($r = 0,49$, $p = 0,0048$), интегральный индекс выгорания – с серотонином ($r = 0,43$, $p = 0,017$) и ДГЭА-С ($r = 0,41$, $p = 0,020$). При высокой физической актив-

ности эмоциональное истощение, деперсонализация и интегральный индекс выгорания положительно связаны с кортизолом (r = 0,35–0,37, $p < 0,05$) и ДГЭА-С (r = 0,36–0,44, $p < 0,01$). Редукция профессионализма связана с более высоким соотношением кортизол/ДГЭА-С (r = 0,33, p = 0,039). Депрессия по шкале Бека положительно коррелирует с кортизолом (r = 0,34, p = 0,035) и ДГЭА-С (r = 0,41, p = 0,010). Таким образом, при низкой активности ключевым маркером выгорания остается ДГЭА-С, а при высокой активности наиболее устойчивыми оказываются корреляции катаболического гормона (кортизола) и анаболического (ДГЭА-С) с эмоциональным истощением, деперсонализацией и интегральным индексом выгорания, что подтверждает их совместное вовлечение в патогенез профессионального стресса. В целом у медицинских работников с более высоким уровнем физической активности выявлены различия в показателях гормональной регуляции, указывающие на более оптимальные параметры функционирования стресс-реализующих и стресс-лимитирующих систем.

Таким образом, профессиональное выгорание медицинских работников сопровождается изменениями гормонального профиля, отражающими напряжение адаптационных механизмов организма. Регулярная физическая активность может рассматриваться как важный фактор профилактики нейроэндокринной дезадаптации и снижения риска формирования хронического стресса.

Список литературы

1. Лозинская Е. И., Лутова Н. Б., Вид В. Д. Системный индекс синдрома перегорания (на основе теста MBI) : метод. рекомендации. НИПНИ им. Бехтерева, 2007. 19 с.

2. Godin G. The Godin-Shephard Leisure-Time Physical Activity Questionnaire // The Health & Fitness Journal of Canada. 2011. Vol. 4, N 1. P. 18–22. DOI: 10. 14288/hfjc. v4i1. 824

3. Grimby-Ekman A., Jonsdottir I. H., Dahlman A. S. et al. Burnout and cortisol responses in working populations: A systematic review // Psychoneuroendocrinology. 2017. Vol. 83. P. 146–155. 3

4. Psychometric properties of a Russian version of the SF-12 / C. Hoffmann, B. H. McFarland, D. Kinzie, L. Bresler, D. Rakhlin, S. Wolf, Kovas A. E. // Health Survey in a refugee population. 2005. Vol. 46, N 5. 0-397. DOI: 10. 1016/j.comppsych.2004.12.002

5. Subjective assessment of stress and its relationship with neuroendocrine mechanisms of its development in obstetricians-gynecologists against the background of professional burnout / M. Yu. Kuzmin, D. P. Tyumentseva, M. A. Rashidova, L. F. Sholokhov, A. Yu. Marianian // International Journal of Biomedicine. 2021. Vol. 11, N 4. DOI: 10. 21103/Article11(4)_OAxx.

6. McEwen B. S. Protective and damaging effects of stress mediators // *New England Journal of Medicine.* 1998. Vol. 338, N 3. P. 171–179.

7. Porges S. W. The polyvagal perspective // Biological Psychology. 2007. Vol. 74, N 2. P. 116–143.

8. Burnout syndrome among medical residents: A systematic review and meta-analysis / H. Rodrigues, R. Cobucci, A. Oliveira [et al.] // PLoS One. 2018. Vol. 13, N 11. e0206840.

9. Rosales-Ricardo Y., Ferreira J. P. Physical activity benefits for mental health and stress regulation // Frontiers in Physiology. 2022. Vol. 13. Art. 843066.

10. Sapolsky R. M. Why Zebras Don't Get Ulcers: The Acclaimed Guide to Stress, Stress-Related Diseases, and Coping. 3rd ed. New York : Holt Paperbacks, 2004. 560 p.

11. Taylor C. E., Scott E. J., Owen K. Physical activity and mental health: A comprehensive review // Sports Medicine. 2022. Vol. 52, N 2. P. 271–290.

УДК 612.825.2-057.87

ПСИХОМОТОРНЫЕ КАЧЕСТВА И ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАМЕНТА У СТУДЕНТОВ С РАЗНЫМ ТИПОМ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТИТУЦИИ

Н. А. Курикша, М. Г. Караичева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
n.kuriksha@gmail.com

There is a connection between the typology of functional constitution and the characteristics of temperament, which act as multi-level mechanisms of individual adaptive strategies that determine an individual's psychomotor abilities. Differences have been identified in the indicators of visual-motor and auditory-motor reactions and the tapping test depending on the individual's constitutional type.

Двигательная функция – фундаментальная основа жизнедеятельности организма. Психомоторика является подсистемой психики, осуществляющей интеграцию когнитивных процессов и моторного воплощения действия [4]. Психомоторные способности (скорость реакции, координация, выносливость) играют критическую роль в адаптивности индивида, особенно в условиях стресса. Адаптивность – способность организма эффективно приспосабливаться к меняющимся условиям, сохраняя физиологический, психический и социальный гомеостаз [5]. Типология функциональной конституции В. П. Казначеева включает три стратегии адаптивного поведения. Спринтеры обладают высокой устойчивостью к кратковременным интенсивным нагрузкам, низкой сопротивляемостью длительным воздействиям. Стайеры оптимально приспособлены к продолжительным нагрузкам, но уязвимы перед мощными кратковременными раздражителями. Миксты комбинируют черты обоих типов и наиболее распространены в популяции [2].

Если функциональная конституция по В. П. Казначееву описывает физиологическую стратегию адаптации организма к нагрузкам, то темперамент по Г. Айзенку характеризует психологическое проявление тех же фундаментальных свойств нервной системы. Шкалы экстраверсии-интроверсии и нейротизма фактически отражают баланс возбудительных и тормозных процессов, силу и подвижность нервной системы, что напрямую влияет на скорость реакций, эмоциональную стабильность и общую работоспособность индивида [3]. Таким образом, конституциональный тип и тип темперамента – это два уровня единой адаптивной стратегии человека, где физиология напрямую проявляется в поведении.

В исследовании приняли участие 83 чел. (51 девушка, 32 юноши) в возрасте 17–29 лет – студенты биолого-почвенного, психологического, исторического факультетов Иркутского государственного университета и Государственного училища олимпийского резерва. На основе результатов

прохождения теста «Субъективная минута» участники были распределены по группам в соответствии с типами конституции В. П. Казначееву [1]. У участников были определены показатели, характеризующие психомоторные способности: время зрительно-моторной (ВЗМР) и аудио-моторной реакции (ВАМР), показатели теппинг-теста. Каждый участник прошел тест на тип темперамента Г. Айзенка в интерпретации Г. В. Суходольского.

Таблица 1

Средние значения показателей теппинг-теста
в группах «спринтеров», «микстов» и «стайеров»

Группы	Показатели	
	Всего нажатий	Нажатий/с
«Спринтеры» (n = 18)	171,9±6,8	5,9±0,2
«Миксты» (n = 52)	181,6±4,5	6,3±0,2
«Стайеры» (n = 13)	174,8±9,0	6,0±0,4

Теппинг-тест – регистрация количества максимально быстрых движений за 6 интервалов по 5 с. Миксты демонстрируют наибольшую производительность, наиболее стабильные показатели силы нервной системы.

Показатель количества нажатий в секунду позволяет вычислить время простой двигательной реакции (ВПДР) испытуемого по формуле: ВПДР, мс = 1 / a · 1000, где 1 – секунда, a – количество нажатий в секунду, 1000 – коэффициент для перевода секунд в миллисекунды.

Таблица 2

Средние значения времени моторных реакций
в группах «спринтеры», «миксты» и «стайеры»

Группа	Показатели		
	ВЗМР, мс	ВАМР, мс	ВПДР, мс
«Спринтеры» (n = 18)	404±16,2	430±39,5	229±43,3
«Миксты» (n = 52)	404,3±14,8	434,4±20,7	239±21,3
«Стайеры» (n = 13)	446,3±35,3	476,8±33,8	340±57,6

Спринтеры и «миксты показывают сопоставимое время реакций, значительно превосходя «стайеров» по скорости сенсомоторного ответа. Это соответствует их адаптивной стратегии к кратковременным интенсивным нагрузкам.

Таблица 3

Средние значения показателей теста на тип темперамента
в группах «спринтеры», «миксты» и «стайеры»

Группа	Показатели	
	Тип личности, баллы	Нейротизм, баллы
«Спринтеры» (n = 18)	13,7±1,0	13,5±1,5
«Миксты» (n = 52)	12,4±0,6	10,5±0,8
«Стайеры» (n = 13)	14,5±1,1	11,5±1,5

Стайеры показывают наибольший сдвиг в сторону экстраверсии, что может отражать их потребность в социальной поддержке при длительных нагрузках. Миксты занимают промежуточное положение, что соответствует их сбалансированной адаптивной стратегии. Миксты также демонстрируют наименьшие показатели нейротизма, что указывает на их высокую эмоциональную устойчивость и соответствует данным о их адаптивной универсальности. Спринтеры показывают наибольший уровень нейротизма, что согласуется с их высокой возбудимостью и склонностью к быстрой мобилизации в стрессовых ситуациях.

Таким образом, описательный анализ выявил тенденции, указывающие на возможные взаимосвязи между конституциональным типом, психомоторными показателями и особенностями темперамента. Наблюдаемые различия в скорости реакций, работоспособности и эмоциональной устойчивости в контексте различных адаптивных стратегий носят предварительный характер и требуют дальнейшего статистического подтверждения.

Список литературы

1. Практические работы по курсу «Биология человека». Ч. 2. Здоровье человека : учеб.-метод. пособие / Т. В. Балтина, Г. Г. Яфарова, А. Р. Гиззатуллин, Н. В. Звездочкина. Казань : Казан. федер. ун-т, 2020. 76 с.

2. Казначеев В. П., Казначеев С. В. Адаптация и конституция человека. Новосибирск : Наука, 1986. 120 с.

3. Лихтенштейн В. И., Конашков В. В. Определение типа темперамента по тесту Г. Айзенка : метод. указания. Екатеринбург : УрФУ, 2012. 15 с.

4. Озеров В. П. Психомоторные способности человека. Дубна : Феникс+, 2002. 316 с.

5. Рыбников В. Ю., Дубинский А. А., Булыгина В. Г. Индивидуально-психологические предикторы адаптации и дезадаптации специалистов экстремального профиля деятельности // Экология человека. 2017. № 3. С. 15–23.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. А. М. Садовникова.

УДК 57

АНАЛИЗ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АННОТАЦИИ ВИРУСНЫХ ПРОТЕОМОВ

М. А. Можаева[1], Ю. С. Букин[1,2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Лимнологичский институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
mozaevam080@gmail.com

Mollusks play a key role in aquatic ecosystems, acting as filter-feeders and bioindicators of pollution. They are capable of accumulating viral particles from the environment, including human pathogens (noroviruses, rotaviruses, hepatitis A) as well as viruses that infect mollusks themselves, which can lead to mass mortality events in aquaculture. The Baikal region is characterized by high mollusk endemism and the development of aquaculture, yet the viral diversity of local species remains poorly studied. In this context, the development of approaches for identifying viral sequences in mollusk genomes and transcriptomes is an urgent task.

Моллюски играют ключевую роль в водных экосистемах, выступая в качестве фильтраторов и индикаторов загрязнения. Они способны накапливать вирусные частицы из окружающей среды, включая патогены человека (норовирусы, ротавирусы, гепатит А) и вирусы, поражающие самих моллюсков, что может приводить к массовой гибели в аквакультуре. Байкальский регион характеризуется высокой эндемичностью моллюсков и развитием аквакультуры, однако вирусное разнообразие местных видов остается малоизученным. В связи с этим актуальной задачей является создание подходов для идентификации вирусных последовательностей в геномах и транскриптомах моллюсков.

Целью работы являются разработка конвейера для таксономической классификации и функциональной аннотации вирусных протеомов из базы данных NCBI RefSeq для дальнейшего использования полученных данных в исследовании разнообразия вирусов в окружающей среде.

Задачами работы являются: формирование структурированного датасета вирусных протеомов с привязкой к таксономии, проведение поиска RdRP доменов (PF00680, PF00978) с использованием программы PfamScan, оценка распространенности RdRP-содержащих вирусов в выборке RefSeq.

Для анализа использовались протеомы и кодирующие последовательности вирусов, ассоциированных с моллюсками, а также референсные геномы моллюсков, скачанные из NCBI RefSeq. Созданы структурированные таблицы, объединяющие информацию о файлах, их идентификаторах сборок (GCF), таксономии (taxid) и полной таксономической линии (superkingdom, phylum, class, order, family, genus, species). Функциональная аннотация выполнена с помощью PfamScan для поиска консервативных доменов, включая маркерный домен РНК-вирусов – РНК-зависимую РНК-

полимеразу (RdRP, PF00680, PF00978). Обработка данных проведена в среде R и Python. Визуализация выполнена с использованием пакетов ggplot2 и matplotlib.

Сформирован структурированный датасет, включающий полные протеомы и кодирующие последовательности вирусов из базы данных NCBI RefSeq. Проведена таксономическая аннотация, позволившая распределить вирусы по основным таксономическим группам. В результате PfamScan-анализа идентифицированы консервативные белковые домены. Обнаружены как домены, характерные для РНК-вирусов (RdRP, PF00680, PF00978), так и домены, ассоциированные с ДНК-вирусами и ретротранспозонами (DNA_pol_viral, PF00336; RVT_1, PF00078; RNA_helicase, PF00910). Полученные данные свидетельствуют о разнообразии вирусных таксонов, представленных в выборке RefSeq, и подтверждают эффективность разработанного подхода для выявления маркерных доменов.

Разработанный конвейер позволяет автоматизировать аннотацию вирусных последовательностей и может быть применен для анализа вирусного разнообразия моллюсков Байкальского региона. Сформированный структурированный датасет и выявленные консервативные домены, включая маркерные домены РНК-вирусов (RdRP), могут быть использованы для обучения нейросетевых алгоритмов, в том числе на основе скрытых марковских моделей, с целью классификации вирусных последовательностей и поиска новых вирусов в транскриптомах и метагеномах байкальских моллюсков. Полученные результаты создают основу для дальнейших исследований по оценке экологических рисков, связанных с вирусным загрязнением водных экосистем, и для разработки методов мониторинга патогенов в аквакультуре.

УДК 574.5

ВЛИЯНИЕ ЦВЕТОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕТА И ПРОЗРАЧНОСТИ ВОДЫ НА ХИЩНИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ *PARACOTTUS KNERII* (DYBOWSKI, 1874)

А. Б. Олимова, Д. Г. Рэчиле, А. Н. Соломка, Я. К. Ермолаева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Anastasiaolim04@gmail.com

The effect of light spectral composition and water transparency on fish feeding was studied. Significant differences in the number of amphipods consumed by *Paracottus knerii* were observed under different lighting conditions in night time (darkness, cold light 10 lx, warm light 10 lx) and transparency levels (0-200 NTU). These results indicate that food-seeking behavior is influenced not only by light spectrum, but also by water transparency, and these factors have a combined effect.

Исследования влияния спектрального состава света и прозрачности воды на питание рыб представляют теоретический и практический интерес, так как позволяют понять, как антропогенное изменение световой среды (световое загрязнение) влияет на поведение гидробионтов. Зрение является одной из важнейших сенсорных систем у большинства рыб, и с освещенностью связаны многие поведенческие реакции, включая суточный ритм питания и захват добычи [1]. В зависимости от интенсивности и спектрального состава света эти реакции могут существенно изменяться [1]. Несмотря на значительное количество работ, посвященных влиянию света на рыб, остаются малоизученными вопросы совместного воздействия спектрального состава света и мутности воды на питание рыб. В частности, отсутствуют данные о том, как различные цветовые температуры света в сочетании с градиентом мутности влияют на потребление корма у рыб.

Цель данной работы – оценить влияние цветовой температуры света и градиента мутности на количество потребляемых амфипод байкальскими широколобками вида *Paracottus knerii* (Dybowski, 1874).

Объектами исследования служили широколобки *P. knerii* и амфиподы вида *Eulimnogammarus cyaneus* (Dybowski, 1874), отловленные в литорали оз. Байкал у пос. Большие Коты. Перед началом эксперимента организмы акклимировали в лабораторных условиях в течение 7 сут. при температуре 16 °С и постоянной аэрации. Воду в аквариумах с организмами меняли полностью каждые 2–3 дня. Рыб кормили живыми особями *E. cyaneus* только в первый день акклимации.

Опытная установка включала пять аквариумов размером 24Ч15Ч10 см, в каждом из которых создавались различные условия мутности, путем добавления бентонитовой глины, которую разводили в двух литрах воды в количестве 0 г, 0,8 г, 0,35 г, 0,7 г и 1,15 г для уровней прозрачности 0, 10, 50, 100 и 200 NTU соответственно. В каждый аквариум

помещали по 20 амфипод, после чего запускали по одной рыбе. Аквариумы с рыбами и амфиподами оставляли на 30 мин при одном из следующих условий освещения: ночью без освещения (0 лк), ночью при теплом освещении (3200 К, 10 лк) и ночью при холодном освещении (5600 К, 10 лк). По истечении данного времени рыб вылавливали из аквариумов, а оставшихся (несъеденных) в аквариуме амфипод подсчитывали. Данную процедуру проводили для каждого условия освещения по 3 раза.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы R (V. 4. 5. 0). Для сравнения количества съеденных амфипод в зависимости от условия освещения или мутности воды применяли критерий Краскела-Уоллиса и апостериорный тест Данна. Для сравнения частот поедания амфипод рыбами между группами из трех наблюдений, полученных при разных условиях освещения и прозрачности, использовали точный критерий Фишера с поправкой Бенджамини-Хохберга на множественные сравнения. Результаты считались статистически достоверными при $p < 0,05$.

В результате использования критерия Краскела – Уоллиса мы обнаружили, что количество съеденных амфипод зависит от цветовой температуры света ($p = 0,02$) и не зависит от уровня мутности воды ($p = 0,1$). Рыбы достоверно в большей степени потребляли амфипод при холодном освещении, по сравнению с условием без света (p.adj. = 0,03). Это согласуется с данными В. А. Власова и соавторов [1] о зависимости пищевого поведения рыб от спектрального состава света. Кроме того, в ранее проведенном подобном исследовании рыбы так же достоверно в большей степени потребляли амфипод при использовании искусственного освещения в ночной период по сравнению с условием без света [2].

Стоит отметить, что влияние мутности воды на потребление рыбами амфипод было подтверждено критерием Фишера при сравнении выборок отдельно для каждого условия освещения ($p = 0,0009$ для условия без света, $p = 0,0004$ для холодного света, $p = 0,003$ для теплого света; рис.). При холодном свете наблюдались наиболее выраженные различия между уровнями мутности: потребление амфипод при 200 NTU было значимо ниже, чем при 0 (p.adj. = 0,00005), 10 (p.adj. = 0,000001), 50 (p.adj. = 0,0002) и 100 (p.adj. = 0,0002) NTU. При тёплом свете различия между уровнями мутности были менее выражены и были достоверны только для 50 NTU (p.adj. = 0,0006, = 0,003, = 0,03 и = 0,02 для 0, 10, 100 и 200 NTU соответственно). Для условий без света достоверные различия между прозрачностями обнаружились для большего количества пар, но не носили систематического характера. Данные различия были найдены для пар 0 и 10 NTU (p.adj. = 0,01), 0 и 200 (p.adj. = 0,03), 10 и 50 (p.adj. = 0,04), 10 и 100 (p.adj. = 0,01), 10 и 200 (p.adj. = 0,003), 100 и 200 (p.adj. = 0,03).

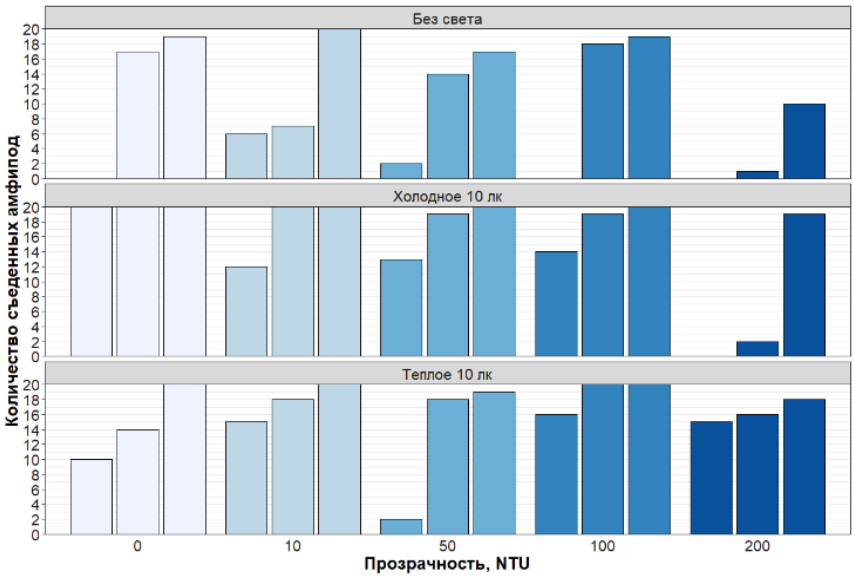


Рис. Потребление рыбами *P. knerii* амфипод *E. cyaneus* в зависимости от условий освещения в ночной период и мутности воды

Таким образом, спектральный состав света оказывает выраженное влияние на пищевую активность рыб: наибольшее количество амфипод потребляется при холодном свете, а влияние мутности воды проявляется в зависимости от условий освещения и уровня прозрачности воды.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00365, https://rscf.ru/project/24-24-00365/.

Список литературы

1. Влияние света на рост и развитие рыб / В. А. Власов, Н. И. Маслова, С. В. Пономарёв, Ю. М. Баканёва // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2013. № 6. С. 92–107.

2. Light pollution affects the coastal zone of Lake Baikal / D. Yu. Karnaukhov, E. M. Dolinskaya, S. A. Biritskaya [et al.] // Limnological Review. 2021. Vol. 21, No. 3. P. 165-168. DOI 10.2478/limre-2021-0015.

Научный руководитель д-р биол. наук, проф. Е. А. Зилов.

УДК 579.6

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СТЕРИЛИЗАЦИИ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СУБСТРАТОВ. СРАВНИТЕЛЬНЫЕАСПЕКТЫ

А. А. Орлова, А. А. Сигова, М. А. Налимова, Д. А. Ярыгин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nastay. orlowa2002@yandex.ru

The presence of native microflora in plant west residues limits their biotechnological application. This study evaluated autoclaving, ultraviolet (UV), and microwave (MW) irradiation for suppressing indigenous microbiota in plant substrate.

Биологическая переработка растительных отходов с использованием грибов-деструкторов является одной из основных задач биотехнологии, однако одним из сдерживающих факторов их безопасного и эффективного использования может считаться местная микробиота, способная к антагонизму в отношении лабораторных штаммов [1]. Для целенаправленного управления микробным сообществом растительных отходов и исключения конкуренции со стороны нежелательной собственной микробиоты был исследован метод предварительной обработки лигноцеллюлозных субстратов. Перспективными считаются физические методы, однако их воздействие на микробиоту растительных отходов, сформированную под влиянием хвойных пород Восточной Сибири [2], изучено недостаточно.

Цель: оценка эффективности автоклавирования, ультрафиолетового (УФ) и сверхвысокочастотного (СВЧ) облучения в отношении микробиоты лигноцеллюлозных субстратов.

Материалы и методы. Объектом исследования служили растительные отходы (лигноцеллюлозные субстраты). Влажность субстратов варьировали (5 и 60 %) для оценки её влияния на эффективность обработки. Микробиологический состав определяли культуральным методом с использованием селективных сред (Сабуро-агар, БТН-агар, среда Чапека). Использовали три метода физической стерилизации: СВЧ-облучение мощность 700 Вт, частота 2450 МГц (1, 2, 4 мин); УФ-облучение: воздействие в течение 10, 15 и 30 мин; автоклавирование: обработка острым паром при 120 °С и избыточном давлении 1 атм в течение 30 мин. Эффективность методов оценивалась по возможности подавления роста гриба-антагониста рода *Penicillium* при последующем микробиологическом посеве.

Результаты и обсуждения.

Все три метода воздействия на лигноцеллюлозные субстраты показали способность подавлять развитие гриба рода *Penicillium* при определённых режимах. Критическим фактором для СВЧ-обработки оказалась влажность субстрата: на сухом субстрате гриб рода *Penicillium* сохранял свою

активность даже после 4 мин обработки, в то время как одна минута СВЧ-облучения влажного субстрата (60 %) полностью подавляла развитие нежелательного гриба. Этот метод обеспечивает объёмный нагрев и при этом минимально изменяет структуру субстрата. УФ-излучение эффективно лишь для поверхностной обработки, а автоклавирование требует длительного циклического процесса, что ограничивает его промышленное применение для больших объёмов.

Список литературы

1. Тенденции в развитии методов утилизации коры и кородревесных отходов длительного хранения (обзор) / В. В. Володин [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 5. С. 611-632.

2. Харпухаева Т. М., Афанасьева Л. В., Калугина О. В. Видовой состав и структура растительности светлохвойных лесов Иркутской области в условиях загрязнения выбросами алюминиевых заводов // Сибирский лесной журнал. 2022. № 6. С. 45–57.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. Г. В. Юринова.

УДК 574.24

ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ НА *DAPHNIA SINENSIS*

В. В. Пилипчук, Д. А. Ярыгин, В. Л. Михайленко

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
domrabota.04@mail.ru

The study evaluated the influence of extractive substances from bark-wood waste on *Daphnia sinensis* using UV-Vis spectroscopy, with data analyzed by two-way ANOVA and PERMANOVA. Results showed a significant time-dependent effect on spectral profiles, while no significant impact of *D. sinensis* presence was detected.

Рачки рода *Daphnia* широко используются в биотестировании благодаря отсутствию пищевой избирательности и способности накапливать токсичные вещества. Однако большинство исследований выполнено на *D. magna*, тогда как другие виды остаются менее изученными. *Daphnia sinensis* является перспективным объектом для оценки качества вод, но данные о ней ограничены. Кородревесные отходы (КДО) – крупнотоннажные отходы деревопереработки, содержащие экстрактивные вещества (фенолы, терпены, смоляные кислоты), которые при попадании в водные объекты могут оказывать токсическое действие на гидробионтов. Оценка трансформации таких соединений в присутствии гидробионтов важна для прогнозирования состояния водоёма. УФ-видимая спектроскопия позволяет регистрировать изменения, к примеру, хромофорных групп без разрушения образца, т. е. метод удобен для скрининговой оценки динамики состава растворов в присутствии гидробионтов.

Цель работы: оценка изменений спектральных характеристик водного экстракта кородревесных отходов при культивировании *D. sinensis* методом УФ-видимой спектроскопии.

Экстракт КДО получали методом водной экстракции ($m_{сухого\ вещества}$: V_{H2O}, 1:100), эту же воду использовали в качестве культивационной среды. Эксперимент проводили 7 сут. в двух группах: раствор КДО без дафний и с 10 особями *D. sinensis* (в 3 повторностях). Рачки оставались живыми в течение всего эксперимента. Спектры поглощения регистрировали на нанофотометре Implen P330 (200–900 нм), раствор сравнения – культивационная вода. Для выявления различий между спектрами применялся метод нормировки SNV (стандартной нормальной случайной величины). Влияние факторов «время культивирования» и «группа» оценивали двухфакторным PERMANOVA (евклидова метрика, 999 перестановок) и двухфакторным ANOVA с коррекцией p (FDR – частота ложных обнаружений – метод определения частоты ошибок первого рода при проверке нулевой гипотезы при проведении множественных сравнений). Визуализацию и статистический анализ выполняли в среде Python 3.12.13.

В ходе спектрального анализа растворов экстракта КДО были зарегистрированы характерные спектральные профили с максимумами поглощения в УФ-области (200–300 нм), что типично для ароматических соединений (фенолы, фрагменты лигнина, дубильные вещества) (рис.). Визуально наблюдались слабые различия оптической плотности между группами и во времени, что требовало статистического подтверждения.

Для статистической оценки влияния факторов «время культивирования» и «присутствие дафний» на спектральные характеристики использовали два подхода: двухфакторный ANOVA для каждой длины волны с коррекцией на множественные сравнения (FDR) и многомерный PERMANOVA на всём спектральном наборе. Результаты PERMANOVA показали (табл.), что фактор «время» оказывает статистически значимое влияние на спектральный профиль (p = 0,035), тогда как влияние фактора «группа» и взаимодействие факторов оказались незначимыми (p = 0,469 и p = 0,913 соответственно). Это указывает на то, что временная динамика изменений состава растворов является доминирующей, а присутствие дафний не приводит к дополнительным изменениям, которые можно было бы надёжно зафиксировать на уровне всего спектра.

Детальный анализ с помощью двухфакторного ANOVA для отдельных длин волн подтвердил значимость фактора «время» для ряда участков спектра. В УФ-области статистически значимые различия (p = < 0,001) зафиксированы в диапазонах 230–235 нм и на длине волны 241 нм. Эти участки соответствуют области поглощения фенольных соединений и продуктов окислительной трансформации лигнина, что позволяет предположить, что в процессе культивирования происходят изменения в составе

низкомолекулярных ароматических веществ экстракта. В видимой области значимые различия выявлены в интервале 590–601 нм, где поглощение может быть связано с образованием окрашенных продуктов деградации (хиноны, меланоидины) или изменением редокс-состояния полифенольных комплексов. Таким образом, временные изменения затрагивают как первичные экстрактивные вещества, так и продукты их трансформации, однако присутствие дафний не вносит в этот процесс статистически подтверждённого вклада.

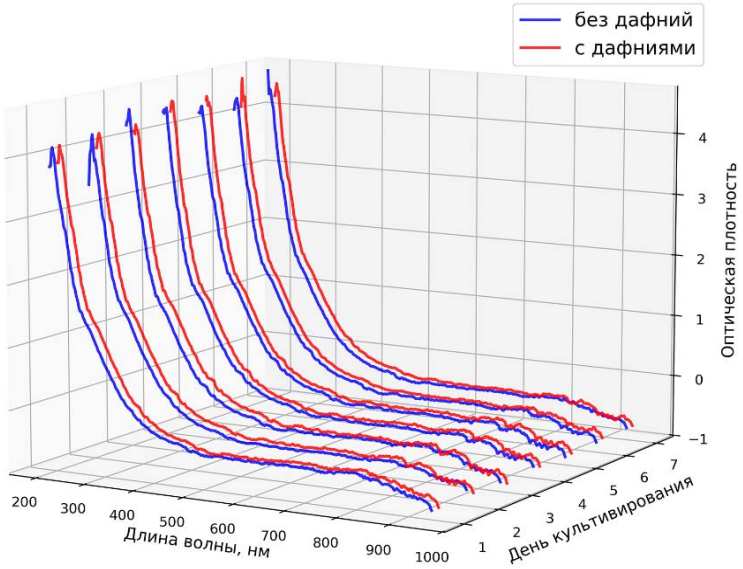


Рис. Изменение средних спектров экстракта КДО во времени: контрольная группа (без дафний, синий) и опытная (с *D. sinensis*, красный)

Таблица

Результаты статистического анализа влияния факторов «день» и «группа» на спектральные характеристики экстракта КДО

Метод	Источник вариации	*p*-значение	Значимые области / примечание
PERMANOVA (весь спектр)	Время	0,035	Значимо
	Группа	0,469	Не значимо
	Взаимодействие	0,913	Не значимо
ANOVA (отдельные длины волн, коррекция FDR)	Время	< 0,001	230–235, 241, 590–601 нм
	Группа	> 0,05	Ни на одной длине волны
	Взаимодействие	> 0,05	Ни на одной длине волны

Таким образом, полученные результаты позволили зафиксировать изменения в экстракте КДО во времени. Данные различия могут быть обусловлены несколькими причинами: изменение профиля экстрактивных веществ, погрешности проведения культивирования (остатки корма при внесении дафний в КДО); микроорганизмы, содержащиеся в экстрактах. Выявление этих факторов составляет следующий этап работы, как и более точное установление взаимодействия *D. sinensis* и состава экстрактивных веществ. Для его выполнения необходимы дальнейшие исследования с увеличением выборки, продлением сроков культивирования и расширением диапазона варьируемых условий (концентрация экстракта, плотность посадки дафний, аэрация).

УДК 579.6

ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ШТАММОВ ХОЛЕРНОГО ВИБРИОНА НЕ О1/НЕ О139 СЕРОГРУПП В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЁМАХ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

С. С. Семенова, С. В. Эрдынеев, А. В. Фортунатова

Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия
sofya.yudalevich@mail.ru

The study conducted VNTR-typing of 45 strains of *Vibrio cholerae* non O1/non O139 isolated from surface water bodies of the Irkutsk region in 2024, which allowed to identify 42 genotypes and reveal a complex population structure. The detected geographical structuring of clusters confirms the effectiveness of this method for monitoring genetic diversity and epidemiological surveillance of non-toxigenic vibrios in the region.

Vibrio cholerae не О1/не О139 (НАГ-вибрионы) не склонны к эпидемическому распространению и в основном лишены факторов патогенности – холерного токсина и токсин-коррелируемых пилей, при этом они могут быть возбудителями острых кишечных инфекций. Внекишечные формы развиваются значительно реже и ассоциированы с ослаблением иммунитета человека.

На территории России изучение НАГ-вибрионов является актуальным ввиду их широкого распространения в поверхностных водоёмах. Одним из подходов к изучению генетической структуры популяций является метод VNTR-типирования, в его основе лежит определение числа тандемных повторов (variable number tandem repeats) в геноме.

Цель исследования – VNTR-типирование штаммов НАГ-вибрионов, выделенных из поверхностных водоёмов в 2024 г. на территории Иркутской области.

Проведено исследование 45 штаммов, изолированных из поверхностных водоёмов в 2024 г. на территории Иркутской области, в том числе в Иркутском (n = 19), Усольском (n = 12), Ангарском (n = 5), Ольхонском (n = 4), Аларском (n = 2) и Черемховском (n = 2) районах. На основании анализа количества тандемных повторов по каждому из пяти локусов были сформированы VNTR-профили, включающие в себя от 0 до 23 повторов. Для проведения кластерного анализа использовался алгоритм UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), в результате которого получено 42 VNTR-генотипа, объединенных в 7 кластеров (рис.).

Первый кластер представлен штаммами из г. Иркутска (n = 5), г. Усолья-Сибирского (n = 1) и Ангарского района (n = 1). Идентичные профили определены у штаммов из г. Иркутска – VcA20VcB0VcC9VcD4VcG3.

Кластер два включает в себя три штамма, два штамма из г. Иркутска и один из г. Усолья-Сибирского. Штаммы, сформировавшие этот кластер сходны по количеству повторов в локусе VcA от 19 до 21 и в локусе VcG 6–7 повторов.

Третий кластер сформирован восемью штаммами, четыре из которых были выделены на территории Усольского района, три – Иркутского района и один – Ангарского района. Доминирующим генотипом является профиль VcA13VcB0VcC10VcD8VcG3.

Четвертый кластер, включающий штаммы из Усольского (n = 4), Иркутского (n = 3) и Ольхонского (n = 1) районов характеризуется отсутствием повторов в локусе VcG, кроме одного штамма из Иркутского района, содержащего два повтора локуса VcG.

Пятый кластер включает в себя семь штаммов, три из Иркутского, два из Усольского и один из Ольхонского и один – Ангарского района. Идентичные профили определены у штаммов из г. Иркутска и п. Горького Усольского района и имеют VNTR-генотип VcA12VcB0VcC8VcD3VcG5.

Шестой кластер представлен штаммами из Усольского района (n = 4), два из которых обладают идентичными генотипами VcA6VcB0VcC8VcD3VcG6.

Седьмой кластер включает в себя штаммы из Ольхонского (n = 2), Усольского (n = 2) и Иркутского (n = 1) районов. Доминирующий генотип комплекса представлен профилем VcA11VcB0VcC4VcD3VcG2.

На основании проведённого типирования выявлена высокая вариабельность VNTR-профилей *Vibrio cholerae* не O1/не O139, что указывает на сложную организацию популяционной структуры нетоксигенных НАГ-вибрионов. Также стоит отметить географическую структурированность популяции, наибольшее сходство VNTR-профилей характерно для штаммов, выделенных на близлежащих территориях, что свидетельствует о локальной циркуляции клонов.

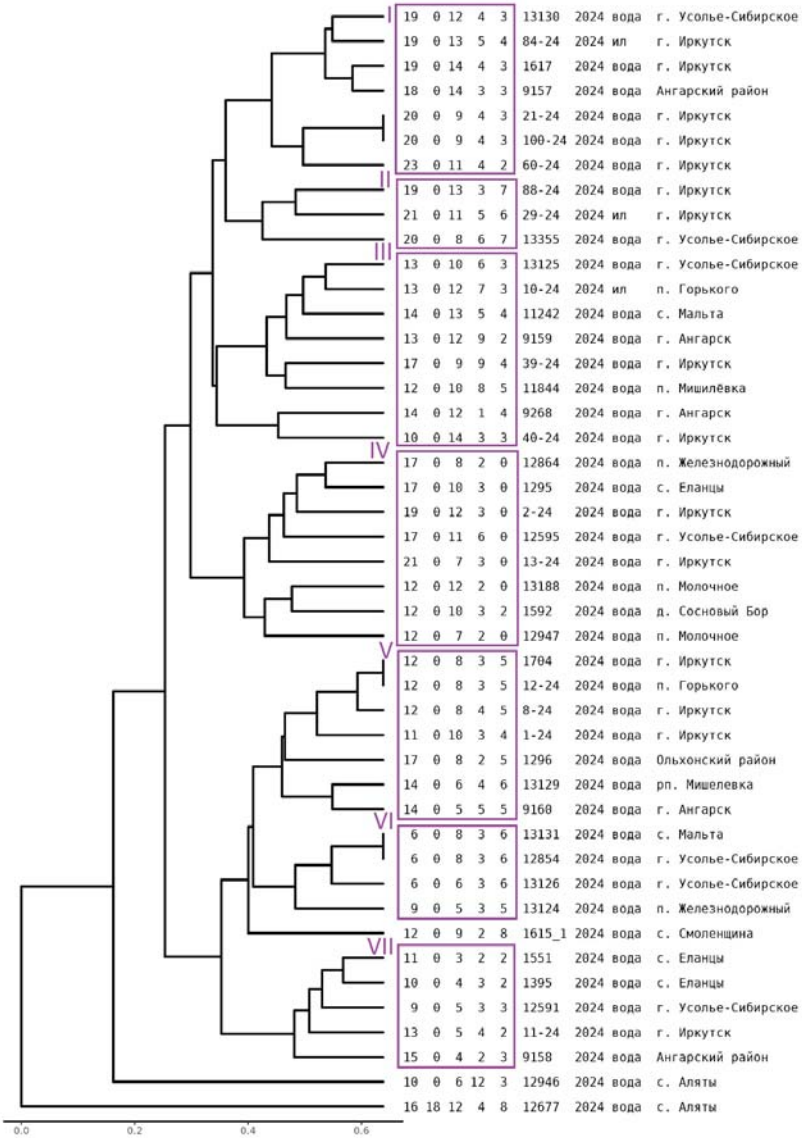


Рис. Дендрограмма, построенная по результатам MLVA-типирования (с использованием алгоритма UPGMA) штаммов *Vibrio cholerae* non O1/ non O139, выделенных из поверхностных водоёмов на территории Иркутской области в 2024 г.

Научный руководитель д-р мед. наук Л. В. Миронова.

УДК 579.2:579.6

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И СУБСТРАТНАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ АКТИНОМИЦЕТОВ – ИЗОЛЯТОВ ИЗ НЕФТЕЗАГРЯЗНЁННЫХ СРЕД

Е. В. Фандикова, О. Ф. Вятчина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
lenafandikova666@gmail.com

Five strains of hydrocarbon-oxidizing actinomycetes were isolated from samples of oil-contaminated substrates. The physiological and biochemical properties of the isolated microorganisms were studied. Their ability to grow on oil and petroleum products was demonstrated.

Микроорганизмы играют ключевую роль в функционировании естественных экосистем, участвуя в разложении органических веществ и биодеградации загрязнителей, в том числе углеводородов, загрязнение которыми приобрело крупномасштабный характер [4]. Нефтеокисляющие микроорганизмы очень разнообразны в таксономическом отношении. Известны как бактерии, так и археи, обладающие углеводородокисляющей активностью [6]. Для очистки почв от нефтезагрязнений представляют интерес актиномицеты. Углеводородокисляющие актиномицеты встречаются среди представителей рода *Streptomyces*, *Nocardia* и др. [3; 5].

Целью данной работы являлось изучение физиолого-биохимических признаков и субстратной специфичности штаммов углеводородокисляющих актиномицетов, изолированных из нефтезагрязнённых сред городов Иркутска и Сургута.

Объектами исследования стали образцы почвы, взятые около автозаправочных станций «Дизель» и «Крайснефть» (г. Иркутск), а также асфальтосмолопарафиновое отложение (АСПО) с поверхности труб нефтедобывающих скважин (г. Сургут).

Выделение углеводородокисляющих штаммов актиномицетов проводили методом постановки накопительных культур. Для этого готовили колбы с жидкой средой № 1 следующего состава (%): KNO_3 – 0,40, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,08, KH_2PO_4 – 0,06, Na_2HPO_4 – 0,14. В качестве единственного источника углерода и энергии в среду добавляли гексадекан (1 % от общего объёма). Морфолого-культуральные и физиолого-биохимические признаки изучали, используя общепринятые микробиологические методики [1]. Способность к росту на нефти и нефтепродуктах определяли при культивировании в синтетической среде № 1 с добавлением указанных субстратов в количестве 1 % (от общего объёма).

Из почвенных образцов, взятых для исследования, было выделено два штамма нефтеокисляющих актиномицетов – 1О (автозаправочная станция «Дизель», г. Иркутск) и 1П (автозаправочная станция «Крайснефть»,

г. Иркутск). Из пробы АСПО (г. Сургут) изолировано три новых штамма углеводородокисляющих актиномицетов – С-1, С-2, С-4.

Для выделенных штаммов характерны прямые или слегка изогнутые спороносцы, RF-типа, содержащие от 5-7 до более 20 спор.

На среде № 1 с гексадеканом исследуемые актиномицеты формировали округлые колонии, цвет субстратного мицелия (СМ) которых был желтоватый или жёлтый, а воздушного мицелия (ВМ) – розоватый. Все изоляты давали слабый рост на средах Гаузе, овсяном и крахмал-аммиачном агаре, так как они не используют крахмал, входящий в состав этих сред. На среде Чапека цвет ВМ был розоватый или беловатый, СМ – оранжевый или оранжеватый. Также изоляты хорошо росли на рыбо-пептонном агаре (РПА), формируя ВМ розоватого и беловатого цвета, а СМ оранжевого и оранжеватого, а в рыбо-пептонном бульоне (РПБ) образовывали поверхностную плёнку цвета, соответствующего ВМ на среде № 1 с гексадеканом.

Выделенные штаммы углеводородокисляющих актиномицетов не использовали в качестве источника углерода и энергии агарозу, арабинозу, галактозу, глюкозу, ксилозу, маннозу, рамнозу, лактозу, мальтозу, сахарозу, фруктозу, дульцит, инозит, маннит, сорбит. Все актиномицеты окисляли натрий уксуснокислый, натрий яблочнокислый (кроме 1О), а натрий муравьинокислый разлагали два штамма (1О, 1П). Изоляты не образовывали лецитиназу, что указывает на отсутствие у них патогенного потенциала. У культур не обнаружено амилолитической, уреазной и протеолитической активности. Все штаммы обладали твин-эстеразной (по отношению к твину-80) активностью, восстанавливали нитрат, образовывали сероводород и аммиак, обладали каталазной активностью. На синтетической среде актиномицеты давали слабый рост, на среде Эшби – следы роста. На среде № 1 без источника углерода и энергии, и «голодном» агаре у исследуемых изолятов наблюдали слабый рост; при этом ВМ был беловатый, СМ – желтоватый.

Все культуры являются факультативными анаэробами. Изоляты относятся к мезофилам, хорошо растут при 30 и 35 °С. Солевые параметры роста культур составляют от 0,4 до 2,5 % NaCl. Исследуемые микроорганизмы проявляют устойчивость к УФ-излучению.

Наибольшей нефтеокисляющей активностью обладали штаммы С-1 и С-2, разлагающие плёнку нефти уже на 14 сут. По отношению к мазуту более активными оказались изоляты С-4 и 1О. Все штаммы хорошо росли на дизельном и печном топливе.

Таким образом, наиболее активными деструкторами нефти являются штаммы С-1 и С-2, мазута – С-4 и 1О. Исследуемые культуры могут быть рекомендованы для очистки объектов окружающей среды, загрязнённых нефтью и нефтепродуктами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-44-02008.

Список литературы

1. Вятчина О. Ф., Буковская Н. Е., Лузова И. Г. Большой практикум по микробиологии : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022. 279 с.

2. Изучение каталитических процессов микробного окисления нефтяных углеводородов / Н. Д. Рябцева, В. С. Никитина, М. И. Абдуллин [и др.] // Вестник Башкирского университета. 2016. Т. 21, № 2. С. 308–313. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/izuchenie-kataliticheskih-protsessov-mikrobnogo-okisleniya-neftyanyh-uglevodorodov (дата обращения: 17.03.2026).

3. Characterization of the genome of a *Nocardia* strain isolated from soils in the Qinghai-Tibetan Plateau that specifically degrades crude oil and of this biodegradation / R. Yang, G. Liu, T. Chen [et al.] // Genomics. 2019. Vol. 111, N 3. P. 356–366.

4. Das N. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview / N. Das, P. Chandran // Biotechnology Research International. 2011. Vol. 2011. P. 1–13. https://doi. org/10. 4061/2011/941810.

5. Hydrocarbon-Oxidizing Actinomycetes from Lake Sapropel / T. L. Babich, D. Sh. Sokolova, A. N. Zotova, T. A. Gracheva // Microbiology. 2025. Vol. 94. P. 966–975. https://doi. org/10. 1134/S0026261725601976.

6. *In situ* interrogation of microorganisms mediating hydrocarbon degradation / X-Y Ren, J-H Ji, L. Hu [et al.] // Applied and Environmental Microbiology. 2026. Vol. 18, Is. 92(3). P. 2591–2625. DOI 10. 1128/aem.02591-25.

УДК 595.775

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧИНОК БЛОХ ДЛИННОХВОСТОГО СУСЛИКА ИЗ ТУВИНСКОГО ПРИРОДНОГО ОЧАГА ЧУМЫ

А. Д. Федосов, А. С. Бойкин

Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия
arfed01@mail.ru

For the first time, the taxonomic identification of the larvae of the flea *Citellophilus tesquorum altaicus* (Ioff, 1936), the main vector of plague in Tuva, was performed using molecular genetic methods. The sequences of the large ribosomal RNA subunit (16S) fragments were deposited in the international GenBank database.

Тувинский природный очаг чумы является одним из активных на территории России. Основной носитель чумного микроба в очаге – длиннохвостый суслик (*Urocitellus undulatus* Pallas, 1778). В паразитоценозе ключевую роль играют блохи, среди которых доминирующее значение как специфичный эктопаразит сусликов и основной переносчик чумы имеет *Citellophilus tesquorum altaicus* (Ioff, 1936). К прочим массовым видам блох суслика относятся: *Rhadinopsylla li* Argyropulo, 1941; *Neopsylla mana* (Wag-

ner, 1927); *Oropsylla alaskensis* (Baker, 1904); *Frontopsylla elatoides* Wagner, 1928; *Frontopsylla hetera* Wagner, 1933. Видовая идентификация эктопаразитов является важным элементом эпизоотологического мониторинга природных очагов чумы. Определение таксономической принадлежности личинок блох, в отличие от имаго, морфологическими методами затруднительно, поскольку набор надёжных диагностических признаков невелик. Ранее нами применялась молекулярно-генетическая идентификация лабораторных личинок блох, имаго которых определены по внешним диагностическим признакам [1]. Эффективность данного метода напрямую зависит от наличия в GenBank нуклеотидных последовательностей определяемого или филогенетически близкого вида, выступающих основой для корректного сравнения и идентификации. Ключевым ограничением такого метода является отсутствие последовательностей того же или близкородственного вида в международной базе данных GenBank, необходимых для корректного сравнения и идентификации. Следует отметить, что в GenBank наблюдается малая представленность нуклеотидных последовательностей массовых видов блох, паразитирующих на длиннохвостом суслике. В данном сообщении описан первый практический опыт молекулярно-генетической идентификации личинок блох неизвестного происхождения из энзоотичной по чуме территории.

Цель работы: установить таксономический статус личинок блох из гнездового субстрата суслика, добытого в Тувинском природном очаге чумы.

При разборе гнезда суслика из Каргинского мезоочага собраны приблизительно 200 личинок блох, видовая принадлежность которых неизвестна. Для идентификации личинок решено применить молекулярно-генетические методы. Для исследования отобраны случайным образом 6 личинок. Все образцы поступили в лабораторию в обеззараженном виде (70 % – этанол). Для получения нуклеиновых кислот из фрагментов личинок использовался набор для выделения «РИБО-преп» торговой марки АмплиСенс®. Наработку ПЦР-продуктов (объём реакционной смеси – 25 мкл) проводили с набором реагентов ПЦР-РВ («Синтол», Москва) и праймерами к двум фрагментам митохондриального генома: к цитохрому-С-оксидазы (COX1) [2], к фрагменту большой субъединицы рибосомальной РНК (16S) [3]. ПЦР-продукты визуализировали в 1 % агарозном геле и затем подвергали ферментативной очистке набором ExoSAP-IT Express (Thermo FS). Определение нуклеотидных последовательностей проведено с набором реактивов ABI Prism BigDye Terminator v. 3. 1 Cycle Sequencing Kit на приборе Genetic Analyzer 3500 xL (Applied Biosystems). Для анализа и выравнивания использовали программу BioEdit. С помощью онлайн-сервиса BLAST (NCBI) сравнивали образцы с имеющимися в базе данных. Второй этап исследования включал аналогичный молекулярно-генетический анализ верифицированных по морфологическим признакам

до подвида двух взрослых самцов *C. t. altaicus*, собранных также в Каргинском мезоочаге.

Сравнительный анализ по фрагменту гена 16S рРНК привел к неоднозначному результату: максимальное сходство находилось в пределах 99,75–100 % с *Citellophilus tesquorum mongolicus* Jordan et Rothschild, 1911; 99,04–99,5 % с *Citellophilus tesquorum dzetysuensis* Mikulin, 1951, однако известно, что среди *C. tesquorum* на энзоотичной по чуме территории в Туве обитает только *C. t. altaicus*, фрагменты гена 16S рРНК которого не представлены в базе данных. По взрослым самцам, определенным по внешним диагностическим признакам, в первом случае, наработанные последовательности фрагмента гена 16S рРНК (PZ134786, PZ137926) были схожи на 99,8 % с *C. t. mongolicus*. Во втором, по фрагменту гена цитохрома-С-оксидазы – 98,81–98,83 % с *C. t. mongolicus*, 99,08 % с *C. t. dzetysuensis* и 99,3–100 % с имеющимися в GenBank последовательностями *C. t. altaicus*. Учитывая молекулярно-генетическое сходство и литературные данные о распространении этого подвида, мы с высокой долей вероятности относим исследованных личинок к *C. t. altaicus* (PZ125089, PZ125147, PZ125158, PZ134618, PZ134698, PZ134758).

Полученные нуклеотидные последовательности фрагмента гена 16S рРНК (n = 8) депонированы в GenBank и могут помочь идентифицировать последующие образцы *C. t. altaicus* по упомянутому гену. Показано, что ключевым условием успешного определения личинок блох описанными методами является наличие наиболее похожих нуклеотидных последовательностей в GenBank, что подтверждает необходимость дальнейшего пополнения базы данных молекулярными маркерами массовых видов блох, а также поиска новых надежных панелей молекулярных маркеров.

Авторы выражают благодарность А. В. Ляпунову, Е. Г. Токмаковой, В. М. Корзуну, Н. Ф. Галацевич, Р. В. Адельшину за наставничество, курирование работы и помощь в сборе материала.

Список литературы

1. Опыт таксономической идентификации личинок блох из инсектария Иркутского научно-исследовательского противочумного института / А. Д. Федосов, А. В. Ляпунов, Л. П. Базанова [и др.] // Актуальные вопросы санитарной охраны территории и снижения рисков распространения чумы и других опасных инфекционных болезней : материалы XVII Межгосударств. науч.-практ. конф., 8–9 окт. 2024 г., Иркутск / под ред. А. Ю. Поповой, С. В. Балахонова. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2024. С. 247–250.

2. Evolution, weighting, and phylogenetic utility of mitochondrial gene sequences and a compilation of conserved polymerase chain reaction primers / C. Simon, F. Frati, A. Beckenbach [et al] // Annals of the Entomological Society of America. 1994. Vol. 87, N 6. P. 651–701. DOI 10. 1093/aesa/87. 6. 651.

3. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates / O. Folmer, M. Black, W. Hoeh [et al] // Molecular Marine Biology and Biotechnology. 1994. Vol. 3, N 5. P. 294–299.

УДК 579.22

ВЛИЯНИЕ ПАВ НА МИКРООРГАНИЗМЫ

К. С. Хохлова, А. Д. Лебедева, М. А. Ивашина, О. Ф. Вятчина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kirahohlova623@gmail.com

The effect of ionic (Tween-80, Triton X-100) and nonionic (SDS, CTAB) surfactants at concentrations of 10–800 mg/L on the hydrophobicity of *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* spores was studied. All studied surfactants were shown to reduce spore hydrophobicity, with the effect increasing as detergent concentrations increased.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) могут выступать в двойственной роли: как фактор стресса и как потенциальный стимулятор микробной активности. Разрешение этого противоречия требует понимания механизмов взаимодействия амфифильных молекул с поверхностными структурами клеток различных групп микроорганизмов [1].

Bacillus thuringiensis представляет исключительный научный интерес не только благодаря своей инсектицидной активности, но и как классический пример почвенной бактерии с комплексной стратегией выживания, включающей образование высокоустойчивых спор, гидрофобность которых предопределяет их адгезию к листьям кормового растения, что обеспечивает попадание в кишечник восприимчивых насекомых и развитие инфекционного процесса [2].

Цель данной работы заключалась в изучении влияния ПАВ на гидрофобность спор *B. thuringiensis.*

В качестве объекта исследования использовали штамм *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* 7–14 кс из коллекции штаммов *B. thuringiensis* кафедры микробиологии Института Биологических наук ФГБОУ ВО «ИГУ».

Гидрофобность спор исследуемой культуры определяли без обработки и после обработки ПАВ при помощи метода МАТН (microbial adhesion to hydrocarbon) [3]. В качестве поверхностно-активных веществ использовали неионогенные (твин-80, Triton X-100) и ионогенные (додецилсульфат натрия (ДСН), цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ)) ПАВ.

Проведенные исследования показали, что неионогенные ПАВ (твин-80, Triton X-100) оказывали достаточно сильное влияние, снижая гидрофобность спор *B. thuringiensis.* Так, после обработки споровой суспензии *B. thuringiensis* твином-80 и тритоном с концентрацией 10 мг/л показатель гидрофобности спор был на 10 и 14 % меньше, чем в контроле соответственно (рис. 1).

При увеличении концентрации обоих неиногенных ПАВ происходило последовательное снижение гидрофобности спор. При максимальной концентрации (800 мг/л) этих ПАВ показатель гидрофобности составлял 5±1,2 и 1,3±0,1 % соответственно.

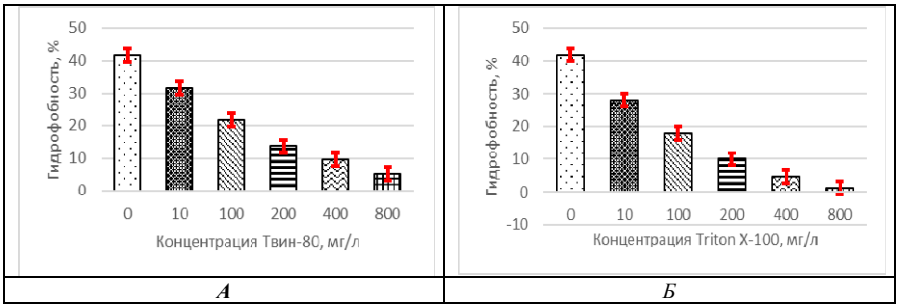


Рис. 1. Влияние неионогенных ПАВ на гидрофобность спор штамма *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* 7-14 кс: А – твин-80 (концентрации 10–800 мг/л); Б – Triton X-100 (концентрации 10–800 мг/л)

Тенденция влияния ДСН и ЦТАБ (ионогенных ПАВ) на гидрофобность спор *B. thuringiensis* была схожей с таковой в опытах с неионогенными ПАВ (рис. 2).

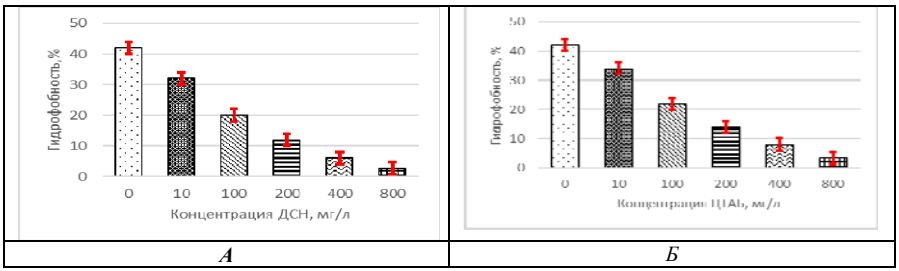


Рис. 2. Влияние ионогенных ПАВ на гидрофобность спор штамма *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* 7–14 кс: А – ДСН (концентрации 10–800 мг/л); Б – ЦТАБ (концентрации 10–800 мг/л)

Таким образом, все исследуемые ПАВ (неионогенные и ионогенные) снижали гидрофобность спор *B. thuringiensis*, что неблагоприятно отразится на их способности адгезироваться к гидрофобным поверхностям.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-44-02008.

Список литературы

1. Домрачева Л. И., Симакова В. С. Реакции про- и эукариотных микроорганизмов на действие синтетических поверхностно-активных веществ (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. 2018. № 1. С. 5–17.

2. Multifunctional properties of a *Bacillus thuringiensis* strain (BST-122): Beyond the parasporal crystal / A. Unzue, C. J. Caballero, M. Villanueva [et al.] // Toxins. 2022. Vol. 14, N 11. P. 1–21.

3. Rosenberg M. Microbial adhesion to hydrocarbons: twenty-five years of doing MATH // FEMS Microbiology Letters. 2006. Vol. 262, N 2. P. 129–134.

УДК 579.62

ВЛИЯНИЕ КЕТОГЕННОЙ ДИЕТЫ НА НОСИТЕЛЬСТВО ПАТОГЕННОЙ *YERSINIA ENTEROCOLITICA* У ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС

С. А. Черкашина

Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского, г. Иркутск, Россия
cherkashinasofi@gmail.com

The vaginal flora of outbred rats on a standard and ketogenic diet was studied to detect Yersinia enterocolitica. A biological test on mice revealed pathogenicity only in the control group. The isolate showed sensitivity to levofloxacin and resistance to azithromycin, trimethoprim+sulfadimethoxine, oxytetracycline, and florfenicol.

Цель исследования: изучение общего состава вагинальной микробиоты крыс, определение патогенных свойств и антибиотикочувствительности выделенных микроорганизмов.

Материалы и методы: объект – беспородные лабораторные крысы (3 контрольные самки на стандартном корме, 3 самки на кетогенной безуглеводной диете). Отбор мазков 19.12.2024 с использованием зонд-тампонов одноразовых со специализированной транспортной средой. Посев на МПБ, ЗПВ, Кесслера (жидкие среды), Эндо, BCA, XLD, МПА, Симмонса, Ромбаха (плотные среды). Биопроба: внутрибрюшинное заражение мышей 0,5 мл бактериальной взвеси, наблюдение 10 дней. Антибиотикочувствительность определяли диско-диффузионным методом на МХА.

Таблица

Применяемые питательные среды и морфологическая характеристика результата

Питательная среда	Морфологическая характеристика
МПБ (мясопептонный бульон)	Помутнение
ЗПВ (забуференная пептонная вода)	Помутнение и осадок хлопьями
МПА (мясопептонный агар)	Рост белых колоний
XLD (ксилозо-лизин деоксихолат агар)	Черные колонии с белым ободком, под колонией остается след черного цвета
Эндо	1. Большие блестящие колонии 2. Прозрачные колонии 3. Мелкие росинчатые колонии
BCA (висмут-сульфитный агар)	Черные колонии с черным ореолом
Среда Симмонса	Изменение цвета плотной питательной среды на синий

Идентификация культур на плотных средах показала разнообразие энтеробактерий. С целью дальнейшего идентификации микроорганизма, культура была посеяна на плотную питательную среду МПА и агар Клиглера, которые инкубировались в термостате с температурой 37 С в тече-

ние 24 ч. После термостатирования были поставлены биохимические реакции с пластинами биохимическими для энтеробактерий (ПБДЭ). В каждую ячейку ПБДЭ с помощью пипетки Пастера было помещено по 3 капли готового раствора микроорганизма, наведенного согласно стандартного образца (10 микробных единиц). Пластины инкубировались 24 ч при температуре 37 єС.

После инкубирования на среде XLD у крыс под идентификационными кодами Кето-диета 0, Кето-диета I, Кето-диета II, Контроль 0 выделена *Budvicia aquatica*, у Контроль II на XLD выросли росинчатые и большие блестящие колонии *Salmonella diarizonae IIIb*. На среде Ромбаха у крыс Контроль II, Кето-диета I, Кето-диета II выделена *Budvicia aquatica*, у крысы Кето-диета 0 – *Klebsiella ozaenae*, у остальной части крыс не выделено ничего. На среде Эндо у крыс Контроль 0, Контроль I, Кето-диета 0 выделена *Budvicia aquati*ca, у Контроль I – *Klebsiella ozaenae*, у Кето-диета I, Кето-диета II, Контроль II – *Salmonella diarizonae IIIb*. На среде Симмонса у крысы Контроль II – *Yersinia enterocolitica, kristensenii*, а на среде ВСА у Контроль II – *Salmonella indica (VI)*. Среди всех выделенных микроорганизмов в нашем исследовании мы заинтересовались *Yersinia enterocolitica, kristensenii*, так как в течение первых суток пала мышь, инфицированная образцом от крысы Контроль II (среда Симмонса). Остальные мыши выжили за 10 дней. Вскрытие павшей мыши и посев отпечатков с внутренних органов подтвердили генерализованную инфекцию. На среде ВСА с отпечатков печени, кишечника, легких, сердца, почек выросли зеленые колонии, на среде Эндо с тех же самых внутренних органов выросли розовые колонии, ровные, блестящие с красным центром, на среде МПА выросли белые, ровные колонии.

Антибиотикочувствительность показала множественную резистентность выделенного штамма *Y. enterocolitica*. Результаты теста на чувствительность к антибиотикам Азитрониту (азитромицин – 15 мкг), Дитриму (триметоприм – 1,25 мкг; сульфадимезин – 25 мкг), Нитоксу 200 (окситетрациклин – 30 мкг), Флороксу (флорфеникол – 30 мкг) – данный штамм резистентный, а чувствителен лишь к антибиотикам из ряда фторхинолонов – Лексофлон (левоофлоксацин – 5 мкг) и Максинон (левофлоксацин – 5 мкг).

Обсуждение. *Yersinia enterocolitica* – грамотрицательная палочка, факультативный анаэроб, вызывающая поражение ЖКТ и печени (псевдотуберкулёз). В нашем исследовании патогенный штамм выделен только у одной контрольной крысы, которая питалась стандартным кормом. У крыс на кетогенной диете данный микроорганизм не обнаружен. Это позволяет предположить, что безуглеводная диета подавляет рост *Yersinia.*

Выводы

1. У крыс контрольной группы выделена патогенная *Yersinia enterocolitica, kristensenii*, подтверждённая биопробой (гибель мыши, обсеменение всех органов). Крыса являлась бессимптомным носителем, не заражая сожителей.

2. Содержание на безуглеводной (кетогенной) диете, вероятно, оказывает губительное действие на *Yersinia enterocolitica, kristensenii* (штамм не выделен ни у одной опытной крысы).

3. Выделенный штамм резистентен к азитромицину, триметоприму+сульфадимезину, окситетрациклину и флорфениколу, но чувствителен к левофлоксацину.

Научный руководитель канд. вет. наук, доц. А. А. Плиска.

УДК 597.553.2:591.13(571.5)

ЭКОЛОГИЯ ПИТАНИЯ БАЙКАЛОЛЕНСКОГО ХАРИУСА В ГОРНЫХ ОЗЁРАХ ХРЕБТА УДОКАН (СЕВЕРНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ) В ПЕРИОД ОТКРЫТОЙ ВОДЫ

Е. А. Бармотина

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

Variability of feeding behavior of Baikal-Lena grayling from three mountain lakes of the Udokan ridge (Northern Transbaikalia) during open-water period is described.

Байкалоленский хариус *Thymallus baicalolenensis* успешно существует в озёрах и реках бассейна Лены к северо-востоку от Байкала, а также в верховьях сопредельного бассейна Байкала благодаря выдающейся экологической, в первую очередь трофической, пластичности. Эту особенность наглядно демонстрирует картина питания хариуса из трёх располагающихся в верховьях притоков р. Витим в пределах горного хр. Удокан на севере Забайкальского края озёр: Каларский Даватчан, Даватчан и Аглан. Имеющие гляциальный генезис, они тем не менее приобрели различающиеся лимнические черты, отразившиеся на продукционных характеристиках их биоты.

Исключительную динамичность с переключением между аллохтонными и автохтонными пищевыми ресурсами в зависимости от погоды и сезонности демонстрирует хариус из оз. Каларский Даватчан (рис.). В августе 2001 г. в его питании безусловно преобладали массово встречавшиеся крылатые наземные насекомые: клопы и муравьи (97 % от массы пищевого комка) при высоком показателе наполнения желудка (ИНЖ) (101,6 ‰) и минимальной доле пустых желудков (0,31 %). В те же сроки в августе 2014 г. при прохладной ветреной погоде лёт насекомых отсутствовал и основой питания стал зоопланктон (*Daphnia galeata,* 78,6 % массы пищи), доля пустых желудков осталась нулевой. В сентябре 2020 г. тёплая безветренная погода сохранялась необычно долго и активные наземные насекомые продолжали оставаться доминирующей группой в питании (59,9 %), а поддерживавший высокую численность зоопланктон выступал субдоминантом (*Bosmina longispina*, 35,8 %) и наверняка позже при наступлении настоящей осени преобладал в питании ещё несколько недель.

В оз. Даватчан структура питания хариуса была более равномерной. В июле 2001 г. доминировал зообентос (64,7 %, главным образом личинки ручейников Limnephilidae), в июле 2005 г. при высокой доле зообентоса (29 %) и постларвальных стадий водных насекомых (22,9 %) доминировали наземные насекомые (38,7 %). В августе 2011 г. наблюдалось примерное равенство насекомых (41,7 %) и бентоса (40,1 %). ИНЖ везде был не менее 67,6 ‰, а доля пустых желудков не более 6 %.

В оз. Аглан, площадь мелководий в котловине которого значительно расширили поздние термокарстовые перемоделировки, во все годы исследований (август 2002, сентябрь 2019 г., сентябрь 2021 г.) основу питания составлял стабильно продуктивный в летне-осенний период зоопланктон (преимущественно *Daphnia galeata,* 56–80 % от массы пищевого комка), что свидетельствует о сезонной специализации популяции хариуса на планктофагии. Межгодовые изменения значимости роли субдоминантных групп определялись характером погоды: в тёплый сентябрь 2021 г. доля наземных насекомых достигла 20 %, в холодный и дождливый сентябрь 2019 г. упала до 0,2 %. Зообентос выступал резервным кормом, его доля при недоступности насекомых возрастала до 42 %.

Байкалоленский хариус в трёх описанных озёрах проявляет способность переключаться между основными типами кормов (зоопланктон, зообентос, наземные насекомые, постларвальные стадии водных насекомых) в зависимости от доступности. Доступность наземных членистоногих напрямую связана с погодой: в тёплые безветренные периоды их доля максимальна, в холодные и дождливые – минимальна, т. е. аллохтонное питание носит эпизодический характер и определяется погодными аномалиями. Пик развития зоопланктона и лёта насекомых приходится на начало августа – вторую половину сентября. В июле чаще доминирует бентос, к сентябрю значение насекомых снижается, уступая место планктону и бентосу; в конце лета – начале осени характерны смешанные типы питания. В остальные сезоны (поздняя осень, зима, ранняя весна) вероятно доминирование бентоса как единственного стабильно доступного компонента.

Хариусы из исследованных популяций имеют определённые обусловленные локальными особенностями отличия по трофической специализации: Аглан – устойчивая планктонофагия, Каларский Даватчан – резкие межгодовые переключения, Даватчан – сбалансированное использование бентоса и насекомых.

Довольно стабильные показатели накормленности (ИНЖ 53–60 ‰) и низкая доля пустых желудков (1,3–4,8 %) подтверждают успешность пищевой стратегии хариуса в исследованных озёрах, направленной на преимущественное потребление наиболее многочисленных и крупных объектов, доступность которых меняется по сезонам.

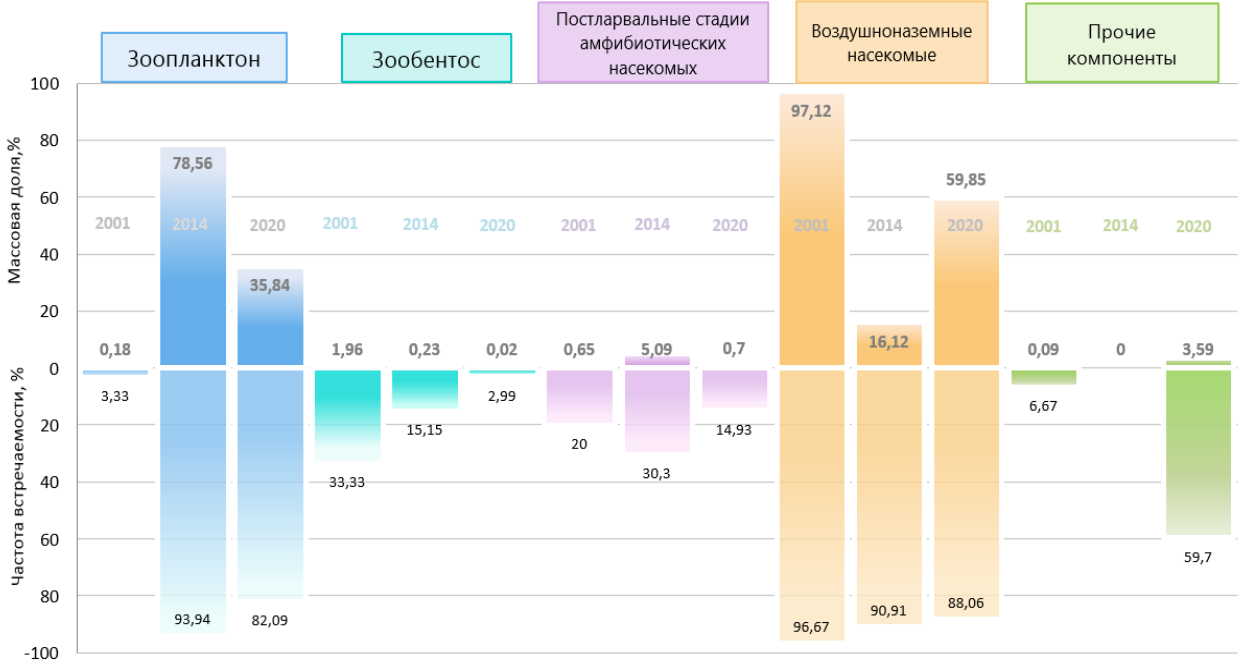


Рис. Характеристика питания байкалоленского хариуса из оз. Каларский Даватчан в период открытой воды в 2001, 2014 и 2020 гг.

В целом байкалоленский хариус выступает как типичный эврифаг, успешно адаптирующийся к изменчивым условиям и эффективно использующий автохтонные и аллохтонные ресурсы, что обеспечивает устойчивость популяций и высокий нагульный потенциал в летне-осенний период.

Научный руководитель канд. биол. наук В. П. Самусенок

УДК 631.472.6(571)

ЖЕЛЕЗО В ПОЧВАХ ПОДТАЕЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ ИРКУТСКО-ЧЕРЕМХОВСКОЙ РАВНИНЫ

С. С. Быковская, А. А. Козлова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
lana.bykovskaya.04@list.ru

Iron oxidogenesis in soils is assessed as a widespread natural landscape-pedochemical process of inheritance, formation, accumulation, and transformation of iron oxides and hydroxides, both in newly formed soils and in the fine earth of soils. The aim of this study was to establish patterns of content and ratio of iron forms as a diagnostic, pedomorphic element in the soils of the subtaiga of the Irkutsk-Cheremkhovo plain.

Оксидогенез железа в почвах представляет собой элементарный почвенный процесс, распространенный в различных почвенно-климатических условиях, особенно в гумидных регионах, является диагностическим показателем генезиса и эволюции, современного состояния и антропогенной трансформации почв. Являясь педоморфным элементом, он проявляется как основной компонент цветовой гаммы почвенных горизонтов профиля [1–3]. Основными его источником в почвах являются почвообразующие горные породы.

Скопления железа в почвах могут быть как реликтовыми, так и современными, железо в них представлено наибольшим количеством минералов, а также свободными окисными и закисными соединениями различных степеней окристаллизованности и растворимости. С накоплением или элювиированием свободного железа связано проявление ряда элементарных почвообразовательных процессов, контролируемых соотношением и распределением его свободных форм [3].

Одной из важных для генезиса почв особенностей железа является его способность менять валентность. Присутствие железа в почвах в виде Fe^{3+} и Fe^{2+} обусловливается почвенными режимами. В аэробных условиях оно трехвалентно (Fe_2O_3 – окисел, практически нерастворимый в почвенных водах), а в анаэробных – двухвалентно (FeO – наиболее растворим и подвижен) [1].

Наиболее удачная схемы разделения соединений железа принадлежит С. В. Зонну [3], который разделил валовое железо на две группы соединений: 1) силикатное, входящего в состав кристаллических решеток первичных и вторичных минералов; 2) несиликатное, или свободное, не находящегося в кристаллической решетке почвенных минералов. Оно представляет собой группу окисных, гидроокисных и закисных соединений, как в различной степени окристаллизованных, так и аморфных, включающих железоорганические, обменные и водорастворимые соединения. Выделение двух групп соединений железа (силикатного и несиликатного) – характеризует степень выветренности почвенной массы, а их соотношения отражают характер или тип выветривания – почвообразования.

По соотношению силикатного и несиликатного железа С. В. Зонн [там же] предложил характеризовать почвы, на их принадлежность к одной из трех групп: 1) ферраллитных – с содержанием несиликатного железа до 72-88 %, с минимальными резервами железа в силикатах. В ферралитных почвах количество несиликатного железа может снизиться до 56 % при большом накоплении алюминия; 2) феррсиалитные – с содержанием силикатного железа от 22 до 63 %, несиликатного от 32 до 50–79 %; 3) сиаллитные – с содержанием силикатного железа 54-83 %, а несиликатного 17-46 %.

Свободные соединения железа (несиликатное железо, $Fe_{нс}$) С. В. Зонн [Там же] (разделил на три формы соединений: 1) окристаллизованные ($Fe_{окр}$): (сильно- и слабоокристаллизованные); 2) аморфные ($Fe_{а}$) (связанные с гумусом ($Fe_{орг}$) и не связанные с гумусом ($Fe_{мин}$) (железистые)); 3) подвижные соединения: (обменные и водорастворимые (ионные)).

Методы определения различных форм железа: валовое железа определяли рентгенфлуоресцентным методом (РФА); несиликатное (свободное) – методом Мера-Джексона; аморфное – методом Тамма; по разности между железом по Меру-Джексону и Тамму находят окристаллизованное; связанное с органическим веществом – методом Баскомба; по разности между железом по Тамму и по Баскомбу находят минеральное подвижное железо [4].

В исследуемых почвах подтайги (дерново-подзолистой, буроземе оподзоленном, буроземе тёмном остаточно-карбонатном) Иркутско-Черемховской равнины отсутствует ярко выраженная дифференциация валового железа по профилю, что указывает на заторможенность процессов выветривания минералов и оподзоливания. В основном валовые его формы представлены силикатным железом, содержание которого составляет примерно 70–80 % (табл.).

Таблица

Содержание различных форм железа в почвах подтаежных ландшафтов Иркутско-Черемховской равнины

Номер разреза. Название почвы	Горизонт, глубина, см	$Fe_{вал}$, %	от $Fe_{вал}$, в %				
			$Fe_{пс}$	$Fe_{окр}$	$Fe_{а}$	$Fe_{орг.}$	$Fe_{мин.}$
Дерново-подзолистая почва	AY 0-5	4,08	25	9	16	6	10
	EL 5-15	3,82	32	14	18	3	15
	BEL 15-54	3,87	28	12	16	1	15
	BT 54-75	3,78	19	6	13	1	12
	C 75-100	3,51	15	3	12	0	12
Бурозем оподзоленный	AYe 0-15	4,38	23	18	5	4	1
	BM 15-94	5,10	19	16	3	2	1
	C 94-120	5,32	19	17	2	1	1
Бурозем тёмный остаточно-карбонатный	AUca 0-38	4,25	29	24	5	2	3
	BMca 38-77	3,13	28	25	3	2	1
	Cca 77-130	2,77	35	32	3	2	1

Показатели несиликатных форм варьируют в более широких пределах, особенно в верхней части профиля, что указывает на более высокую активность протекающих здесь процессов выветривания и почвообразования. Повышенное его содержание в средней и нижней части профиля буроземов (оподзоленного и тёмного остаточно-карбонатного) говорит о реликтовости процессов выветривания, так как в настоящее время в связи с суровостью климата эти процессы заторможены. Среди несиликатных форм в дерново-подзолистой почве преобладает аморфное железо, чему способствует слабокислая реакция среды, повышенная влажность и содержание гумуса (судя по значениям $Fe_{орг.}$). В буроземах доминирует окристаллизованная форма, что указывает на более сухие условия их формирования, по сравнению с дерново-подзолистой почвой. Это лишает гидроксидов железа воды, они переходят в оксиды, а затем идет образование вторичных минералов железа. Низкое содержание оксалатнорастворимого железа, что указывает на преимущественное нахождение несиликатного железа в окристаллизованном состоянии. Красный цвет бурозема тёмного остаточно-карбонатного обусловлен вторичным минералом – оксидом железа, а именно гематитом (αFe_2O_3), содержание которого было высоким и практически не изменялось по профилю [2]. Дерново-подзолистая почва из аморфных форм обогащена минеральными коллоидами ($Fe_{мин.}$), а в буроземах преобладают органические, хотя в целом, аморфных форм в них значительно меньше, чем в дерново-подзолистой почве.

Список литературы

1. Водяницкий Ю. Н. Химия и минералогия почвенного железа. М. : Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева РАСХН, – 2003. 238 с.

2. Горячкин С. В., Лессовая С. Н., Конюшков Д. Е. Почвы на карбонатных породах Прибайкалья: педоклиматогенная специфика химико-минералогических свойств и генезиса // Генеза, географія та екологія ґрунтів. Львів, 2008. С. 205-213.

3. Зонн С. В. Железо в почвах. М. : Наука, 1982. 207 с.

4. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.

УДК 575

ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ У РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ

М. А. Васильев, Ю. С. Букин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
vasiliev_mikhail@internet.ru

This study investigates the population diversity of the family Daphniidae in order to elucidate the scenarios underlying the formation of genetic polymorphism. The applicability and resolving power of mitochondrial molecular marker cytochrome c oxidase are examined.

Для детекции различных вредных воздействий используются непосредственные наблюдения за природными популяциями. Исследования долгосрочных процессов затруднены. Для решения этой проблемы можно использовать современные методы генетики популяции, которые позволяют получать различную экологическую информацию о структуре и динамике популяции. Для анализа может быть использован ряд маркеров, характеризующиеся различной скоростью накопления замен.

Цель – провести количественную оценку различных показателей генетического разнообразия и определить популяционные механизмы его формирования для различных исследуемых видов Надотряда Cladocera семейства Daphniidae. С использованием митохондриального генетического маркера фрагмента первой субъединицы цитохром с оксидазы (COI) из базы данных GenBank.

Из базы данных GenBank была извлечена информация по следующим видам: *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia cornuta*, *C.* cf., *Simocephalus vetulus*, *C.* sp., *S.* sp., *S. mixtus*, *S. expinosus*, *S. sibiricus*.

Результаты оценки популяционного разнообразия представлены в таблице.

При популяционном анализе рассчитывались параметры количества гаплотипов, $\theta\pi$, θs, рассчитывалась статистика Tajima`s D и R2 тестов. Анализ проводился в пакете Pegas для языка R [1].

Эволюционный возраст популяций оценивался с помощью Байесовского метода в пакете программ Beast2 [2].

Таблица

Результаты теста на нейтральность

Идентификатор вида	Количество последовательностей	Количество гаплотипов	Возраст популяции в млн лет	θs	θπ	Tajima D test		R2 tests		Эволюционный сценарий
						D-value	p-value(beta)	stat	p-value	
Ceriodaphnia cornuta	158	67	0,86	11,53	12,75	–1,86	0,036	0,033	0,00	Резкое изменение эффективного размера популяции
Simocephalus mixtus	9	8	0,59	5,52	10,49	–1,35	0,18	0,19	0,95	Нейтральный сценарий
Ceriodaphnia sp.	5	5	-	1,92	3,94	–1,78	0,00	0,14	0,27	Движущий отбор
Ceriodaphnia cf.	55	26	1,58	10,054	11,85	–1,16	0,25	0,050	0,01	Нейтральный сценарий
Daphnia magna	189	164	0,70	27,34	13,082	–2,47	0,00	0,009	0,00	Резкое изменение эффективного размера популяции
Simocephalus cf.	7	6	3,29	4,082	7,39	–1,61	0,049	0,15	0,48	Движущий отбор
Simocephalus punctatus	42	24	0,45	6,74	11,33	–1,66	0,079	0,053	0,01	Нейтральный сценарий
Ceriodaphnia cf.	7	6	112,80	3,67	7,53	–0,97	0,40	0,13	0,29	Нейтральный сценарий
Simocephalus vetulus	17	10	0,27	5,029	5,32	–2,27	0,00	0,085	0,05	Резкое изменение эффективного размера популяции
Simocephalus vetulus	44	42	0,49	9,43	8,010	–2,018	0,022	0,028	0,00	Резкое изменение эффективного размера популяции
Ceriodaphnia sp.	9	7	2,22	4,42	1,20	–2,80	0,00	0,23	0,95	Движущий отбор
Ceriodaphnia sp.	5	4	-	1,92	2,56	–2,12	0,00	0,20	0,69	Движущий отбор
Daphnia magna	58	42	0,68	13,61	21,17	–1,69	0,071	0,039	0,00	Нейтральный сценарий
Simocephalus sp.	6	2	0,03	0,44	0,78	–0,93	0,45	0,37	0,90	Нейтральный сценарий
Simocephalus sp.	10	5	0,03	1,060	0,00	–2,84	0,00			Движущий отбор/резкое изменение
Simocephalus exspinosus	7	5	0,21	2,86	5,26	–1,035	0,36	0,13	0,32	Нейтральный сценарий
Simocephalus vetulus	12	9	0,21	4,64	5,95	–1,952	0,02	0,07	0,01	Резкое изменение эффективного размера популяции
Ceriodaphnia sp.	5	5	-	2,40	5,16	–0,56	0,77	0,16	0,48	Нейтральный сценарий
Simocephalus sibiricus	6	1	-	0,00	0,00	–		–		–

Результаты анализа показали, что для 8 исследуемых видов характерен нейтральный сценарий эволюции, у 5 видов наблюдалось резкое изменение эффективной численности популяции, для 4 видов было установлено наличие движущего отбора, для одного из видов показано формирование генетического разнообразия под действием движущего отбора либо под действием изменения численности популяции.

Разрешающая способность этого маркера позволяет исследовать события, которые развивались от нескольких тысяч до миллионов лет назад. Это позволяет детектировать влияния глобальных изменений среды и климата на популяции природных организмов.

Список литературы

1. Paradis E. pegas: an R package for population genetics with an integrated–modular approach // Bioinformatics. 2010. Vol. 26, N 3. P. 419–420.

2. BEAST 2. 5: An advanced software platform for Bayesian evolutionary analysis / R. Bouckaert [et al.] // PLoS computational biology. 2019. Vol. 15, N 4. P. e1006650.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. Ю. С. Букин.

УДК 615 9:616-057.36:576

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ТОРФЯНОГО ДЫМА В ИССЛЕДОВАНИЯХ IN VITRO

П. О. Васюхина, В. А. Абрамова

Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, г. Ангарск, Россия
vasyuhina.polina@yandex.ru

The aim of this study is to evaluate the cytotoxic effect of peat smoke extract (PSE) on fibroblast culture and to determine the minimum mean inhibitory concentration of PSE in terms of cell viability.

Целью данного исследования являлось оценить цитотоксическое действие экстракта торфяного дыма (ЭТД) на культуре фибробластов и определить минимальную среднюю ингибирующую концентрацию ЭТД по показателю жизнеспособности клеток.

С помощью ранее разработанного устройства для моделирования интоксикации продуктами горения биомассы мы получали торфяной дым, который барботировали в культуральной среде. У полученного экстракта pH доводили до pH культуральной среды. В эксперименте мы оценивали цитотоксичность цельного ЭТД, содержащего как твёрдые частицы, так и водорастворимые соединения. Этот экстракт был определён как 100% и применялся в различных процентных концентрациях: 12,5; 25; 37,5; 50;

62,5; 75; 87,5 и 100 %. Полученный раствор был разделён на аликвоты и хранился при температуре минус 70 °С до использования.

Исследование токсичности водорастворимого ЭТД в различных разведениях проводилось in vitro на эмбриональных фибробластах мыши линии 3T3-SV40. Данная линия клеток является релевантной моделью для изучения отдаленных цитотоксических последствий.

При световой микроскопии планшета с фибробластами нами наблюдались морфологические изменения культуры. В контроле сформировался плотный монослой клеток вытянутой формы, плотно прилегающих друг к другу. При действии ЭТД в концентрации до 25 % заметные признаки деструкции отсутствуют. При добавлении ЭТД в концентрациях от 37,5% нарушается целостность монослоя, появляются фибробласты с признаками дистрофии, зернистостью цитоплазмы, а также отдельные фрагментированные фибробласты, определяются зоны деструкции и лизиса клеток.

МТТ-тест показал, что ЭТД в концентрации 12,5 % вызывает наименьшее ингибирование жизнеспособности клеток (18 %). В концентрациях, превышающих 75 %, жизнеспособность снижалась на 70 % и более. По данным оптической плотности была рассчитана IC50 ЭТД, вызывающая торможение роста клеток на 50 %. При расчёте IC50 ЭТД составила 53,6 % от начальной концентрации ($y = –0,896x + 98,356$). При этом ни одна из концентраций не вызывала увеличения оптической плотности относительно контроля, что свидетельствует о торможении деления клеток и последующей их гибели при более высоких концентрациях.

Результаты ЛДГ-теста показали, что концентрация ЭТД выше 62,5 % вызывает значительный выход ЛДГ из клеток, концентрация данного фермента в культуральной среде при этом составляла 189–264 ед/л. Таким образом, можно утверждать, что при воздействии высоких концентраций ЭТД (62,5 % и выше) происходит разрушение мембран и лизис большинства клеток монослоя. Значение IC50 ЭТД по результатам ЛДГ-теста составило 57,7 % ($y = –1,1213 + 113,73$).

Данное исследование позволяет комплексно охарактеризовать цитотоксический ответ клеток линии 3T3-SV40 на воздействие ЭТД, с помощью комбинированного применения МТТ-теста, анализа высвобождения ЛДГ и морфологической оценки клеток. Установлено, что исследуемый экстракт в первую очередь вызывает снижение метаболической активности клеток (более низкое значение IC50 по данным МТТ-теста), а при более высоких концентрациях приводит к повреждению клеточных мембран и лизису (по данным ЛДГ-теста и морфологическим изменениям). Полученные значения IC50 (53,6 и 57,7%) дают первичную количественную оценку токсичности экстракта для данной клеточной модели.

УДК 504.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЯЗИ ЧИСЛЕННОСТИ РЫБ В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ С ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ЗАТРАТАМИ НА ВЫЛОВ

В. И. Зоркальцев, А. В. Горбачев

Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Россия
gorbachevAndrey0202@yandex.ru

A mathematical model of the dynamics of fish numbers in Lake Baikal is considering, including variables that reflect biological and anthropogenic factors affecting the numbers of Baikal omul.

В докладе излагается методика оценки динамики численности рыб в оз. Байкал посредством математического моделирования. Помимо влияния биологических факторов таких как рождаемость, смертность от хищников, предлагается учесть антропогенный фактор. Далее опишем кратко параметры математической модели, связанные с биологическим и антропогенным факторами. [1]

Численность омуля в году $t + 1$ определяется как численность предыдущего года с добавлением прироста за год D_t:

$$Q_{t+1} = Q_t + D_t. \quad (1)$$

Годовой прирост численности омуля D_t может быть, как положительной, так и отрицательной величиной. Этот прирост задается выражением:

$$D_t = h\, Q_{t-s} - f(Q_t) - R_t, \quad (2)$$

где h – заданный положительный коэффициент,

$$f(Q_t) = gQ_t + c(Q_t)^2, \quad (3)$$

при заданных положительных коэффициентах g, c.

Первая составляющая в правой части (2) представляет численность сеголеток омуля в году t, которое определяется пропорционально количеству половозрелых к этому времени особей, которое принимается пропорциональным численности омуля s лет назад. Здесь s – период созревания до половозрелого возраста сеголеток. Вторая составляющая в правой части (2), определяемая функцией (3), представляет естественную смертность омуля. Она задаётся в виде квадратичной функции (3). Третья составляющая – объем вылова омуля в году t.

Вылов омуля зависит от рыночного спроса на рыбу. Предлагаемая математическая модель описывает связь между затратами и предельными издержками на рыбный промысел с динамикой вылова и численности байкальского омуля. Также вводится один из управляемых параметров – цена на рынке байкальского омуля, формируемая на основе соотношений спроса и предложения.

Ниже представлена функция двух переменных представляющая зависимость полных затрат от количества выловленной рыбы и количества рыбы в озере.

$$C\,(Q,\,R) = VC\,(Q,\,R) + FC \quad , (4)$$

здесь Q – количество рыбы в озере на начало данного года, R – количество выловленной рыбы в данном году.

Будем считать, что функция переменных затрат является произведением двух функций $G(R)$ и $L(Q)$:

$$VC\,(Q,\,R) = G(R)\,L(Q), \quad (5)$$

Здесь функция $G(R)$ отражает влияние количества вылавливаемой рыбы в озере на переменные затраты. Будем рассматривать данную функцию в следующем виде:

$$G(R) = K + 0{,}5\,BR2, \quad (6)$$

где K и B заданные положительные коэффициенты.

Функция $L(Q)$ отражает влияние количества существующей рыбы в озере на переменные затраты. Данная функция используется в рассматриваемой здесь модели в виде линейной функции:

$$L(Q) = S - AQ, \quad (7)$$

где S и A – заданные положительные коэффициенты.

Обозначим MC (marginal cost) – предельные издержки на вылов рыбы. Они определяются как производная переменных затрат, являющейся также и производной полных затрат, от объемов вылавливаемой рыбы:

$$MC\,(Q,\,R) = L(Q)\,BR, \quad (8)$$

В разрабатываемой математической модели, объемы вылавливаемой в данном году рыбы должны быть такими, чтобы предельные издержки не превышали цену рыбы. То есть должно выполняться неравенство:

$$MC \leq P, \quad (9)$$

где P – цена рыбы на рынке.

Если это условие выполняется в строгой форме, то объем вылавливаемой рыбы должен увеличиваться. Если указанное неравенство не выполняется, придельные издержки превысили цену, то часть вылова рыбы становится невыгодной и объёмы вылова должны сокращаться.

В рассматриваемом здесь варианте модели цена P используется как управляемый параметр. Используя данный параметр, можно оценивать экономически целесообразные объемы отлова. В свою очередь эти объемы отлова будут сказываться на формирование объемов количества рыбы в оз. Байкал. А это, как отмечалось, приведет к изменениям предельных издержек на вылов рыбы.

Тогда из (5)–(8) получаем следующее выражение объема вылова в году t от цены омуля и объема омуля в Байкале:

$$R_t = P/BL(Q_t). \quad (10)$$

Выражение (10) имеет вполне понятную интерпретацию. Согласно этому выражению объем вылова омуля возрастает с ростом цены на него. Объем вылова возрастает также при увеличении массы омуля в Байкале, поскольку функция $L(Q_t)$ убывающая.

Список литературы

1. Математическое моделирование оценки численности байкальского омуля в системе социально-экономических и правовых аспектов экологической правонарушаемости / А. П. Суходолов, А. П. Федотов, М. М. Макаров [и др.] // Всероссийский криминологический журнал. 2019. Т. 13, № 5. С. 757–771. DOI: 10. 17150/2500-4255.2019.13(5).757-771

УДК 595.421+591.5+616 9

НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ АКТИВНОСТИ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ КАК ПЕРЕНОСЧИКОВ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ ПРИБАЙКАЛЬЯ

В. А. Забродин

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

In the recreational areas of the Baikal region, the activity of ixodid ticks is determined by a combination of climatic (temperature, humidity), landscape-biotopic, altitudinal-zonal, and anthropogenic factors, which leads to a high risk of tick-borne encephalitis and Lyme disease for the population. The approach, based on the integration of spatiotemporal, meteorological, and terrain data, improves the accuracy of assessing the risk of human contact with infection vectors and can be used to enhance monitoring and prevention systems for natural-focal diseases.

Для рекреационных территорий Прибайкалья проблема укусов иксодовых клещей имеет особую значимость вследствие высокой антропогенной нагрузки и разнообразия природно-климатических условий. Активность клещей напрямую определяет риск заражения человека возбудителями клещевого энцефалита, болезни Лайма и других инфекций, что делает изучение данной проблематики критически важным для сохранения здоровья населения [1,3].

Понимание факторов, влияющих на активность клещей, требует комплексного анализа экологических условий, определяющих динамику численности и поведения переносчиков. Среди ключевых факторов, влияющих на активность иксодовых клещей, особое значение имеют климатиче-

ские и микроклиматические условия. Установлено, что активность клещей зависит от температуры воздуха (нижний порог составляет около +5 °C, оптимальное значение – +20 °C) и относительной влажности (не ниже 65–70%) [2]. При этом величина среднесуточных температур определяет сроки начала и окончания сезона активности [5].

Существенную роль играет продолжительность таяния снега, ведь раннее наступление весны способствует более раннему выходу клещей из диапаузы. Важным фактором является также ландшафтно-биотопическая структура территории. В условиях Прибайкалья основные местообитания приурочены к темнохвойным и смешанным лесам, в частности к кедровым и пихтовым массивам, а также к пойменным участкам рек.

Высотная зональность формирует градиент микроклиматических условий, что проявляется в различиях численности и фенологии клещей. Рельеф местности (экспозиция склонов, крутизна) дополнительно влияет на локальную активность популяций. Биотические факторы, прежде всего численность и динамика популяций мелких млекопитающих (грызуны, землеройки), определяют условия питания и развития преимагинальных стадий клещей. В свою очередь, плотность популяций крупных млекопитающих влияет на численность взрослых особей.

Антропогенная нагрузка в рекреационных зонах также оказывает значительное влияние на распределение клещей. Изменение структуры подстилки, уплотнение почвы и трансформация растительного покрова могут как снижать численность клещей в зонах интенсивного отдыха, так и повышать вероятность контакта человека с переносчиками на границе лесных и открытых пространств. Особое значение имеют локальные микроизменения абиотических условий вблизи туристических маршрутов, стоянок и баз отдыха.

Пространственно-временная изменчивость активности клещей видоспецифична. Наличие двух пиков (весеннего и летне-осеннего) с доминированием весеннего характерно не для всех видов и климатических зон. В разных высотных поясах сроки активности могут смещаться на 10–20 дней. Экологический оптимум каждого вида свой, поэтому предпочтение затенённых влажных участков перед открытыми сухими не является универсальным.

Экологический подход основан на анализе активности иксодовых клещей посредством интеграции пространственно-временных и климатических данных. Использование сведений о метеорологических параметрах и характеристиках рельефа позволяет формировать комплексное представление о факторах, влияющих на распространение клещей в рекреационных зонах Прибайкалья.

При проведении оценки влияния природных условий на динамику активности клещей с учётом их сезонной и пространственной изменчивости,

особое внимание уделяется ключевым экологическим факторам, включая температурные режимы, сезонную динамику снежного покрова и высотную зональность. Дополнительно учитываются антропогенные воздействия, в частности рекреационная нагрузка на исследуемые территории.

Рассмотренный стандартный эколого-эпидемиологический мониторинг клещевых инфекций перспективно развить путём дополнения его методами и алгоритмами машинного обучения при разработке усовершенствованных систем мониторинга. Такая интеграция позволит учитывать нелинейные зависимости между факторами среды и активностью переносчиков, повысить точность оценки риска контакта человека с возбудителями и создать более эффективные системы профилактики природно-очаговых заболеваний [4].

Список литературы

1. Васильченко В. И., Мирзоева Р. Ш. Современная ситуация по иксодовым клещам в Краснодарском крае // Здоровье нации в XXI веке. 2022. № 3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennaya-situatsiya-po-iksodovym-klescham-krasnodarskom-krae (дата обращения: 06.04.2026).

2. Волчев Е. Г., Зотов С. И. Влияние антропогенных факторов на активность клещей семейства Ixodidae: история исследований в России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2024. № 2. С. 68–84.

3. Лагунова Е. К., Хаснатинов М. А., Данчинова Г. А. Характеристика клещевых инфекций в малоизученных районах Забайкальского края // Acta biomedica scientifica. 2023. Т. 8, № 6. С. 130–140. DOI: 10. 29413/ABS. 2023-8. 6.12

4. Мищенко В. А., Кшнясев И. А., Давыдова Ю. А., Вялых И. В. Обоснование статистической модели для описания и прогноза рисков населения подвергнуться атакам иксодовых клещей // Анализ риска здоровью. 2022. № 3. DOI: 10. 21668/health. risk/2022. 3.11.

5. Bugmyrin S. V., Bespyatova L. A. Seasonal Activity of Adult Ticks Ixodes persulcatus (Acari, Ixodidae) in the North-West of the Distribution Area // Animals. 2023. Vol. 13. 3834. DOI: https://doi. org/10. 3390/ani13243834.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. кафедры алгебраических и информационных систем ИМИТ ИГУ А. В. Аталян

УДК 579.63

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ЛИТОРАЛИ ОЗЕРА БАЙКАЛ В РАЙОНЕ ПОС. ЛИСТВЯНКА ПО САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

К. В. Загарий[1,2], Ю. Р. Захарова[2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
zagarij02@mail.ru

The littoral zone of Lake Baikal near Listvyanka experiences high anthropogenic pressure throughout the year due to intensive tourism, shipping, and wastewater discharges from residential areas and hotel complexes. Therefore, sanitary and microbiological water quality analysis is essential for monitoring the lake's ecological state.

Отбор проб поверхностной воды осуществляли согласно ГОСТ 31942-2012 [2] на шести станциях прибрежной зоны пос. Листвянка один раз в месяц с августа 2025 г. по март 2026 г. Станции отбора проб: 1 – контрольная, отдаленная от туристической деятельности; ст. 5, 6 – места рекреации; ст. 2, 3, 4 – места стоянки кораблей. Все станции находились на расстоянии 5 м от береговой линии озера, кроме ст. 3, которая была на расстоянии 45 м от берега (рис.). Всего отобрано и проанализировано 38 проб.

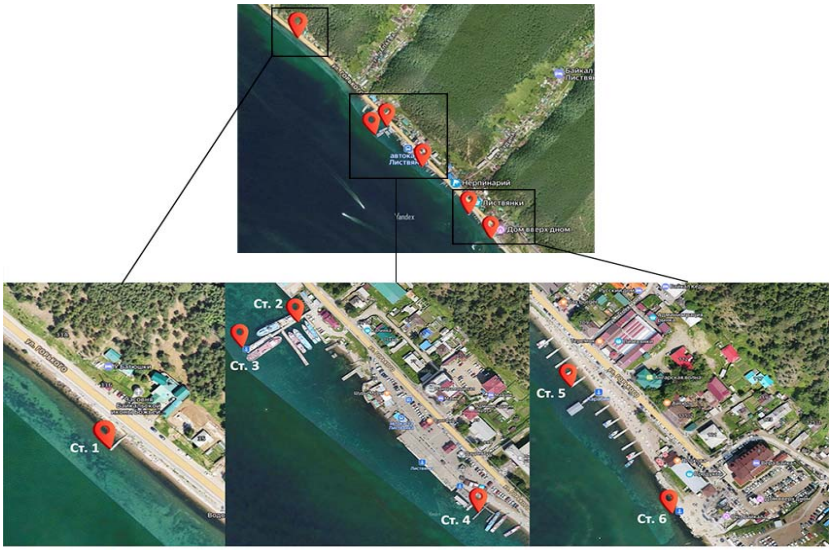


Рис. Станции отбора проб в районе пос. Листвянка (https://yandex.ru/maps)

Анализ и интерпретацию результатов проводили согласно МУК 4.2.1884-04, ГОСТ 24849-2014 и СанПиН 1.2.3685-21 [1; 3; 4]. Для определения численности автохтонной микрофлоры, естественной для данного водоема (ОМЧ 22 °С), использовали рыбо-пептонный агар, разбавленный в 10 раз. Посевы инкубировали при 22 °С в течение 7 сут. Численность аллохтонной микрофлоры, привнесенной в водоем в результате антропогенного загрязнения (ОМЧ 37 °С), подсчитывали на рыбо-пептонном агаре после инкубации при 37±1 °С в течение 24 ч. Обобщенные колиформные бактерии (ОКБ) определяли методом мембранной фильтрации на дифференциально-диагностической среде Эндо. Типичные лактозоположительные колонии учитывали при ферментации лактозы до кислоты и газа при 37±1°С от 4–6 до 21±3 ч. А для учёта атипичных лактозаотрицательных колоний учитывали ферментацию глюкозы до кислоты и газа при тех же условиях. Для подтверждения принадлежности к *E. coli* лактозоположительные колонии пересевали на лактозный бульон с борной кислотой до помутнения и газообразования при 44±0,5 °С. Бактерии рода энтерококков (*Enterococcus*) определяли методом мембранной фильтрации на агаризованной азидной среде Энтерококкагар при 37±1 °С в течение 48 ч.

По результатам оценки качества воды в летне-зимний период на шести станциях обобщенные колиформные бактерии превышали нормативы СанПиН только на ст. 2. В сентябре количество бактерий составило 537 КОЕ/100 см^3, и было выше нормируемого (500 КОЕ/100 см^3), а в октябре их число увеличилось до 1910 КОЕ/100 см^3, что превышало норматив в 3,8 раза. Энтерококки (ЭК) превышали нормируемый показатель (до 10 КОЕ/100 см^3) в 40 % анализируемых проб. Около 60-70 % несоответствующих проб выявлено на станциях 2, 3 и 5, а на станциях 4 и 6 было не более 30 %. Только на одной ст. 1 показатели ОКБ были в норме за весь период с августа по март. Максимальную численность ЭК детектировали в августе на ст. 4 – 542 КОЕ/100 см^3, что превысило норматив в 54 раза и на ст. 3 в сентябре – 538 КОЕ/100 см^3 в 53,8 раза. В октябре, январе и марте превышение нормируемого показателя ЭК зафиксировано только на ст. 2. Численность *E. coli* была выше нормируемого показателя (не более 100 КОЕ/100 см^3) только в сентябре на ст. 2 – 466 КОЕ/100 см^3 и на ст. 6 – 110 КОЕ/100 см^3, в остальные месяцы количество было в пределах. Среднее максимальное значение автохтонных микроорганизмов в период исследования было 477 КОЕ/мл в ноябре, а минимальное 16 КОЕ/мл в январе. Максимальная численность аллохтонной микрофлоры (ОМЧ 37°С), привнесенной в водоем, была определена также в ноябре – 52 КОЕ/мл (на ст. 2), а в январе не были обнаружены. Коэффициент самоочищения на всех станциях был выше 4, что указывает на хороший естественный потенциал самоочищения озера.

Таким образом, в результате проведенных исследований прибрежной воды Байкала в местах активной туристической деятельности выявлено превышение нормируемых санитарно-микробиологических показателей в период с августа 2025 по март 2026 г. Набольшее снижение качества воды наблюдали в местах стоянки кораблей в осенний период. На контрольной станции, отдаленной от загрязняющих факторов, качество воды за весь период исследования соответствовало нормируемым показателям и отнесено к чистым водам.

Список литературы

1. ГОСТ 24849-2014. Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий. М. : Стандартинформ, 2015.

2. ГОСТ 31942-2012. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. М. : Стандартинформ, 2013.

3. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685-21. М. : Минздрав России, 2021.

4. Методические указания «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов»: МУК 4.2.1884-04. М. : Минздрав России, 2004.

УДК 597.553.2:591.13(571.5)

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ АРКТИЧЕСКОГО ГОЛЬЦА В ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЕРАХ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Е. А. Ильюк

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

Based on specific examples, the impact of transport highways newly constructed in areas of mineral mining on the state of Arctic char populations from small mountain lakes in Northern Transbaikalia are discussed.

Целью работы является анализ последствий влияния транспортных магистралей, сооружаемых в зонах влияния ресурсодобывающих предприятий, на состояние популяций арктического гольца *Salvelinus alpinus*. Эти популяции населяют горные озёра Токко, Лёша и Усу на водоразделе в верховьях бассейнов притоков Олёкмы – Лены на стыке границ трёх регионов: Забайкальского края, Республики Саха (Якутия) и Амурской области.

В водоёмах вид представлен в наиболее широком для забайкальской части ареала популяционном богатстве: в них обитают или ранее обитали три сосуществующие экологические формы арктического гольца – крупная, мелкая и карликовая. Забайкальские популяции были включены в

Красную Книгу РФ изданий 1983 и 2001 гг., в редакции 2021 г. статус охраняемых сохранили десять забайкальских популяций, в том числе из озёр Токко и Усу.

В 2007 г. площади в Олёкминском районе Якутии в верховьях притока Чары – Олёкмы р. Токко, на которых разведаны запасы золотоносных руд, приобрела компания Nordgold. Сегодня разрабатываемые компанией три золоторудных месторождения с горно-обогатительным комбинатом образуют крупный золотодобывающий кластер «Гросс». Снабжение кластера целиком осуществляется по круглогодичной автодороге, проложенной от бамовского разъезда Олондо на 120 км вверх по долине р. Олондо до истока и далее вниз по долинам Токко и её притоков. От баз снабжения в поселках Икабья и Новая Чара до разъезда ещё 100 км составляет притрассовая автодорога вдоль линии БАМ.

Сооружение дороги повлекло за собой ряд последствий, которые негативно отразились на состоянии живого мира россыпи приводораздельных озёр, располагающихся в сквозной долине Олондо – Токко. Анализ данных, накопленных за три десятилетия (1995–2024 гг.) регулярных наблюдений, показал, что состояние популяций и жизненные характеристики рыб, обитающих (или обитавших) в этих озёрах, претерпели явные изменения в промежутке между 1997–2001 гг. (годы до прокладки дороги) и 2003 г. по настоящее время (период её активной эксплуатации).

В оз. Токко ещё недавно обитали три сосуществующие экологические формы арктического гольца – крупная, мелкая и карликовая.

Исчезнувшая ныне крупная форма была представлена рыбами длиной 43–57 см и массой до полутора килограммов. Эти гольцы имели высокую скорость роста и возраст 12–18 лет. Очевидно, ранее крупные выщеплялись из мелкой формы, ныне же в озере отсутствуют те старшие возрастные группы, в которых ранее отмечались особи крупной формы, т. е. гольцы вообще не доживают до возраста, в котором могли происходить такие трансформации.

В 1997–2001 гг. 37 % мелких гольцов имели возраст 10–17 лет и были представлены старыми рыбами. В уловах 2013–2019 гг. старые рыбы практически отсутствовали, а возраст не превышал 8 лет.

Рост карликовых гольцов в 1997–2001 гг. останавливался после 6 лет, 10–14-летние рыбы были довольно многочисленны (33 %). В 2013–2019 гг. рост карликов продолжался в более старшем возрасте, максимальный возраст снизился на два года, а старые особи (10–12 лет) стали встречаться исключительно редко (0,4 %).

Уровень репродуктивной изоляции между формами ранее оценивался как значительный. Сроки нереста крупных и мелких приходились на позднюю осень, примерно на три месяца позже, чем карликовой формы. В последние десятилетия возросла доля мелких гольцов, нерестящихся летом,

как и самцов карликовой формы, созревающих в ноябре в период нереста мелкой формы. Очевидно, ослабление репродуктивных барьеров и усиление темпов гибридизации между мелкими и карликовыми гольцами являются результатами резкого изменения общей численности форм под прессом антропогенного воздействия.

Гольцы крупной формы были специализированными хищниками, после их исчезновения освободившуюся нишу ихтиофага заняла мелкая форма. Гольцы карликовой формы ранее проявляли специализацию к бентосному типу питания, но вслед за прекращением хищничества со стороны крупной формы, снижением конкуренции со стороны мелкой и увеличением конкуренции внутри самой карликовой формы в питании карликов стал преобладать зоопланктон, а у наиболее крупных особей временами рыба.

В соседнем небольшом оз. Лёша гольцы были представлены единственной формой, отдельные достигавшие крупных размеров особи были выловлены ещё до того, как водоём стал легкодоступен. Автодорога прошла в нескольких десятках метров от него, после чего такая судьба постигла и всю остальную часть популяции: гольцы перестали встречаться в озере после 2013 г.

В самом крупном из трёх водоёмов оз. Усу поблизости от промплощадок Гросс популяция гольца представлена только мелкой формой, изредка встречаются более крупные рыбы. Популяция испытывала влияние вылова ранее, тем не менее на сегодняшний момент именно её состояние следует признать относительно стабильным, поскольку благополучное состояние озера является «зеркалом» ответственной экологической политики компании Nordgold. Промплощадки находятся ниже по течению, что удачно исключает вероятность техногенных загрязнений. Влияние браконьерства также минимизировано: на предприятиях компании действует строгая производственная дисциплина, а «заезжие» браконьеры предпочитают озеро не посещать, хотя, насколько нам известно, никаких ограничений для проезда не существует.

Таким образом, в большинстве озёр, расположенных по пути следования корпоративной магистрали компании, крупные и ценные формы гольца полностью уничтожаются браконьерами или становятся редки из-за доступности озер, образовавшейся в результате строительства автомагистрали. В этой ситуации малоценная карликовая форма достигает высокой численности, поскольку исчезает пресс конкуренции и каннибализма со стороны других форм.

Бóльшая часть описываемых водоемов находится вне зон активной хозяйственной деятельности и в них не произошло каких-либо значительных изменений условий обитания (температура и химизм вод, изменение темпов поступления биогенных веществ и трофического статуса водоёмов, состояние кормовой базы, трофическая структура ихтиоценоза). Основным

негативно влияющим фактором для сообществ удалённых труднодоступных водоёмов региона, остающихся вне зон непосредственного влияния недроразработок, следует признать не техногенный, а несанкционированное изъятие ресурсов, обусловленное возросшими возможностями доступа на территории для лиц, как правило, непосредственно не связанных с деятельностью добывающих предприятий. Чаще всего это жители близлежащих населенных пунктов, предметом интереса которых становятся незаконно добываемые объекты растительного и животного мира, в первую очередь рыбы.

К сожалению, никаких реальных мер охраны природных объектов на территории сегодня не предпринимается. Известна вполне эффективная практика контролируемого ограничения пользования дорогами, сооружаемыми недроразработчиками. Компании имеют возможность надежно контролировать любой некорпоративный транспорт, т. е. перекрыть браконьерам доступ к дорогам. Другой вариант – участие в организации на территориях с ценными природными объектами ООПТ различного статуса и поддержка их работы. Такие объекты уже созданы совсем недалеко: национальный парк «Кодар» в Забайкальском крае охраняет Куандо-Чарские озёра, а граница ресурсного резервата «Чоруода» в Республике Саха вплотную соседствует с участками «Гросса».

Научный руководитель канд. биол. наук В. П. Самусенок

УДК 631.4

РЕМЕДИАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ: МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

А. В. Каминская, С. Л. Куклина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kaminskaya.anyaka@yandex.ru

The thesis examines the problem of contamination of agricultural lands with heavy metals. The role of remediation as a key way to neutralize pollution is substantiated and the most promising economically available in situ methods (phytoreducation, sorbent remediation and their combination) are shown, allowing to restore soil fertility at minimal cost and environmental risks.

Загрязнение земель тяжёлыми металлами (Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Cu, Co) представляет серьёзную угрозу сельскохозяйственному потенциалу России [4]. По данным 2023 г., на землях сельскохозяйственного назначения в Иркутской области выявлено свыше 2 тыс. мест размещения ТБО. Такие свалки не только препятствуют воспроизводству сельскохозяйственной продукции, но и служат источниками загрязнения почв химическими элементами, что ведёт к деградации почв и снижению их плодородия [2]. По результатам комплексной оценки антропогенного загрязнения почв в Иркутской области выявлены загрязнения свинцом, цинком, кобальтом, молибденом, ртутью, сульфатами и фтором [1]. Сельскохозяйственные угодья Иркутской области испытывают серьёзное техногенное воздействие. Основные источники загрязнения – предприятия энергетики (44,1 % выбросов), цветной металлургии (23,7 %), чёрной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, а также транспорт. Среди загрязняющих веществ особую опасность представляют тяжёлые металлы, фтор (от алюминиевых заводов в Братске и Шелехове), полиароматические углеводороды, пестициды и диоксиноподобные соединения. Загрязнение распространяется на десятки километров от источников выбросов и затрагивает пригородные сельскохозяйственные зоны (Иркутский, Ангарский, Усольский, Черемховский районы), где до 12,5 % обследованных земель загрязнены тяжёлыми металлами [3].

Восстановление загрязнённых почв имеет принципиальное значение для обеспечения продовольственной безопасности, сохранения экосистем и здоровья населения. Деградация земель не только сокращает площади, пригодные для сельскохозяйственного использования, но и создаёт риски накопления токсичных элементов в пищевой цепочке через культурные растения. В отечественной практике наблюдаются существенные сложности: отсутствует единый методический подход к оценке загрязнения почв в рамках инженерно-экологических изысканий, имеются противоречия в нормативной базе и неоднозначность критериев оценки состояния почв.

Как следствие, возникают ошибки в классификации степени загрязнения и принимаются необоснованные решения по рекультивации – например, происходит непредусмотренное перекрытие грунтов чистым слоем либо ошибочное снятие загрязнённого слоя как плодородного. Восстановление загрязнённых земель относится к числу приоритетных экологических задач современности, а ремедиация служит научно обоснованным и технологически реализуемым способом её решения.

Под ремедиацией понимается восстановление почв, загрязнённых в результате антропогенной деятельности. В отличие от рекультивации (восстановления деградированных почв) и мелиорации (улучшения используемых почв), ремедиация нацелена именно на нейтрализацию загрязнения. Для собственников земельных участков сельскохозяйственного назначения, зачастую не обладающих значительными материальными средствами и специальными знаниями, приоритетны наименее затратные способы ремедиации *in situ* – без извлечения почвы и использования сложного оборудования. Но не все методы целесообразны к применению для сельскохозяйственных земель. Например, электрокинетическое восстановление – эффективно для глинистых грунтов, но энергозатратно и требует коррекции pH [8]; промывание почвы – требует тщательного подбора реагентов и контроля за фильтратами во избежание подкисления почвы и загрязнения грунтовых вод [5]; а также остекловывание – энергозатратный метод, разрушающий органическую составляющую почвы и потому не подходящий для сельхозугодий [6].

Среди экономически доступных методик, пригодных для самостоятельной реализации землепользователями, можно выделить следующие:

Фитовосстановление – использование растений с особыми физиологическими свойствами для аккумулирования или иммобилизации токсичных соединений. Метод включает несколько механизмов: фитостабилизацию (снижение подвижности и биодоступности токсичных элементов), фитоаккумулирование (поглощение тяжёлых металлов корневой системой и накопление в надземных органах), ризофильтрацию, фиторазложение и фитоиспарение. Для реализации подходят быстрорастущие культуры с высокой биомассой, адаптированные к местным условиям, например, конопля (Cannabis sativa), горец птичий (Polygonum aviculare), томаты (Lycopersicon esculentum), люцерна и масличные культуры (клещевина, горчица сизая, лён масличный). После вегетационного периода биомассу собирают и утилизируют (компостируют или сжигают с последующей изоляцией золы).

Сорбентная ремедиация – внесение природных или модифицированных сорбентов (цеолитов, биоугля, фосфатов, глинистых минералов) для иммобилизации тяжёлых металлов. Эти материалы снижают подвижность загрязнителей, уменьшают их биодоступность и могут одновременно улучшать агрохимические свойства почвы (повышать влагоёмкость, буферность, содержание питательных веществ). Метод прост в примене-

нии: сорбенты равномерно распределяют по поверхности участка и заделывают в верхний слой почвы.

Комбинированный подход – сочетание фитовосстановления с внесением сорбентов или органических добавок (компоста, торфа, навоза). Органические вещества повышают ёмкость катионного обмена почвы, связывают тяжёлые металлы в малоподвижные формы и стимулируют активность почвенной микрофлоры, что усиливает эффективность фитоэкстракции.

Ограничения данных методов связаны с низкой биодоступностью тяжёлых металлов, климатическими и сезонными условиями, глубиной загрязнения, концентрацией токсичных веществ, длительностью процесса и риском вторичного загрязнения. Для повышения результативности применяют комплексный подход, сочетая фитовосстановление с физико-химической обработкой почвы [7].

Таким образом, для восстановления земель сельскохозяйственного назначения, загрязненных тяжелыми металлами эффективно использовать фиторемедиацию, сорбентную ремедиацию и сочетание этих двух методов. Менее пригодны для сельскохозяйственных территорий механические методы с изъятием почвы, физико-химические методы, требующие сложного оборудования и тщательного контроля, термические методы, разрушающие органику почвы и являющиеся чрезмерно энергозатратными, а также микробиологические методы, пока не доведённые до готовых коммерческих решений. Кроме того, при ремедиации необходима тщательная диагностика загрязнения, учёт типа почвы и концентрации тяжёлых металлов, постоянный мониторинг миграции загрязнителей и безопасная утилизация собранной биомассы при использовании фиторемедиации.

Список литературы

1. Головнева Т. И. Комплексная оценка антропогенного загрязнения почв территории Иркутской области и разработка мероприятий по их восстановлению : автореф. дис. … канд. техн. наук : 25.00.36. Иркутск, 2010. 22 с.

2. Каминская А. В., Лопатовская О. Г. О загрязнении сельскохозяйственных земель юга Иркутской области твёрдыми бытовыми отходами // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2024. Т. 49. С. 87–94. DOI 10. 26516/2073-3372.2024.49.87

3. Намсараева Г. В. Анализ загрязнения почв сельскохозяйственных угодий в Иркутской области // Baikal Research Journal. 2010. № 5. С. 325-329. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-zagryazneniya-pochv-selskohozyaystvennyh-ugodiy-v-irkutskoy-oblasti (дата обращения: 11.02.2026).

4. Юсов А. И. Ремедиация почв : учеб.-метод. пособие. Калининград : Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023, 59 с.

5. Сидорова Л. Н., Козлова Е. В. Промывание загрязнённых почв: реагенты и экологические риски // Почвоведение. 2019. № 7. С. 821–830.

6. Смирнов Д. А., Волкова О. П. Энергозатраты и эффективность остекловывания почв, загрязнённых тяжёлыми металлами // Инженерная экология. 2021. № 4. С. 44–51.

7. Ступин Д. Ю. Загрязнение почв и технологии их восстановления. СПб. : Лань, 2023. С. 274–277.

8. Харитонова Г. В., Морозов С. Л. Практические аспекты электрокинетической ремедиации: pH-контроль и оптимизация // Технологии очистки окружающей среды. 2022. № 1. С. 67–74.

УДК 574.5

ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА И КИСЛОРОДНЫЙ РЕЖИМ В ПОСТТЕХНОГЕННОМ ОЗЕРЕ В УСЛОВИЯХ ЦВЕТЕНИЯ И ГНИЕНИЯ НИТЧАТЫХ ВОДОРОСЛЕЙ (ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ГИПОКСИИ)

И. Д. Кодатенко[1], А. В. Лавникова[1], Я. К. Ермолаева[1], Д. Ю. Карнаухов[1,2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Байкальский музей СО РАН, Иркутская обл., р. п. Листвянка, Россия
kodatenko.ivan194014@yandex.ru

Artificial reservoirs are ecologically unstable systems, often linked to the natural hydrographic network. Their biological state and self-purification potential are key factors influencing the quality of water resources in underlying ecosystems.

Водоемы, образовавшиеся в результате золотодобычи, представляют собой уязвимые экосистемы, часто интегрированные в естественную гидрографическую сеть. Их трофический статус и способность к самоочищению определяют качество воды в нижележащих водных системах. Существует противоречие между визуальными признаками благополучия (например, наличие зарослей харовых водорослей) и скрытыми процессами деградации (массовое развитие и отмирание нитчатых водорослей, ведущее к гипоксии), которые могут приводить к сдвигам в планктонных сообществах. Отсутствие комплексного мониторинга таких экосистем создает риски возникновения внезапных заморных явлений, способных влиять на связанные экосистемы.

Целью данной работы было выявить сезонную динамику зоопланктона в условиях нестабильного кислородного режима.

Исследование было проведено на одном из трёх проточно-связанных посттехногенных озёр, расположенных в лесной местности в районе пос. Большие Коты. Озеро 15 (51°55’15.2”N 105°04’17.1”E) имеет небольшие размеры, глубина озера не превышает 5 м. Озеро имеет связь с небольшой горной рекой Большая Котинка через подземную протоку. Отбор проб зоопланктона проводился в 2024 г. в конце мая, июле и начале ноября. Пробы были отобраны в три повторности, объем каждой повторности составил 50 л. Профильтрованные через сачок пробы фиксировались в 4%-ном растворе формалина. Анализ зоопланктона проводился в лабораторных условиях: небольшими порциями пробы просматривались под стереомикроскопом (Unitron, США) в камере Богорова. Была подсчитана численность особей каждой группы (экз/м^3), также определены доминирующие таксоны. Одновременно с отбором проб зоопланктона, а также дополнительно в другие месяцы, измерялись физико-химические показатели воды: темпера-

тура и содержание O_2, измерения также были проведены в 2025 г. Дополнительно проводилась визуальная оценка развития макрофитов.

На конец мая 2024 г. на озере были обнаружены следы таявшего льда, на дне водоема было много прошлогоднего листового опада, недалеко от места отбора были заросли харовых водорослей (*Chara contraria* A. Braun ex Kьtz.), другая растительность отсутствовала. В харе насыщенность кислорода составила 9 %, в опаде – 12 %, а в открытой воде (на камнях) – 51 %. Состав зоопланктона был представлен преимущественно науплиями копепод весенней генерации (1048±428 экз/м^3 – 69 %). В июле в прибрежной части озера активно шло цветение водорослей класса Zygnemaophyceae (Conjugatophyceae). Также в прибрежной зоне активно начал разрастаться мох (*Fontinalis antipyretica* Hedw.). В этот период от воды доносился неприятный запах сероводорода. Кислородные условия в озере: на камнях насыщенность кислорода была 48 %, в харе – 98 %, в нитчатых – 67 %. В сообществе зоопланктона были представлены копеподитные стадии веслоногих ракообразных. Преобладающей группой были Cyclopoida (83±21 экз/м^3 – 52 % от числа веслоногих ракообразных). По сравнению с майским периодом, в июле началось активное развитие личинок двукрылых насекомых, представленных единственной группой Chironomidae (535±169 экз/м^3 – 52 %). В августе 2024 г. харовые водоросли разрослись больше, нитчатые гнили. Кислородный режим в озере был следующий: на камнях – 59%, во мху (визуально были обнаружены в большом количестве *Gammarus lacustris* (Sars, 1864)) и перегнивающих нитчатых – около 41–42 %, в харовых водорослях наблюдались гипероксические условия, насыщенность кислорода составила 106%. Также было отмечено поднятие уровня воды, вследствие чего стала видна протока из озера в реку. В октябре образовался тонкий слой льда, над харовыми водорослями продолжали гнить нитчатые. Во всех точках измерения (хара, камни, мох) кислород был на уровне 50%. Сообщество зоопланктона было представлено всего тремя группами Ostracoda, Oligochaeta, Chironomidae, с доминированием последних.

В конце мая 2025 г. уровень кислорода на камнях был 68%, в нитчатых – 61 %. В центре озера 28 июня были зафиксированы кольцевые структуры нитчатых водорослей с насыщением кислорода 1,68 % внутри них, вокруг нитчатых – 50%, на камнях – 62 %. В июле 2025 г. в нитчатых степень насыщения кислорода была 36 %, на камнях 69–70 %. В августе – сентябре также как и в 2024 г. между озером и рекой появилась открытая протока, кислород перед протокой был 60 %, после 20 %, на камнях – 24 %, в харе – 64 %, в нитчатых – 51 %.

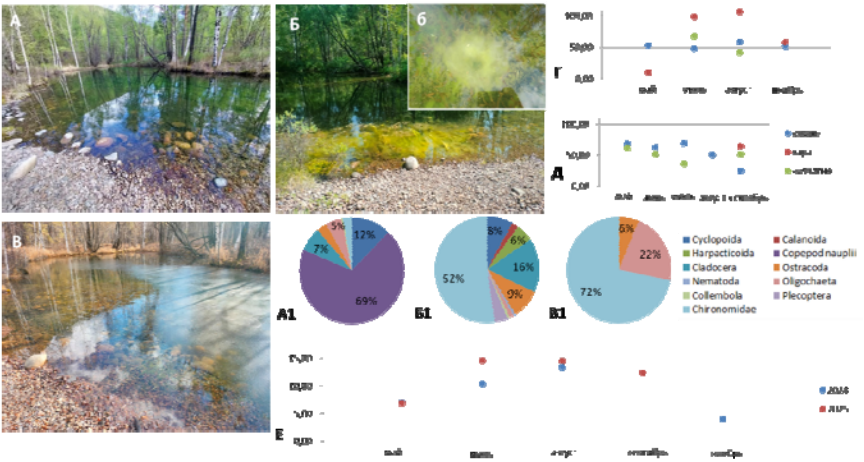


Рис. 1. Вид озера 15 в разные сезоны в 2024 г.:
А – май; Б – июль (б – круговые образования из нитчатых водорослей 28.06.2025, в центре, которых насыщенность кислородом составила 1,68%); В – ноябрь. Процентное соотношение гидробионтов в планктонном сообществе, %: А1 – в мае; Б1 – в июле; В1 – в ноябре. Динамика насыщенности кислорода в воде, % в разные месяцы: Г – в 2024 г.; Д – в 2025 г.. Е – температурные показатели воды, °С

Сообщество зоопланктона демонстрирует угнетение в периоды, следующие за пиками отмирания нитчатых водорослей (с июля по октябрь), несмотря на наличие в литорали харовых водорослей, традиционно считающихся индикаторами чистых вод. В 2025 г. кольцевые структуры усилили локальную гипоксию, потенциально блокируя развитие зоопланктона. Заросли харовых в таких условиях стабилизируют кислородные условия, но не компенсируют эффект цветения и гниения нитчатых водорослей.

Экосистема озера находится в неустойчивом состоянии с высоким риском локальных аноксидных событий. Полученные данные указывают на необходимость расширения мониторинга за пределы данной экосистемы, а также оценки влияния стока из озёрной цепи на гидробиологическое состояние связанных экосистем.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-00417, https://rscf.ru/project/25-24-00417/.

Научный руководитель д-р. биол. наук, проф. Е. А. Зилов.

УДК 574.474:546.3:004.942

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-МЕТОДОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ КАРТИРОВАНИЯ ЗОН РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЫШЬЯКОМ В ГОРОДАХ СВИРСКЕ И ЧЕРЕМХОВО ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

О. В. Кузьминова, Н. В. Жердев

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

GIS-based spatial interpolation (IDW method in QGIS) wasapplied to point data on As, Pb, Ni and Cr in soils of Svirsk and Cheremkhovo (Irkutsk region) to map contamination risk zones; the cumulative pollution index Zc revealed contrasting geochemical profiles in the two cities.

Оценка риска загрязнения тяжёлыми металлами (ТМ) для здоровья населения, прежде всего детей, является одной из приоритетных задач городской экологии. Особую опасность для детей представляют свинец, мышьяк, никель, хром – элементы с доказанной токсичностью и онкогенным потенциалом, поступающие в организм преимущественно через пероральный и ингаляционный пути при контакте с загрязнённой почвой и пылью [1]. Пространственная интерполяция по точечным данным опробования является эффективным инструментом для создания непрерывных карт распределения загрязнителей и зонирования территории по степени риска [2].

Цель работы – применить методы пространственной интерполяции (IDW и ординарный кригинг) в среде QGIS для сравнительного картирования зон риска загрязнения As, Pb, Ni и Cr в городах Свирске и Черемхово Иркутской области по данным полевого сезона 2025 г.

В 1930–1949 гг. в г. Свирске работал Ангарский металлургический завод (АМЗ), производивший мышьяк; в 1938–2004 гг. действовал аккумуляторный завод «Востсибэлемент» (ВСБ) – источник свинцового загрязнения. Пробы отбирались в СНТ «Багульник» (n = 11) и на детских площадках жилой зоны (n = 11). Город Черемхово – исторический центр угольной добычи Иркутского бассейна. Основные источники загрязнения – транспорт, угольные котельные и металлообработка. Пробы отбирались на детских площадках и в зонах отдыха жилых кварталов (n = 24).

Отбор проб выполнен в сентябре 2025 г.; координаты точек фиксировались с помощью GPS. Валовое содержание As, Pb, Ni, Cr, Co, Zn, Cu определено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S4 Pioneer (Bruker, Германия) в Институте геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН; правильность подтверждена стандартным образцом CRM IAEA-158. Пространственная интерполяция выполнена в QGIS (версия 3.x) методом обратно-взвешенных расстояний (IDW), результаты ве-

рифицированы методом ординарного кригинга (SAGA GIS); карты показали удовлетворительное пространственное совпадение. Суммарный показатель загрязнения рассчитан по формуле $Zc = \Sigma(C_i / ПДК_i) - (n - 1)$, где $n = 4$ (As, Pb, Ni, Cr). Нормативы приняты для песчаных и супесчаных почв, преобладающих в селитебной зоне: As – 2,0 мг/кг, Pb – 32,0 мг/кг, Ni – 20,0 мг/кг, Cr – 100,0 мг/кг. Градации Zc: < 16 – допустимый; 16–32 – умеренно опасный; 32–128 – опасный; > 128 – чрезвычайно опасный [1].

Сводные данные по концентрациям элементов в почвах обоих городов приведены в таблице. Почвы г. Свирска (СНТ «Багульник») характеризуются мышьяково-свинцово-хромовым профилем загрязнения. Мышьяк является приоритетным поллютантом: превышение ОДК (2 мг/кг) составляет 8–88 раз. Свинец достигает 134,8 мг/кг, хром – 132,8 мг/кг, никель – 73,4 мг/кг. Результаты интерполяции показывают, что максимальные концентрации As, Pb, Ni и Cr приурочены к западной части СНТ, примыкающей к бывшей промплощадке АМЗ.

Таблица

Концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в почвах г. Свирска и г. Черемхово, 2025 г.

Элемент	Свирск: макс (мг/кг)	Свирск: среднее (мг/кг)	Черемхово: макс (мг/кг)	Черемхово: среднее (мг/кг)	Норматив (мг/кг)
As	175,7	79,6	9,8	8,1	2,0
Pb	134,8	107,4	62,1	32,4	32,0
Ni	73,4	55,7	56,5	47,2	20,0
Cr	132,8	103,8	97,5	80,0	100,0

Почвы г. Черемхово демонстрируют никель-хромово-свинцовый профиль, связанный с транспортной нагрузкой и угольной теплоэнергетикой. Мышьяк значительно ниже, чем в Свирске (6,6–9,8 мг/кг, 3–5 ОДК). Никель (до 56,5 мг/кг) и хром (до 97,5 мг/кг) формируют основной вклад в загрязнение почв города.

Аномальная концентрация цинка (613,9 мг/кг) выявлена в одной из проб в районе ул. Некрасова, что может быть связано с транспортной нагрузкой. Результаты интерполяции (рис.) показывают, что повышенные концентрации приурочены к транспортным магистралям.

Суммарный показатель Zc выявляет существенные различия между городами. В Свирске все точки СНТ попадают в категории «опасная» и «чрезвычайно опасная» (Zc = 40–136), максимум – близ бывшей промплощадки АМЗ (Zc = 136,3). В Черемхово значения Zc = 27–41, что соответствует «умеренно опасной» и «опасной» категориям.

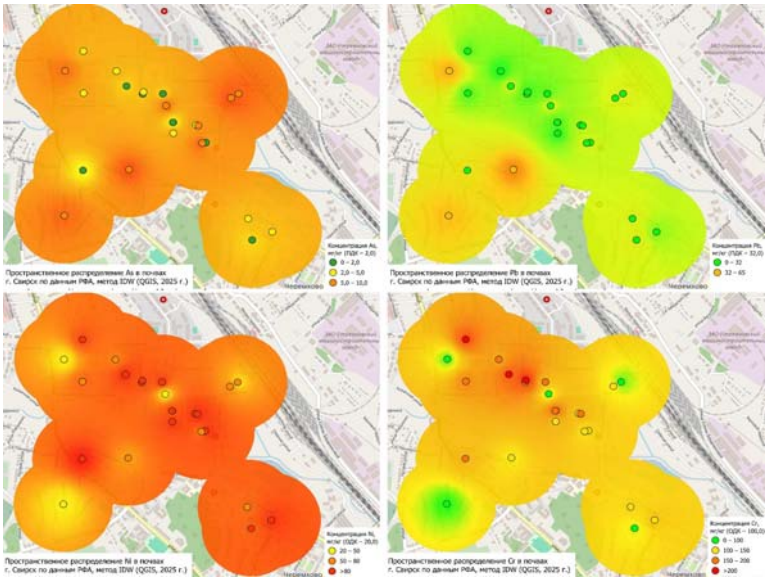


Рис. Пространственное распределение As, Pb, Ni и Cr в почвах г. Черемхово по данным РФА, метод IDW (QGIS, 2025 г.)

Применение методов пространственной интерполяции в QGIS позволило построить согласованные карты зон риска для двух городов с различными геохимическими профилями. Город Свирск отличается мышьяково-свинцовым загрязнением промышленного происхождения (Zc до 136); концентрации As многократно превышают международные пороги риска для здоровья детей. Город Черемхово имеет никель-хромово-свинцовый транспортно-техногенный профиль (Zc 27–41); по Pb уровни не достигают скринингового порога EPA 200 мг/кг. Сравнение методов интерполяции показало удовлетворительное совпадение карт, что подтверждает корректность выбранных методов.

Список литературы

1. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами / ИМГРЭ. М., 1982. 112 с.

2. Шаров П. О. Использование метода пространственной интерполяции для картирования зон риска отравления свинцом в п. Рудная Пристань Приморского края./ Владивосток : ДВГУ, 2003.

3. Кузьминова О. В., Пройдакова О. А., Янчук Т. М. Оценка степени загрязнения тяжёлыми металлами компонентов природной среды г. Свирска (Иркутская область) // Известия ИГУ. Серия: Биология. Экология. 2015. Т.11. С. 42–56.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. Т. М. Янчук

УДК 504.064.2.001.18

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ СНТ «БАГУЛЬНИК» И НА ДЕТСКИХ ПЛОЩАДКАХ Г. СВИРСКА

О. В. Кузьминова, А. Д. Кутенкова

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

Heavy metals (Pb, Ni, Zn, Cr, Hg) and arsenic contamination of soils, playground sands, and potato plants (Solanum tuberosum L.) in Svirsk (Irkutsk region) was assessed in September 2025 using X-ray fluorescence spectrometry and cold-vapour atomic absorption analysis; significant exceedances of maximum permissible concentrations were revealed in all sample types, with the highest hazard index for As and Pb in garden soils and potato leaves.

Город Свирск (Иркутская область) – один из наиболее экологически неблагополучных малых городов Байкальского региона. Загрязнение среды обусловлено деятельностью Ангарского металлургического завода (АМЗ), который производил триоксид мышьяка и компоненты химического оружия (люизит, адамсит), а также аккумуляторного завода «Востсибэлемент» (ВСБ) – источника поступления свинца и кадмия в городскую среду [1]. В 2013 г. проведена рекультивация площадки АМЗ, однако многолетние исследования показывают, что почвы прилегающих жилых и садоводческих зон сохраняют высокий уровень полиэлементного загрязнения [1; 2]. Особую угрозу для здоровья населения представляют садовые некоммерческие товарищества (СНТ), расположенные непосредственно у бывших промплощадок. Не менее актуальна оценка состояния детских игровых площадок города, где дети испытывают прямую контактную нагрузку через почвенно-пылевой путь поступления токсикантов.

В сентябре 2025 г. отобраны: 10 целевых и 8 сборных проб почвы (глубина 0–5 см) с участков СНТ «Багульник», 10 проб песка с детских площадок г. Свирска; 8 проб клубней и 5 проб ботвы картофеля (Solanum tuberosum L.) с тех же участков СНТ. Определение валового содержания Cr, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Sr выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) на спектрометре S4 Pioneer (Bruker, Германия) в Институте геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН. Содержание общей ртути (Hg) определялось методом атомной абсорбции на анализаторе РА-915М с приставкой ПИРО-915+ по ПНД Ф 16.1:2:2.2.80-2013). Правильность результатов РФА подтверждена анализом стандартного образца CRM IAEA-158.

Сравнительный анализ данных по двум объектам исследования выявил принципиально различный характер загрязнения (табл. 1). В почвах СНТ «Багульник» доминирующими загрязнителями являются мышьяк и свинец – поллютанты, ассоциированные с деятельностью АМЗ и ВСБ соответственно. Максимальная концентрация As составила 175,7 мг/кг, что

превышает ОДК (2 мг/кг) в 88 раз, среднее значение по выборке – 79,6 мг/кг (в 40 раз выше нормативных). Содержание Pb достигает 134,8 мг/кг при ПДК 32 мг/кг (превышение в 4 раза); Ni – 73,4 мг/кг при ОДК 20 мг/кг (в 3,7 раз); Zn – 245,5 мг/кг при ОДК 55 мг/кг (в 4,5 раза). Ртуть превысила ПДК (0,47 мг/кг) лишь в одной пробе: 1,12±0,34 мг/кг (участок вблизи деревянной тропинки, дом № 63), в остальных образцах Hg варьировала в пределах 0,044–0,160 мг/кг.

Песок детских площадок демонстрирует принципиально иную картину: концентрации As в нём не превышают порогового значения (< 3 мг/кг) в большинстве проб, содержание Pb низкое (8,4–18,3 мг/кг), Zn – в пределах нормы (34–64 мг/кг). Однако по Ni и Cr ситуация иная: среднее содержание Ni в песке (59,6 мг/кг) сопоставимо с почвами СНТ (55,7 мг/кг) и в 3 раза превышает ОДК; Cr достигает 277,5 мг/кг, что при ОДК 100 мг/кг означает превышение норматива в 2,8 раз.

Таким образом, детские площадки формируют специфический никель-хромовый тип загрязнения. Высокие концентрации этих элементов могут быть обусловлены как исходным минеральным составом привозного песка, так и дополнительным поступлением с атмосферной пылью от промышленных предприятий, что подтверждается сопоставимостью уровня Ni с техногенно-загрязнёнными почвами СНТ.

Таблица 1

Концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в почвах СНТ «Багульник» и на детских площадках (ДП) г. Свирска, 2025 г.

Элемент	Почвы СНТ «Багульник», макс. (мг/кг)	Почвы СНТ «Багульник», среднее (мг/кг)	Песок ДП* г. Свирска, макс. (мг/кг)	Песок ДП*, среднее (мг/кг)	ОДК / ПДК (мг/кг)
As	175,7	79,6	3,4	3,3	2,0
Pb	134,8	107,4	18,3	14,6	32,0**
Ni	73,4	55,7	72,7	59,6	20,0**
Zn	245,5	180,3	63,5	49,3	55,0/110,0**
Cr	132,8	103,8	277,5	156,9	100,0**
Hg	1,12	0,15	–	–	2,1

** ДП – детские площадки; ** ОДК для суглинистых и глинистых почв с pH > 5,5. «–» – определение не проводилось.*

В растительных компонентах наиболее высокие концентрации токсикантов закономерно сосредоточены в листьях ботвы картофеля. Содержание As в листве достигает 9,9 мг/кг, что в 50 раз превышает максимально допустимый уровень (МДУ = 0,2 мг/кг); Pb – 10,9 мг/кг (МДУ 0,5 мг/кг; в 22 раза); Ni – 3,6 мг/кг (ориентировочно [1] в 7 раз выше норматива 0,5 мг/кг). В кожуре клубня As варьирует от 0,5 до 6,5 мг/кг (среднее

[1] Использован норматив для хлеба и круп в качестве ориентира ввиду отсутствия прямых нормативов для картофеля.

2,1 мг/кг), Pb – от 1,6 до 9,2 мг/кг (среднее 3,9 мг/кг), что также многократно превышает нормативы для продовольственного сырья. В мякоти клубня концентрации заметно ниже, однако As (до 0,6 мг/кг) и Pb (до 1,9 мг/кг) по-прежнему превышают МДУ. Цинк в кожуре клубня достигает 55,4 мг/кг (ориентировочно[2] в 5,5 раза выше норматива – 10,0 мг/кг). По ртути превышения МДУ (0,02 мг/кг) зафиксированы во всех пяти пробах листьев ботвы (0,023–0,072 мг/кг), в клубнях Hg ниже норматива. Убывание накопления поллютантов по органам растения соответствует ряду: листья > кожура клубня > мякоть клубня, что отражает защитную функцию покровных тканей и типично для условий высокого педогенного давления [2].

Таким образом, несмотря на проведённую в 2013 г. рекультивацию промплощадки АМЗ, почвы СНТ «Багульник» сохраняют критически высокий уровень загрязнения мышьяком (до 88 ПДК), свинцом (до 4 ПДК) и никелем (до 4 ПДК). Накопление этих поллютантов в органах картофеля многократно превышает нормативы для пищевой продукции, что представляет реальный риск хронической интоксикации для населения, потребляющего продукцию с данных участков. Детские площадки города характеризуются значительно более низкими концентрациями As, однако содержат повышенные уровни Ni и Cr, требующие отдельной гигиенической оценки. Полученные результаты подтверждают необходимость введения запрета на использование территории СНТ «Багульник» под производство пищевых культур и разработки комплексной программы мониторинга и санации загрязнённых зон г. Свирска.

Список литературы

1. Кузьминова О. В., Пройдакова О. А., Янчук Т. М. Оценка степени загрязнения тяжёлыми металлами компонентов природной среды г. Свирска (Иркутская область) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2015. Т. 11.С. 42–56.

2. Янчук Т. М., Кузьминова О. В. Содержание свинца, кадмия и мышьяка в компонентах природной среды г. Свирска // Вопросы естествознания. 2014. № 2. С. 74–79.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. Т. М. Янчук.

[2] Использован норматив для хлеба и круп в качестве ориентира ввиду отсутствия прямых нормативов для картофеля.

УДК 631.452(571)

ДИНАМИКА КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ (2007–2024 ГГ.)

Е. П. Лапердин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
laperdin0404@mail.ru

This article presents the results of a statistical analysis of the dynamics of cadastral value of land plots in the Irkutsk region for the period from 2007 to 2024. The main trends in value change for land in populated areas, agricultural land, and industrial land are identified.

Государственная кадастровая оценка (ГКО) является основой для исчисления земельного налога и налога на имущество. В Иркутской области, как и в других регионах, становление системы ГКО прошло несколько этапов: от первых массовых оценок середины 2000-х гг., нередко приводивших к завышению стоимости и социальной напряжённости, до современной цифровизированной системы, действующей в рамках Федерального закона № 269-ФЗ [4; 5].

Первый цикл массовой оценки в области стартовал в 2006–2007 гг. Недостаток рыночных данных, упрощённые методики и отсутствие точных границ участков привели к тому, что кадастровая стоимость многих объектов, особенно в Иркутске и на побережье оз. Байкал, оказалась завышена в 2–3 раза по сравнению с рыночной [1; 4]. Это вызвало волну обращений в суды. В 2012–2018 гг. в комиссию по оспариванию поступило более 3,5 тыс. заявлений, удовлетворялось около 70 % из них; среднее снижение стоимости составило 25–35 % [2].

С 2020 г. в России действует новый порядок ГКО. В Иркутской области оценку проводит «Фонд государственного имущества Иркутской области» [3]. Первый цикл по новым правилам выполнен в 2021–2022 гг., оценено более 1,2 млн объектов. Основные отличия нового порядка: единая методика, комплексный подход, прозрачность (публикация промежуточных результатов) и автоматизированный расчёт. Для выявления долгосрочных тенденций проведён статистический анализ данных четырёх циклов оценки (2008, 2013, 2018, 2022 гг.) по трём основным категориям земель (табл. 1).

За 14 лет наиболее значительный рост отмечен для земель населённых пунктов (в 3,7 раза), что связано с активным жилищным строительством и развитием рынка недвижимости. Рост стоимости сельскохозяйственных земель (в 3,3 раза) обусловлен уточнением качественных характеристик почв (бонитировкой) и вовлечением в оборот более ценных угодий [2; 4].

Таблица 1

Динамика средней кадастровой стоимости земель по основным категориям в Иркутской области за 2008–2022 гг. (руб/кв. м)

Категория земель	2008	2013	2018	2022	Изменение за 2008–2022 гг., %
Земли населённых пунктов	45,2	78,5	112,3	168,7	+273
Земли сельскохозяйственного назначения	1,8	3,2	4,5	5,9	+228
Земли промышленности	12,4	18,6	22,1	25,4	+105

Расчёт среднегодовых темпов роста кадастровой стоимости земель выявил неравномерность её динамики (табл. 2). Наибольшие темпы (более 11 %) наблюдались в 2008–2013 гг., что связано с переходом к рыночным механизмам оценки. В 2013–2018 гг. темпы замедлились (до 7,1–7,4 %) из-за активного оспаривания завышенных результатов. В 2018–2022 гг. вновь ускорились для земель населённых пунктов (до 10,7 %) вследствие посткризисного роста цен на жильё и внедрения нового порядка ГКО.

Таблица 2

Среднегодовые темпы роста кадастровой стоимости по периодам, %

Категория земель	2008–2013	2013–2018	2018–2022
Земли населённых пунктов	11,7	7,4	10,7
Земли сельскохозяйственного назначения	12,2	7,1	7,0
Земли промышленности	8,4	3,5	3,6

Анализ показал высокую территориальную дифференциацию кадастровой стоимости земельных участков. В 2022 г. средняя кадастровая стоимость в Иркутске достигла 890 руб. /кв. м, тогда как в отдалённых районах (Катангский район) не превышала 25 руб. /кв. м – разрыв более чем 35-кратный [3]. Для земель сельскохозяйственного назначения наиболее освоенные южные районы (Аларский, Ангарский, Иркутский) имели стоимость 8,7–12,3 руб. /кв. м, что в 2–3 раза выше, чем в северных районах.

Соотношение кадастровой и рыночной стоимости для земель населённых пунктов изменялось следующим образом: 2008 г. – 68 %, 2013 г. – 92 % (максимальное приближение), 2018 г. – 81 %, 2022 г. – 79 % [1; 3; 4]. Снижение после 2013 г. объясняется активным оспариванием. Для земель сельскохозяйственного назначения это соотношение на всём протяжении оставалось в диапазоне 45–55 %, что указывает на потенциал для увеличения в будущих циклах.

За период 2012–2023 гг. в Иркутской области подано более 5,2 тыс. заявлений об оспаривании кадастровой стоимости, удовлетворено 68 % [2; 3]. Среднее снижение составило 31 %, что для земель населённых пунктов Иркутска соответствовало уменьшению на 210–450 руб/ м^2. Наиболее активно оспаривались объекты коммерческой недвижимости и участки под индивидуальной жилой застройкой в пригородной зоне [1; 5].

Проведённый статистический анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Кадастровая стоимость земель в Иркутской области за 2007–2024 гг. демонстрировала устойчивый рост, наиболее выраженный для земель населённых пунктов (+273 %) и сельскохозяйственного назначения (+228 %).

2. Динамика носила неравномерный характер: периоды активного роста (до 12 % в год) сменялись этапами стабилизации, что связано с изменениями законодательства, методик оценки и рыночной конъюнктуры.

3. Сохраняется высокая территориальная дифференциация стоимости (разрыв до 35 раз), объективно отражающая различия в экономическом развитии, транспортной доступности и природных условиях районов области.

4. Соотношение кадастровой и рыночной стоимости для земель населённых пунктов стабилизировалось на уровне 79 %, что свидетельствует о повышении достоверности массовой оценки. Однако для сельхозземель это соотношение остаётся низким (45–55 %), и потенциал для совершенствования сохраняется.

5. Статистика оспаривания подтверждает высокую эффективность защиты прав собственников (удовлетворяемость 68 %, снижение на 31 %), но также указывает на системную проблему первоначального завышения стоимости для отдельных категорий объектов.

Список литературы

1. Веселова М. Н., Филиппова Т. А., Хоречко И. В. Корректировка кадастровой стоимости земельных участков сельскохозяйственного назначения с учётом экологических условий их использования // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, № 5. С. 346-359.

2. Государственная кадастровая оценка земель всех категорий. URL: http://econ.krskstate.ru/gko/2022gk/ (дата обращения: 04.04.2026).

3. Мокрушин О. В., Мельдебеков И. Б. Опыт применения методических указаний по государственной кадастровой оценке // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2021. № 1(232). С. 39–48.

4. Региональные доклады «О состоянии и использовании земель в Иркутской области» за 2008–2024 гг. Иркутск : Управление Росреестра по Иркутской области.

5. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 269-ФЗ «О государственной кадастровой оценке».

Научный руководитель д-р биол. наук, проф. А. А. Козлова.

УДК 631.4

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ МЕТОДАМИ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБИОЛОГИИ И БИОТЕСТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ ИРКУТСКОГО ПОЛИГОНА ТБО

М. С. Миронов, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
matveyka.mironov@bk.ru

A comprehensive point-rating assessment of the ecological status and potential stability of soils in the vicinity of the Irkutsk municipal solid waste landfill was carried out through the analysis of physico-chemical properties of soils and of the results of soil microbiology and biotesting methods.

Являясь основой биоразнообразия и важнейшим агентом экосистемных функций, почвенный микробиом выступает чутким индикатором состояния территорий. Его изучение позволяет оценить антропогенную трансформацию ландшафтов, а в условиях растущей антропогенной нагрузки особую остроту приобретает проблема воздействия полигонов ТБО на прилегающие почвы. Была дана сравнительная оценка экологического состояния почв и их горизонтов точек опробования в окрестностях Иркутского полигона ТБО (Иркутский район, 5-й км Александровского тракта, рис. 1).

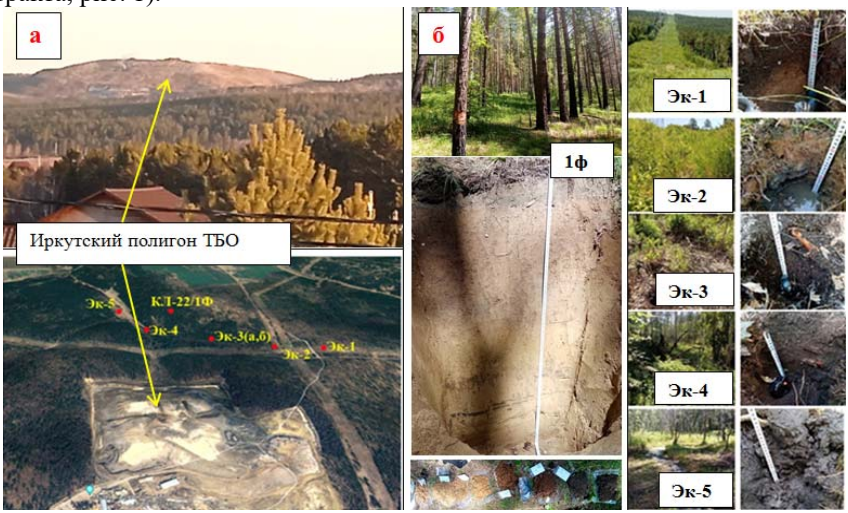


Рис. 1. *а* – Иркутский полигон ТБО и расположение в окрестностях точек обследования; *б* – почвы и растительность обследованных участков: 1ф – *Серая (фоновая (К-22);* Эк-1 – *Серая элювированная;* Эк-2 – *Серогумусовая глеевая*; Эк-3б – *Темно-гумусовая (натечно-карбонатная)*; Эк-4 – *Темно-гумусовая глеевая*; Эк-5 – *Глеезем (натечно-карбонатный)*

Исследование базировалось на анализе морфологии и физико-химических свойств почв, количественном и качественном учёте разных групп микроорганизмов в пробах серогумусовых горизонтов, отобранных на 6 участках, а также на результатах биотестирования (через определение энергии прорастания семян редиса и газометрическое определение каталазной активности почв методом Галстяна).

В исследуемых образцах почв, подверженных влиянию стоков ТБО, проведенный анализ выявил преобладание среди различных групп и видов микроорганизмов бактерий палочковидной формы и значимое снижение их активности и развития в почвах вниз по распадку, вплоть до полного их ингибирования в глееземах, что свидетельствует об увеличении токсичности почв и биоценозов в нижней части изученного распадка. Этому способствует также и подщелачивающее действие вод атмосферных осадков, дренирующих и вытекающих из массива полигона ТБО, а также – дренирующих и профили почв распадка, приводя к зафосфачиванию, осаждению и накоплению токсических веществ в нижней части распадка, что подтверждается и результатами биотестирования (табл.).

Даже «фоновые» и почвы приводораздельной возвышенной части распадка подвергаются влиянию мусорного полигона ТБО, видимо, через перенос пылеватых частиц ветром. В нижних частях распадка экологическое состояние ухудшается сильнее за счет более застойного режима и осаждения приносимых водными потоками токсических веществ. Наибольшей потенциальной устойчивостью к загрязнению характеризуются высоко-гумусные и хорошо дренируемые легко-среднесуглинистые почвы средне-склоновых частей распадка. Интересно, что в более высоко расположенных точках обследования большему загрязнению подвергаются поверхностные горизонты почв, задерживая загрязняющие вещества, которые не успевают просачиваться вглубь профиля. А в нижних частях распадка более сильно загрязняются глубинные горизонты.

Проведенный корреляционный анализ полученных результатов (рис. 2) выявил что защелачивание почвы сильно подавляет чувствительный азотобактер (среда Эшби) и снижает всхожесть семян редиса.

Общая численность бактерий (на средах РПА, КАА) может оставаться высокой за счет толерантных видов, но качество сообщества падает. Активность каталазы имеет высокую корреляцию с общей микробной массой в почве (r = 0,94) со средой РПА, а микромицеты и грибы (среда Чапека) хорошо коррелируют с показателями плодородия, так как их численность почти идеально совпадает со всхожестью редиса (r = 0,97). Среда Эндо имеет отрицательную корреляцию с ростом м/о, актиномицетов с биологической активностью, что может быть обусловлено либо конкурентным подавлением, либо разнонаправленностью загрязнения.

Таблица

Балльно-рейтинговая оценка потенциальной устойчивости почвенных горизонтов

№ точ-ки	Глубина горизонта см.	РН $_{H2O}$		Общ. щелочность мг-экв /100г	Cl^- мг-экв/ 100г	Биотест			Гранул. состав	Активность каталазы мл O_2 /г*мин.	Рейтинговая ∑ баллов потенц. уст-ти
		почв. суспензия	водн. вытяжка			Длина верш-ков, см	Длина кореш-ков, см	Биомасса в/с, мг			
Эк-1	AY 0-10	6,86	6,28	0,65	0,25	22,10	31,60	0,520	сс-тс	3,7	30
	AEL 10-13	5,16	5,84	0,4	0,10	17,80	21,20	0,459	сс	1,4	20
	BT 13-25	5,25	6,08	0,4	0,3	35,4	51,3	0,615	тс-г	0	24
Эк-2	RY 0-10	6,14	6,60	0,4	0,4	34,0	32,0	0,649	оп. сс	0,6	24
	Gic 10 – >	6,17	6,73	0,5	0,4	32,30	36,10	0,821	оп. лс-сс	0	25
Эк-3а	AU 0-20	6,67	6,48	0,7	0,6	48,90	44,50	0,926	лс	0	31
	AU(линза)	6,98	6,80	0,5	0,4	36,50	50,0	0,768	лс-сс	-	29
	ACic 20 – >	7,20	7,10	0,5	0,8	35,10	59,10	0,768	сс	0,8	26
Эк-4	AUic 0-10	8,15	7,30	0,8	0,4	32,0	28,90	0,576	сс	8,5	26
	AGg,ic 10-20	7,35	7,04	0,7	0,7	33,90	60,50	0,750	сс-тс	1,7	28
Эк-5	G1 0-15	8,02	7,50	0,7	0,4	37,0	50,90	0,783	оп. лс	0	27
	G2 15-30	7,95	7,54	1,9	1,7	9,40	8,90	0,375	лс-сс	0	11

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		0,6	0,52	0,13	0,2	-0,34	-0,04	-0,46	-0,58	-0,44	0,33
2	0,6		0,88	-0,31	-0,36	-0,27	-0,38	0,09	-0,64	-0,47	0
3	0,52	0,88		-0,5	-0,55	-0,4	-0,37	0,21	-0,64	-0,59	-0,26
4	0,13	-0,31	-0,50		0,99	0,51	0,63	-0,78	0,71	0,58	0,94
5	0,2	-0,36	-0,55	0,99		0,49	0,6	-0,78	0,65	0,56	0,93
6	-0,34	-0,27	-0,40	0,51	0,49		-0,21	0,14	0,49	0,97	0,22
7	-0,04	-0,38	-0,37	0,63	0,6	-0,21		-0,84	0,68	-0,04	0,2
8	-0,46	0,09	0,21	-0,78	-0,78	0,14	-0,84		-0,41	0,06	-0,61
9	-0,58	-0,64	-0,64	0,71	0,65	0,49	0,68	-0,41		0,64	0,42
10	-0,44	-0,47	-0,59	0,58	0,56	0,97	-0,04	0,06	0,64		0,18
11	0,33	0	-0,26	0,94	0,93	0,22	0,2	-0,61	0,42	0,18	

Рис. 2. Корреляционный анализ индикаторных показателей биологической активности почв окрестностей Иркутского полигона ТБО. 1 – $pH_{H2O;}$ 2. HCO_3^- (мг-экв /100 г.); 3 – Cl^-(мг-экв /100 г.); 4. ср. кол-во м/о (среда РПА); 5 – кол-во клеток м/о в суспензии (*10^7/1 мл); 6 – ср. кол-во микромицетов (среда Чапека); 7 – ср. кол-во актиномицетов (среда КАА); 8 – наличие (+1)/ отсутствие (0) роста (среда Эндо); 9 – наличие (+1)/ отсутствие (0) роста (среда Эшби); 10 – биотест прорастания, % проростков; 11 – активность каталазы (мл O_2/1 г*1 мин)

УДК 631.4

МЕТОД БИОИНДИКАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ *BETULA PENDULA* В ИРКУТСКОМ РАЙОНЕ

Е. А. Михалёва

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
mihalevaliza9@gmail.com

The study presents a bioindication approach based on fluctuating asymmetry of Betula pendula leaves. Morphometric analysis of paired leaf parameters was used to assess developmental stability under different environmental conditions. The results demonstrate variation in asymmetry values depending on the level of anthropogenic influence.

Работа посвящена биоиндикационному исследованию территорий Иркутского района с использованием метода флуктуирующей асимметрии листовой пластинки берёзы повислой (*Betula pendula* Roth). Флуктуирующую асимметрию рассматривают как показатель стабильности развития организма и интегральную характеристику условий среды [2; 6]. Изменения морфологической целостности листовой пластинки происходят под воздействием различных факторов среды и отражают уровень стрессовой нагрузки на растения.

Иркутская область характеризуется разнообразием природных условий, включающих сложный рельеф, резко континентальный климат и выраженную сезонность температур [1; 3]. Существенное влияние на формирование локальных условий оказывает оз. Байкал, которое сглаживает температурные колебания и влияет на циркуляцию воздушных масс [5]. Для территории г. Иркутска характерно преобладание северо-западных и юго-восточных ветров, что определяет особенности переноса веществ и пространственную неоднородность условий среды.

В качестве объекта исследования выбран широко распространённый вид – берёза повислая, обладающая высокой чувствительностью к изменениям экологических условий [4]. Сбор листового материала проводился в июле после завершения активного роста листьев. Отбор осуществлялся с деревьев среднего возраста в нижней части кроны (на высоте вытянутой руки) равномерно по окружности дерева. С каждого дерева отбиралось по 10 листьев без повреждений в зоне измерений.

Всего было собрано 29 пакетообразцов, включающих более 400 листьев, что обеспечивает репрезентативность выборки. Отбор проводился на участках с различной степенью антропогенного воздействия, включая территории вблизи промышленных объектов, городские и рекреационные зоны, а также фоновые участки (рис.).

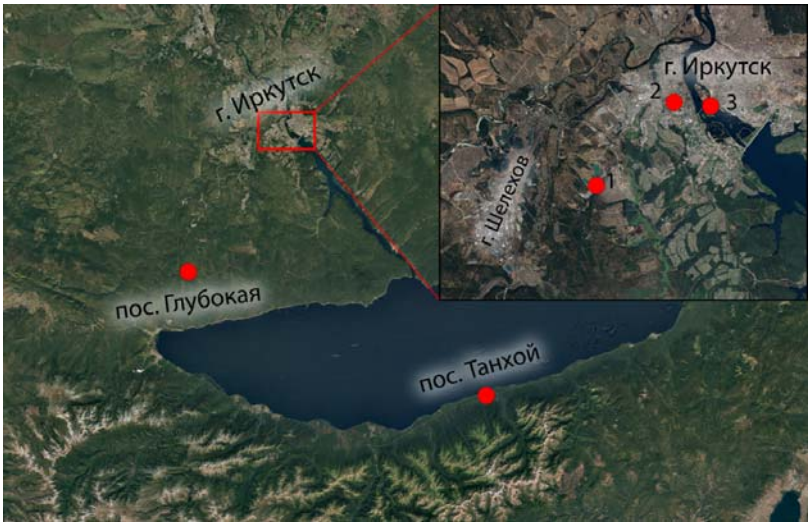


Рис. Точки сбора материала:
1 – золоотвалы Ново-Иркутской ТЭЦ; 2 – ботанический сад

Морфометрический анализ проводился по классической методике оценки флуктуирующей асимметрии. Для каждого листа измерялись парные признаки: ширина половинок листа, длина жилок второго порядка, расстояния между жилками и углы между ними. Коэффициент флуктуирующей асимметрии рассчитывался по формуле:

$$\varphi = |L - R| / (L + R)$$

где L и R – значения признака для левой и правой стороны листа.

По результатам проведённых измерений значения коэффициента флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula* варьируют в широких пределах, что отражает различия условий произрастания на исследованных участках.

На территории п. Танхой в целом отмечаются более низкие значения коэффициента флуктуирующей асимметрии, что свидетельствует о более высокой стабильности развития растений. В зоне размещения ТЭЦ наблюдается увеличение значений показателя, указывающее на снижение морфологической устойчивости листовой пластинки.

В пределах каждой исследованной территории отмечается вариабельность значений коэффициента, что отражает неоднородность условий среды. При этом в целом прослеживается тенденция к увеличению значений флуктуирующей асимметрии при переходе от фонового участка к территории с более выраженным антропогенным воздействием.

Список литературы

1. Бояркин В. М., Бояркин И. В. География Иркутской области (история, природа, население, хозяйство, экология): энциклопедический справочник. 7-е изд., перераб. и доп. Иркутск : Сарма, 2011. 256 с.

2. Зорина А. А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии // Принципы экологии. 2012. № 3. С. 24–47.

3. Иркутская область: (Природ. условия адм. р-нов) / Н. С. Беркин, С. А. Филиппова, В. М. Бояркин [и др.] ; [науч. ред. А. Г. Золотарев]. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 300 с.

4. Наумова А. А., Стрельцов А. Б. Методика оценки степени флуктуирующей асимметрии листовых пластинок на примере березы повислой (бородавчатой) (Betula pendula Roth.) //StudNet. 2020. Т. 3, № . 3. С. 303-311.

5. Современные изменения климата на территории Иркутской области / И. В. Латышева, Е. П. Белоусова, С. В. Олемской, К. А. Лощенко // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2010. Т. 3, № 2. С. 110–125.

6. Флуктуирующая асимметрия и случайная фенотипическая изменчивость в популяционных исследованиях: история, достижения, проблемы, перспективы / Д. Л. Лайус, Д. Х. Грэм, М. В. Католикова, А. О. Юрцева // Biological Communications. 2009. № 3.

Научный руководитель преподаватель кафедры ботаники, почвоведения и экосистемного анализа А. Д. Самусенок

УДК 631.4

ПОЧВА В СУДЕБНОЙ ПРАКТИКЕ, ВИДЫ СУДЕБНЫХ ПОЧВОВЕДЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ И ИХ ЗАДАЧИ

Д. С. Мишкина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
didi.mishkina@mail.ru

This article examines the concept of soil in judicial practice, the types of forensic soil examinations, and the tasks they address. In recent years, there has been a growing need to involve soil scientists in court cases involving soil quality assessments and many other issues.

Почвоведческая экспертиза представляет собой комплекс методов и подходов, направленных на изучение физических, химических и биологических характеристик почвы. Она позволяет не только оценить текущее состояние земель, но и предсказать возможные изменения под воздействием антропогенных и природных факторов. Популярность почвоведческих экспертиз связана с их широким спектром применения и возможностью внести вклад в принятие решений в различных областях науки и практики.

Судебно-почвоведческая экспертиза – процессуальное действие, производимое в установленной законом форме лицами, обладающими специальными знаниями в области почвоведения, криминалистики и иных наук, которые дают заключение, отражающее ход и результаты исследования почвы или грунта [3]. Основным отличием судебной экспертизы является то, что запрос на её проведение заявляется одной из сторон судебного процесса – проводится по постановлению суда, органов следствия, дознания, таможни по уголовным, гражданским, арбитражным делам, по делам об административных правонарушениях и в рамках административного судопроизводства, а также судебных экспертиз при проверке сообщения о преступлении.

Почва – самостоятельное естественно-историческое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности земли в результате длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твердых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетико-морфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия [1]. В судебных делах почву рассматривают не как природно-историческое тело, а как ресурс, имеющий свой статус, вид разрешенного использования и относящийся к определенной категории земель, установленный государством в соответствии со статьей 7 Земельного кодекса РФ. Так, например, поле, заросшее сорняками, является естественно-природным явлением, не несущим вреда природе и не подвергающимся негативному антропогенному воздействию. С точки зрения же судебной практики заросшее поле,

не используемое по своему прямому назначению – для выращивания на пахотных землях ряда сельскохозяйственных культур, является нарушением и требует наблюдения со стороны государства.

В зависимости от целей исследования в рамках судебно-почвоведческой экспертизы выделяют классификационные, диагностические и идентификационные задачи.

Цель данной работы – дать определение почвы в судебной экспертизе, выделить виды судебных почвоведческих экспертиз и обозначить задачи, решаемые в ходе данных исследований.

В классификации видов судебных почвенных экспертиз по сфере применения можно выделить несколько основных: эколого-почвоведческую, землеустроительную и криминалистическую.

Судебно-экологическая экспертиза (СЭЭ) – процессуальное действие лиц, которые обладают специальными знаниями и компетенциями для дачи заключения, отражающего ход и результаты исследования антропогенного воздействия на объекты окружающей среды [2]. Экспертиза проводится в рамках дел, связанных с выявлением и документированием экологических правонарушений, таких как загрязнение почв, их деградация, несанкционированное складирование отходов и причинение ущерба земельным ресурсам [8; 10]. Важным аспектом в проведении таких экспертиз является расчет эколого-экономического ущерба, причиненного почвенным экосистемам (Приказ Минприроды № 238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам»). Этот процесс включает количественную оценку потерь, связанных с деградацией почв, утратой биоразнообразия и снижением продуктивности угодий. Основные задачи включают: идентификацию качественного состояния почв, что предполагает количественное определение содержания гумуса, тяжелых металлов и нефтепродуктов, а также других загрязняющих веществ, установление источников загрязнения, осуществляемое с применением методов геохимической привязки, позволяющих определить пространственные и временные характеристики источников антропогенного воздействия на почвенный покров. Результаты экспертизы служат основой для разработки стратегий устойчивого управления земельными ресурсами, направленных на минимизацию негативного воздействия антропогенных факторов и восстановление почвенного плодородия. [5]

В законе нет специального определения, что такое землеустроительная экспертиза. Землеустроительная экспертиза – это комплекс исследований, в ходе которого специалист изучает материалы землеустройства и правоустанавливающие документы на землю, выполняет всесторонний анализ полученных сведений. Исследуется состав, структура и свойства почв для разрешения споров между владельцами смежных участков, установления факта деградации сельскохозяйственных земель, но чаще всего

объектом служит именно земельный участок. Как правило, государственная землеустроительная экспертиза проводится, когда идет спор: об определении границ участка; в связи с установлением сервитутов; о предоставлении участка в собственность; об оборотоспособности участка; в связи с нарушениями во время застройки; по поводу возможности возведения на участке спорного объекта [4].

Криминалистическая почвоведческая экспертиза – это вид судебной экспертизы, применяемый в уголовном судопроизводстве для установления связи человека, предмета или животного с конкретным местом происшествия через анализ почвенных следов. Объектом судебно-почвоведческой экспертизы выступает почва, грунт, представленные в установленном законом порядке для решения задач судебно-почвоведческой экспертизы, а также объект-носитель, под которым подразумевается предмет материального мира, представленный эксперту для производства экспертизы, на котором присутствуют следы (наслоения) почвы или грунта [3]. Экспертиза играет важную роль в уголовных расследованиях, охватывая широкий круг преступлений: убийства, изнасилования, кражи, ДТП, незаконную вырубку леса и добычу полезных ископаемых. В делах о преступлениях против личности, таких как убийства и изнасилования, экспертиза помогает установить присутствие подозреваемого на определённом месте. Анализ почвы на одежде или теле может указывать на борьбу и подтверждать давность и механизм появления следов. В ДТП экспертиза дополняется трасологией, анализом лакокрасочных покрытий и биологическими исследованиями почвы на автомобиле, что позволяет точно установить место аварии и связать транспортное средство с происшествием. Также экспертиза используется при расследовании хищений, грабежей и краж скота, где анализируются следы на обуви или животных. Основными задачами криминалистической экспертизы почв являются: выявление и локализация почвенных материалов на исследуемом объекте, установление факта контактного взаимодействия, а также определение местоположения происшествия на основании анализа почвенных наслоений [7; 9; 11].

В настоящее время судебные почвоведческие экспертизы становятся все более и более востребованными и к их выполнению привлекаются высококвалифицированные специалисты-почвоведы.

Список литературы

1. ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения (ред. от 01.07.1988). М. : Стандартинформ, 2008. 11 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data/22/2224.pdf (дата обращения 05.04.2026).

2. ГОСТ Р 58081-2018. Судебно-экологическая экспертиза. Термины и определения. Введ. 2018-09-01. М. : Стандартинформ, 2018. 11 с. URL: https://files. stroyinf.ru/Data2/ 1/4293738/4293738974. pdf (дата обращения 05.04.2026).

3. ГОСТ Р 70699-2023. Судебно-почвоведческая экспертиза. Термины и определения. Введ. 2023-07-01. М. : Рос. ин-т стандартизации, 2023. 12 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data/799/79936.pdf (дата обращения 05.04.2026).

4. Землеустроительная экспертиза. URL: https://www.arbitr-praktika.ru/article/2623-zemleustroitelnaya-ekspertiza (дата обращения: 05.04.2026).

5. Михалева, Н. В. Современный взгляд на объекты судебно-экологической экспертизы // Теория и практика судебной экспертизы. 2021. Т. 16, № 3. С. 26–31. DOI: 10. 30764/1819-2785-2021-3-26-31

6. Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды : приказ Минприроды России от 08.07.2010 № 238. URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 05.04.2026).

7. Почвоведческая экспертиза: Криминалистическая почвоведческая экспертиза: [сообщество в соц. сети «ВКонтакте»] / Северо-западный региональный центр экспертиз. URL: https://vk.com/szrce (дата обращения: 05.04.2026).

8. Санитарно-эпидемиологические требования. СанПин 1. 2. 3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» : постановление Гл. гос. сан. врача РФ от 28.01.2021 № 2. URL: https://nagut6.gosuslugi.ru/netcat_files/174/2801/SP123685_21.pdf (дата обращения: 05.04.2026).

9. Федеральное бюджетное учреждение Российский федеральный центр судебной экспертизы имени профессора А. Р. Шляхова при Министерстве юстиции Российской Федерации. Почвоведческая экспертиза: сайт. URL: https://www.sudexpert.ru/possib/soil.php (дата обращения: 05.04.2026).

10. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ. URL: http://pravo.gov.ru (дата обращения: 05.04.2026).

11. Центр медицинских экспертиз. Почвоведческая экспертиза почв и грунтов: сайт. URL: https://psiex.ru/pochvovedcheskaya-ekspertiza-pochv-i-gruntov/ (дата обращения: 05.04.2026).

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. С. Л. Куклина.

УДК 574.587

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАКРОЗООБЕНТОСА ПРИТОКОВ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

М. В. Охотникова, И. О. Батранина, Е. Б. Говорухина

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
milena.okhotnikova@mail.ru

The article presents a comparative analysis of macrozoobenthos in small tributaries of Southern Baikal based on taxonomic composition, abundance, and biomass. Differences in community structure, including amphipod-dipteran and oligochaete-chironomid types, reflect environmental conditions of the studied watercourses.

Малые водотоки играют важную роль в поддержании биоразнообразия и формировании экологического состояния водных экосистем, а также являются начальными звеньями гидрографической сети и во многом определяют качество воды в связанных с ними водоемах [2]. Несмотря на это, малые реки и ручьи остаются менее изученными по сравнению с крупны-

ми водоемами. При изучении макрозообентоса возможно оценивать состояние водотоков, так как состав и структура донных сообществ отражает влияние гидрологических условий, типа субстрата и уровня органического загрязнения. Анализ таксономического состава и количественных показателей макрозообентоса позволяет выявить особенности функционирования экосистем и провести их сравнительную оценку [1].

Для изучения состава и структуры макрозообентоса были проведены сборы гидробиологических проб в шести притоках Южного Байкала. 14 и 16 сентября 2024 г. собрано и обработано 12 количественных проб макрозообентоса в притоках рек Осиновки, Аносовки, Переемной и Мишихи. 25 сентября 2025 г. собрано и обработано 15 количественных проб макрозообентоса в притоках р. Большой Куркавочной, руч. Галанского. На каждой точке пробы отбирались в трех повторностях. Отбор количественных проб макрозообентоса осуществлялся с помощью круглого бентометра (S = 0,017 м^2). Сбор и обработку материала проводили по общепринятым гидробиологическим методикам [3].

В шести исследованных притоках обнаружено 13 таксономических групп макрозообентоса: Oligochaeta, Chironomidae, Trichoptera, Gastropoda, Amphipoda, Ephemeroptera, Plecoptera, Hydrachnidia, Tipulidae, Muscidae, Ephydridae, Ceratopogonidae, Tabanidae.

Для оценки состояния донных сообществ были использованы структурные показатели макрозообентоса: численность, биомасса, доминирование групп, тип грунта (табл. 1).

Наибольшее таксономическое разнообразие отмечается в р. Осиновке (9 групп), наименьшее в р. Переемной (3 группы). Максимальная численность – в р. Переемной (8921,6 экз/м^2), минимальная – в р. Большой Куркавочной (424,8 экз/м^2). Максимальная биомасса – в руч. Галанском (11,33 г/м^2), минимальная – в р. Большой Куркавочной (0,42 г/м^2).

Типы сообществ варьируют. Амфиподно-диптерный тип (р. Осиновка) – характерен для песчано-илистых субстратов. Олигохетно-диптерный тип (р. Мишиха) – типичен для песчано-илистых грунтов, которые часто подвержены органическому загрязнению. Олигохетный тип (р. Аносовка, р. Переемная), с выраженным преобладанием олигохет – грунт из смеси ила, песка и мелких камней. Для р. Большой Куркавочной характерен смешанный тип сообщества с доминированием веснянок по биомассе. Ручей Галанский – хирономидный тип – песчано-илистые грунты, характерен для устьевых участков рек.

При сравнении таксономического состава макрозообентоса в исследованных водоемов были выявлены общие и отличительные признаки. Во всех водотоках были обнаружены две таксономические группы: Oligochaeta и Chironomidae, что говорит о некотором сходстве макрофауны в исследованных реках. В р. Осиновке преобладали амфиподы, в реках

Аносовке, Переемной, Мишихе, Большой Куркавочной – олигохеты, в ручье Галанский – хирономиды.

Максимальное таксономическое разнообразие отмечено в р. Осиновке, где зарегистрировано 9 групп, тогда как в р. Переемной минимальное – 3. Такие различия могут быть связаны с особенностями донных грунтов.

Таблица

Показатели макрозообентоса в притоках Южного Байкала (2024, 2025 гг.)

Водоем	Кол-во таксонов	N, экз/мI	B, г/мI	Доминирующие группы по численности	Доминирующие группы по биомассе	Тип грунта
Осиновка	9	2490,2	5,10	Amphipoda	Diptera	Илистый песок, дресва
Аносовка	5	5627,5	6,98	Oligochaeta	Oligochaeta	Илистый песок, дресва, камни
Мишиха	7	5313,7	1,33	Oligochaeta	Diptera	Камни, дресва, наилок, мелкая галька
Переемная	3	8921,6	1,41	Oligochaeta	Oligochaeta	Песок, наилок, детрит, опад
Большая Куркавочная	7	424,8	0,42	Oligochaeta	Perlidae	Илистый песок, опад, дресва
Галанский	5	4197,3	11,33	Chironomidae	Chironomidae	Илистый песок, опад, дресва

Олигохеты и хирономиды также являются повсеместно встречающимися группами, что свидетельствует об их высокой экологической пластичности и роли в процессах деструкции органического вещества. Наибольшая биомасса хирономид в ручье Галанский объясняется накоплением органики в устьевом участке отбора проб.

Однородность макрозообентоса по основным таксономическим группам объясняется сходством экологических условий среды обитания: малые реки расположены в южной части Байкала, имеют горный характер с быстрым течением, низкой температурой воды (8 °C). Эти факторы способствуют формированию в подобных малых горных водотоках типичных реофильных сообществ. Различия в составе грунтов и гидрологическом режиме обусловили вариабельность структуры зообентоса. Также малые водотоки являются чувствительными индикаторами экологического состояния и поэтому требуют дальнейшего мониторинга для оценки антропогенного влияния и сохранения биоразнообразия Байкальского региона [4].

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 126032619272-9 «Изучение водных и наземных экосистем в условиях изменений, происходящих в биогеоценозах Восточной Сибири. Музеефикация исследовательских и научно-исторических материалов».

Список литературы

1. Биота водоемов Байкальской рифтовой зоны / В. В. Тахтеев [и др.]. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. 231 с.

2. Владимиров А. М., Орлов В. Г.Охрана и мониторинг поверхностных вод суши : учебник. СПб. : РГГМУ, 2009. 220 с

3. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеоиздат, 1983. 240 с.

4. Экологический мониторинг озера Байкал : учеб. пособие / отв. ред.: В. В. Тахтеев, Е. Б. Говорухина, В. П. Самусенок. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022. 239 с.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. Е. Б. Говорухина.

УДК 582.33

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСШИХ МХОВ ГОРОДА ШЕЛЕХОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

В. В. Пастушенко

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nica.pastushenko@yandex.ru

A moss-based bioindication study in Shelekhov used anatomical-morphological and ecological-substrate analyses, identifying 29 species (20 genera, 16 families). Eurysubstrate species dominate, increasingly colonizing anthropogenic surfaces, with high ecological plasticity conferring resistance to drought and mechanical stress.

Мохообразные представляют древнейшую группу высших растений, способных ассимилировать всей поверхностью тела. Простое строение, отсутствие развитой проводящей системы определяет их чувствительность к изменениям в окружающей среде. Преобладание вида на определенной территории связано с её экологическими особенностями. Мхи обладают чёткой приуроченностью к субстратам, так как их физико-химические параметры (кислотность, минеральный состав, способность удерживать влагу и шероховатость поверхности) влияют на рост и физиологическую активность. Именно поэтому мхи экологически избирательны. Вследствие, бриофиты способны накапливать поллютанты и быстро реагировать на стресс, что позволяет рассматривать их в качестве биоиндикаторов на территориях с высокой антропогенной нагрузкой.

Работа посвящена изучению видового разнообразия бриофлоры г. Шелехова и её эколого-субстратной приуроченности.

Город Шелехов (рис. 1) – административный центр Шелеховского района, находится между долинами рек Иркут и Олхи в 18 км от Иркутска.

Так как район исследования находится в отрицательной форме рельефа с высокой степенью расчлененности и неравномерностью увлажнения,

из-за постоянной повторяемости ветров западного и северо-западного направления (см. рис. 1) создаются условия для концентрации воздушных загрязнений и аккумуляции их в речных долинах, что приводит к снижению видового разнообразия мохообразных [1; 3].

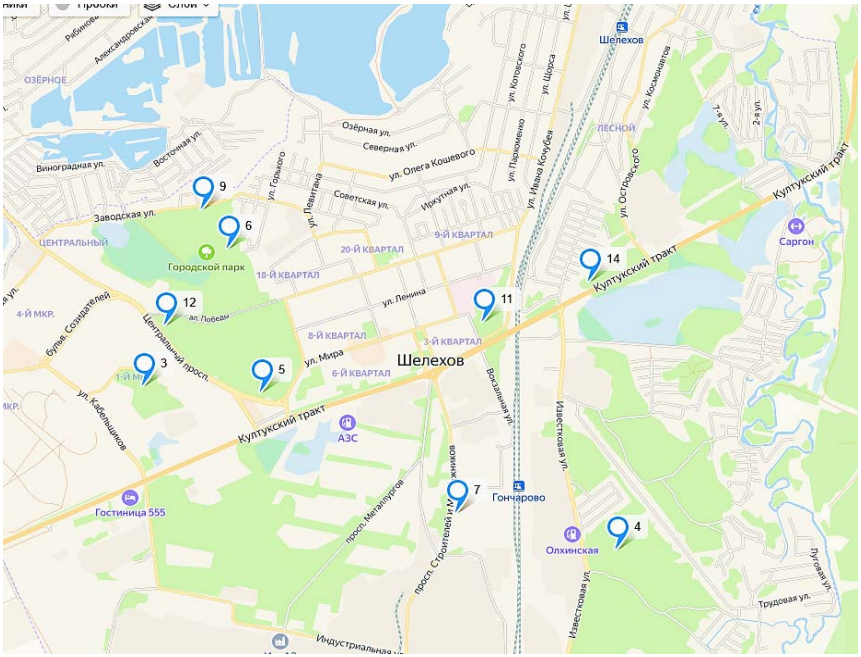


Рис. Расположение г. Шелехова и точек сбора образцов:
3 – лес у 1-го мкрн, *4* – лес у СНТ «Восход», *5* – лес у автостанции, *6* –парк 18 мкрн, *7* – лес у привокзального микрорайона, *9* – лес у реабилитационного центра, *11* – лесопарк в больничном городке, *12* – парк у храма, *14* – лес у АЗС «Роснефть»

Негативное влияние на экосистемы города оказывают крупные предприятия, такие как ПАО «РУСАЛ» и АО «Иркутсккабель». Сравнение данных государственных докладов [4; 5] отражает снижение концентраций формальдегида и взвешенных веществ, однако интегральный канцерогенный риск перешёл в категорию настораживающего. В перечень приоритетных загрязнителей добавился фтористый водород – маркер алюминиевого производства. Из-за того, что мхи поглощают минеральные вещества и воду всей поверхностью тела, они наиболее уязвимы. В зонах с сильным антропогенным влиянием произрастают наиболее устойчивые виды.

В качестве объекта исследования рассматривались листостебельные мхи.

Точки отбора мохобразных определялись маршрутным методом и выбирались на основе различной степени антропогенной трансформации. На каждой точке производился сбор из 15-20 пакетообразцов. На каждый образец приходилась этикетка с указанием места, даты сбора, субстрата и номера образца.

Камеральная обработка включала в себя сушку, очистку и сортировку образцов.

Анатомо-морфологический метод использовался для определения видовой принадлежности мохообразных. Для этого изготавливали препараты на водной основе, которые рассматривались под микроскопом. Определение видов происходило с помощью специализированных определителей.

За период исследования было собрано 187 пакетообразцов, 15 из которых на фоновой территории в районе станции Подкаменной. Было определено 29 видов из 20 родов и 16 семейств

Далее проводился флористический анализ, включающий составление конспекта флоры. Относительно приуроченности к субстрату в период обработки материала были выделены следующие эколого-субстратные группы мохообразных:

Эпилитные мхи, произрастающие на камнях и на поверхности горных пород.

Эпигейные мхи. Такие мохообразные растут непосредственно на почве. Из общего количества видов к данной группе приурочены 9, из них выделяются виды: *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwdgr*, Brachythecium baicalense* Ignatov, *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp. ex Milde., *Dicranum polysetum* (Loeske) Margad*, Helodium blandowii* (Web. et Mohr) Warnst., *Plagiomnium ellipticum* (Brid.) T. J. Kop., *Polytrichum commune* Hedw., *Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst., *Sphagnum centrale* (Warnst.) Zick.

Эпифитные мхи, произрастающие на растениях, зачастую на коре живых деревьев.

Группа эпиксильных мхов, развивающихся на гниющей древесине, валежниках и пнях.

Мхи, произрастающие на антропогенных субстратах, среди которых различные искусственные поверхности: бетонные плиты, кирпичи, крыши и т. д.

Эврисубстратные. Особая группа мохообразных, которая объединяет виды, произрастающие на разных типах субстратов. Данную эколого-субстратную группу представляют 20 видов, а именно: *Amphidium mougeotii* (Bruch & Schimp.) Schimp., *Atrichum tenellum* (Röhl.) Bruch & Schimp., *Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum creberrimum* Taylor, *Bryum elegans* Nees, *Bryum schleicheri* Schwägr., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Cirriphyllum crassinervium* (Taylor) Loeske & M. Fleisch., *Cynodontium tenellum* (Schimp.) Limpr., *Dicranum flexicaule* Brid.,

Dicranum scoparium Hedw., *Discelium nudum* (Dicks.) Brid., *Grimmia anodon* Bruch & Schimp., *Leptobryum pyriforme* (Hedw.) Wilson, *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst., *Plagiomnium confertidens* (Lindb. & Arnell) T. J. Kop., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. J. Kop., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.

Проведен сравнительный анализ эколого-субстратных групп на фоновой территории и в Шелехове, который показал, что на фоновой выделяется 2 крупные эколого-субстратные группы: эврисубстратная и эпигеидная, что говорит о высокой экологической пластичности видов.

Таким образом, изучение мохообразных г. Шелехов представляет собой исследование, отражающее снижение общего видового богатства в промышленной зоне. Также прослеживается доминирование эврибионтных (широко адаптивных видов).

Изучение эколого-биологических особенностей листостебельных мхов г. Шелехова представляет собой актуальную научную задачу, имеющую не только теоретическое, но и практическое значение для экологической оценки состояния города с активно развивающейся социально-экономической средой.

Список литературы

1. Белозерцева И. А., Хавина Л. А. Загрязнения воздушной среды в зоне воздействия ИркАЗа и здоровье населения г. Шелехов // Сибирский медицинский журнал. 2012. № 3. С. 122–124.

2. Белоусов В. М. Морфологические особенности новейшей структуры восточной части Восточного Саяна и Присаянья // Проблемы геоморфологии Восточной Сибири. Иркутск, 1979. С. 74–96.

3. Иркутская область (природные условия административных районов). / Н. С. Беркин [и др.] ; ред. А. Г. Золотарев. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. 304 с.

4. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Иркутской области в 2023 году» / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Упр. Роспотребнадзора по Иркутской области. Иркутск, 2024. 326 с.

5. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Иркутской области в 2024 году» / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Упр. Роспотребнадзора по Иркутской области. Иркутск, 2025. 321 с.

Научный руководитель преподаватель Е. А. Верещагина.

УДК 631.4

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАСОЛЕНИЯ ГИПСОНОСНЫХ ПОЧВ ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ

А. Л. Прокопенко, В. А. Николаева, Н. Д. Киселева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
alinaprokopenkoo145@gmail.com

The study of the electrical conductivity (EP) of gypsum-bearing soils of the southern Angara region is aimed at assessing their salinity and developing adaptive land reclamation strategies. It has been established that gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) forms a unique EP regime, which differs from the classical salt salinization. It is shown that the combination of field and laboratory methods makes it possible to differentiate the contribution of gypsum and toxic salts.

Электропроводность (ЭП) почвы – способность почвенного раствора проводить электрический ток. Отражает концентрацию растворимых солей и подвижных ионов (Na^+, K^+, Ca^+, Mg^+, Cl^-, SO_4^{2-} и др.). Данный показатель измеряется в миллисименсах на сантиметр (мСм/см) или децисименсах на метр (дСм/м). ЭП является важным индикатором засоленности почв, так как высокая электропроводность обычно свидетельствует о повышенном содержании растворимых солей, таких как хлориды, сульфаты и карбонаты. Электропроводность является важным показателем для оценки плодородия почв. Высокая электропроводность может свидетельствовать о засоленности почв, что негативно влияет на рост растений. Однако в гипсоносных почвах умеренное содержание гипса может способствовать улучшению структуры почвы и повышению её плодородия. Факторы, влияющие на электропроводность изучаемых почв, могут быть: содержание гипса и других солей; влажность почвы; гранулометрический состав; температура.

Для оценки степени засоления по показателю удельной электропроводности (1:5) предлагается использовать следующие критерии: 0-0,4 дСм/м незасоленные; 0,4–0,6 дСм/м – слабозасоленные; 0,6–1 дСм/м – среднезасоленные; 1-1,9 дСм/м – сильнозасоленные; > 1,9 дСм/м – очень сильнозасоленные [2].

Почвенный покров Южного Приангарья отличается разнообразием и включает различные типы почв, среди которых не значительную долю занимают гипсоносные. К основным типам гипсоносных почв, встречающимся в регионе, относятся солончаки, солонцы гипсоносные, лугово-солончаковые почвы, луговые, дерново-карбонатные.

Гипсоносные почвы Южного Приангарья формируются в условиях преобладания испарения над осадками, Кау < 1. Это способствует накоплению легкорастворимых солей, включая гипс, в верхних горизонтах почв. В геологическом строении Приангарья участвуют осадочные породы кембрия, перекрытые юрскими и четвертичными отложениями. Верхнекембрийские породы, занимающие большую часть территории, играют клю-

чевую роль в почвообразовании. Они представлены красноватыми известковистыми песчаниками, переслаиваемыми красными мергелями, глинами, аргиллитами и гипсом. Эти породы образовались в условиях мелководного моря или лагун, о чем свидетельствуют солонцеватость, гипсоносность, трещины усыхания и волноприбойные знаки [1]. Засоленные почвы отмечаются в основном в южной, наиболее освоенной части Иркутской области. Эти почвы приурочены в основном к поймам и надпойменным террасам рек Унги, Обусы, Осы, Куды и их притоков. Степень засоления в почвах от верховьев рек к низовьям постепенно нарастает, достигая максимума в средних и нижних частях речных долин и падей [3]. Наиболее богатые гипсом отложения расположены на левобережье Ангары, ограниченном реками Унга и Залари с севера и падью Каменка с юга. Влияние почвообразующих пород отражается в том, что почвы характеризуются высокой неоднородностью гранулометрического состава, что также влияет на их электрические свойства. Преобладание песчаных и супесчаных фракций способствует более высокой электропроводности по сравнению с глинистыми почвами, благодаря лучшей аэрации и водопроницаемости.

Объектами исследования послужили гипсоносные почвы, сформированные в различных условиях:

Разрез № 1, зачистка берегового вала р. Тангутки. Название почвы по Классификации 1977 г: A-[A]-B-Bca,g-Cg(G) – солончак гидроморфный маломощный карбонатный на аллювиальных суглинках. Классификация 2004 г.: A-S-Bca,g-CGs – солончак тёмный. Отличительной особенностью является наличие в срединной части признаков оглеения, характеризующиеся наличием горизонтов с ржавыми и сизыми пятнами, с обильным выцветанием легкорастворимых солей, гипса и карбонатов. По всему профилю прослеживается вскипание от 10% HCl, что говорит о присутствии карбонатов.

Разрез № 2 заложен на высокой пойме р. Унги. Название почвы по Классификации 1977 г.: Ad-[A]-Cca-[A]-Cca,f-Cca-Cg-[Ag] – аллювиальная дерновая слоистая. Классификация 2004 г.: AYca-Acca-C‿ca-AUca-C‿ca,f-C‿ca-CG-AG – аллювиальная серогумусовая глеевая. Разрез обладает выраженной слоистостью, буровато-желтые оттенки сменяются тёмно-серыми. Срединная часть профиля подверглась наиболее сильным интенсивным скачкам характера и высоты паводков. Наличие светлых полос легкого гранулометрического состава говорит об экстремальных паводках, во время которых происходило отложение наиболее крупных и тяжелых частиц фракции физического песка. Темные полосы свидетельствуют о наиболее спокойном гидродинамическом режиме почвы.

Разрез № 3, заложенный на приводораздельной поверхности в долине р. Нукутки. Название почвы по Классификации 1977 г.: O-A1-B1-B2-C – бурая лесная остаточно карбонатная малогумусная. Классификация

2004 г.: AU1-AU2-BMca1-BMca2-Cca – бурозём тёмный остаточно-карбонатный Верхняя часть профиля представлена тёмно-серым цветом мощностью 20 см, с хорошо выраженной мелкокомковатой-зернистой структурой. Ниже залегает структурно-метаморфический горизонт рыжевато-коричневого цвета. Гранулометрический состав сменяется с тяжелого суглинка до глины. Отличаются от бурозёмов более тёмной коричневато-бурой окраской всего профиля.

Метод исследования: определение электрической проводимости при помощи кондуктометра. Исследования проходили в ХАЦ Институт географии имени В. Б. Сочавы СО РАН. В исследованных почвах кроме выявления показателей электропроводности, определялось содержание легкорастворимых солей и показатели pH.

В солончаке тёмном, сформированном в долине р. Тангутки, распределение pH в срединной части профиля колеблется в пределах от 6,8 до 7,6, в нижней части профиля показатель держится в пределах 7,1, и в самом нижнем горизонте происходит увеличение до 7,5. Несмотря на увеличение pH электропроводность с глубины 210–230 резко снижается до значений 0,66 мСм/см, что говорит о слабом засолении, хотя в срединной части профиля и в верхнем горизонте значения показателей относятся к очень сильно засоленным. Показатели легкорастворимых солей соотносятся с показателями электропроводности.

Аллювиальная серогумусовая глеевая почва, разрез заложен в долине р. Унги, характеризуется незначительным зигзагообразным понижение pH к нижнему горизонту от 7,5 до 6,8. Показатель электропроводности в данной почве, несмотря на высокие значения pH, достаточно низкий и относит почву к незасоленным. Содержание легкорастворимых солей, так же, как и электропроводность, не изменяется по профилю и держится в низких значениях.

В буроземе тёмном остаточно-карбонатном, сформированном на приводораздельной части р. Нукутки, показатель pH незначительно увеличивается вниз по профилю от 7,8 до 8,7. Показатель электропроводности уменьшается к средней части профиля и далее снова увеличивается в нижней части, достигая своего максимума 0,21 мСм/см, что относит почву к незасоленным. Показатель легкорастворимых солей соответствует показателю электропроводности и повторяет его траекторию.

Электропроводность в изученных гипсоносных почвах изменяется от 0,12 до 4,12 мСм/см. Максимальные значения выявлены в солончаке тёмном, сформированном в условиях береговой линии р. Тангутки. В почвах долин рек Унги и Нукутки показатель электропроводности находится в интервалах, которые не позволяют отнести изучаемые почвы к засоленным.

Список литературы

1. Одинцов М. М. Геологическая экскурсия по Ангаре. Иркутск, 1947. 80 с.

2. Прокопьева К. О., Конюшкова М. В. Гармонизация результатов химического исследования засоленности почв // Аридные экосистемы. 2023. Т. 29, № 3 (96). С. 24–35.
3. Шишов Л. Л., Панкова Е. Н. Засоленные почвы России. Академкнига, 2006. 854 с.

УДК 631.4

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ГРУНТО-СМЕСЕЙ ДЛЯ КОМПОСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОРГАНОГЕННЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ И ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. И. Ремизов, Н. А. Мартынова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Remizovdenis89@gmail.com

An algorithm has been developed for conducting a comparative environmental assessment and quality of variants of created compost' soil mixtures, which have been based on sawdust with the addition of different ratios of various organic and mineral materials using the biotesting method.

Компосты – это удобрения, получаемые в процессе аэробной биодеградации различных органических отходов растительного или животного происхождения под влиянием деятельности микроорганизмов, редуцентов и детритофагов. В результате в органической массе повышается содержания доступных для растений элементов питания (N, P, K и др.) и уменьшается количество целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ (связывающих доступный фосфор и калий); грунт обезвреживается от патогенной микрофлоры и яиц гельминтов, приобретает сыпучесть и зернистость, что улучшает его водно-солевой баланс.

От загрязнения почв страдают как сельскохозяйственные угодья, так и природные экосистемы. Последствия загрязнения оказывает негативное воздействие на флору и фауну загрязнённых участков и к изменению экосистемы в целом. Загрязнение лесных территорий отходами деревообрабатывающей промышленности вызывает значительные изменения в биоценозах на территории Иркутской области. Использование органических отходов в качестве основы грунтосмесей является основной задачей данного проекта.

Цель данного проекта: разработка оптимального варианта компостной смеси (продукта) на основе древесных опилок с добавлением различных материалов и предварительная оценка их свойств с применением метода биотестирования. В задачи исследования входило: постановка и проведение опытов различных вариантов компостирования на основе органогенных отходов лесопромышленного комплекса, предприятий сельскохозяйственного производства и теплоэнергетики, дачных и фермерских хозяйств, при-

родных органических и минеральных веществ, микробиологических препаратов микробиомов почв; проведение оценки экологического состояния полученных субстратов компостирования на основе методов биотестирования; разработка рекомендаций для ускорения технологий процессов компостирования и гумусообразования на основе разного рода отходов.

Отходы и материалы, используемые в качестве материала для грунтосмесей: зола (З), торф (Т), глина (Г), птичий помет (ПТ), лигнин (Л), песок (П) и почвенный грунт гумусового горизонта (ПЧ). Варианты грунтосмесей были составлены на основе теоретических сведений из литературных источников, анализа результатов предварительных исследований pH используемых материалов, а также – их смесей и отслеживания изменения их pH в течение месяца, после чего и были созданы первые «предварительные» варианты грунтосмесей. Для составления и количественной оценки материалов и грунтов в смесях была определена их гигроскопическая влажность. Соотношения применяемых материалов рассчитывались в пересчете на массовые проценты с учётом их влажности. Древесные опилки средней степени разложенности имели очень кислые значения pH суспензии (< 4). Для нейтрализации их кислотности была использована зола, птичий помет, лигнин, слабо окарбоначенная глина и уголь. Проведенные исследования выявили, что фактически у всех грунто-смесей в процессе компостирования наблюдалось сначала снижение pH до слабокислых и близких к нейтральным значениям кислотности среды, а потом – оно поднималось до слабо- и средне-щелочных значений. Мы связываем это с переходом ионов углекислого кальция из карбонатных материалов смесей в почвенный раствор под растворяющим действием органических кислот.

Для оценки экологического состояния и качества составленных нами 10 вариантов компостных грунто-смесей были проанализировали полученные для них значения pH_{H2O}, содержание общего углерода, подвижного фосфора и легкогидролизуемого (или доступного для растений и м/о) аммиачного азота, а также – pH, количество ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, Cl^- и HCO_3^- в водных вытяжках из них. (рис.). Для проведения сравнительной оценки нами была разработана система 5-бальной рейтинговой оценки для каждого показателя исходя из количественной характеристики каждого исследуемого свойства. Также, бально-рейтинговую оценку мы применили и для анализа полученных результатов биотестирования экологического состояния созданных нами грунто-смесей на основе скорости и качества прорастания семян редиса в водных экстрактах из образцов составленных грунтосмесей (табл.).

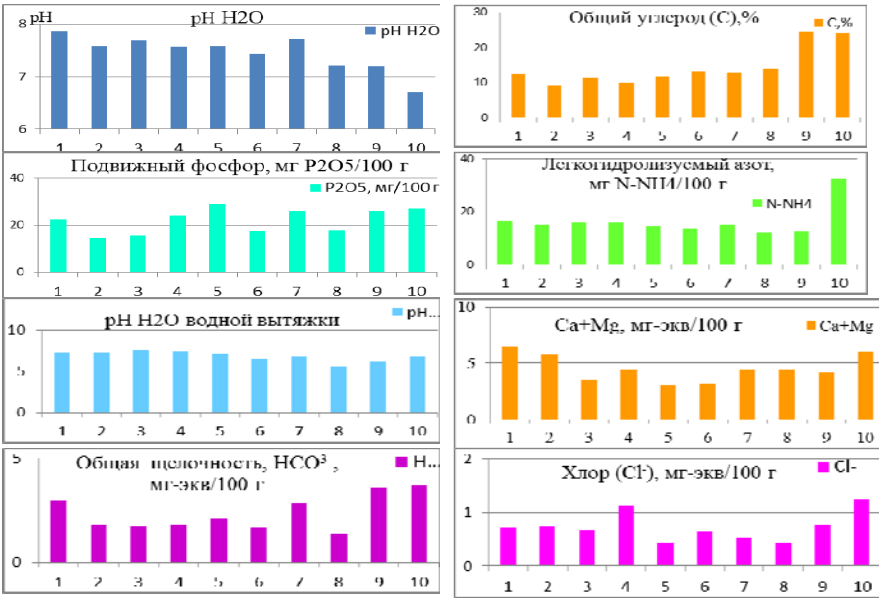


Рис. Диаграммы некоторых свойств вариантов компостных грунто-смесей: *1* – $ОП_7З_{0,5}ПТ_{0,5}Г_{15}$; *2* – $ОП_5У_2ПТ_1Г_{15}П_5$; *3* – $ОП_{10}З_1У_1ПТ_1Г_{25}Т_3$; *4* – $ОП_{10}З_1Л_2Г_{25}$; *5* – $ОП_{15}З_1Г_{25}ПЧ_2$; *6* – $ОП_{15}У_2Г_{25}ПЧ_2$; *7* – $ОП_{30}З_1Г_{40}ПЧ_3$; *8* – $ОП_{15}Л_3Г_{25}ПЧ_2$; *9* – $ОП_{30}З_1Л_3Г_{25}$; *10* – $ОП_{30}З_2У_2Г_{25}$

Таблица

Рейтинговые баллы оценки свойств компостных грунтосмесей и водных вытяжек из них

№ смеси	Формула грунтосмесей (массовые проценты)* *обозначения- см. в тексте*	Баллы свойств грунто-смесей				Баллы свойств водных вытяжек				Баллы биотеста			∑ баллов
		pH $_{H2O}$	C, %	Подв. P_2O_5, мг/100г	Легко гидрол. $N(NH_4)$мг/100г	pH $_{H2O}$	∑ $_{Ca+Mg}$	Cl^-	HCO_3	Длина проростков, см	Длина корешков, см	Биомасса, г.	
1	$ОП_7З_{0,5}ПТ_{0,5}Г_{15}$	2	3	4	3	4	6,5	4	3,00	3	4	3	12
2	$ОП_5У_2ПТ_1Г_{15}П_5$	3	2	2	3	4	5,8	4	1,84	4	5	4	10
3	$ОП_{10}З_1У_1ПТ_1Г_{25}Т_3$	2	2	3	3	3	3,5	4	1,76	3	4	4	10
4	$ОП_{10}З_1Л_2Г_{25}$	3	2	4	3	3	4,5	2	1,84	4	4	3	12
5	$ОП_{15}З_1Г_{25}ПЧ_2$	3	2	5	2	4	3,1	5	2,16	4	5	4	12
6	$ОП_{15}У_2Г_{25}ПЧ_2$	3	3	3	2	5	3,3	4	1,64	3	3	3	11
7	$ОП_{30}З_1Г_{40}ПЧ_3$	2	3	5	2	5	4,5	4	2,84	3	3	4	12
8	$ОП_{15}Л_3Г_{25}ПЧ_2$	4	3	3	2	3	4,5	5	1,36	4	4	5	12
9	$ОП_{30}З_1Л_3Г_{25}$	4	5	5	2	4	4,3	3	3,56	4	6	6	16
10	$ОП_{30}З_2У_2Г_{25}$	5	5	5	5	5	6,0	2	3,72	4	4	5	20

По итоговому суммированию баллов (табл. 1) всех исследованных показателей свойств грунто-смесей наилучшим и наиболее перспективным качественным составом для дальнейшего компостирования обладал образец грунто-смеси № 10, состоящий из 30 частей опилок, 2 частей золы, 2 частей угля и 25 частей глины ($ОП_{30}З_2У_2Г_{25}$). На основе на 10-го образца проведенного исследования будут в дальнейшем разработаны последующие варианты образцов грунто-смесей для разработки перечня рекомендаций утилизации органических и минеральных отходов предприятий Иркутской области.

УДК 631.41

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ПРИОЛЬХОНЬЯ И О. ОЛЬХОН

Р. Ю. Рыбьяков[1], Е. Р. Хадеева[1], Ю. А. Маркова[2]

[1]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
[2]Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
warfar.2004@mail.ru

The ecological state of the soils of the Priol'khonie and Olkhon Island of Lake Baikal was studied. Heavy metals in soils and pollutants such as petroleum products and benzopyrene have been identified.

Приольхонье и о. Ольхон обладают уникальными природными условиями и являются туристически привлекательными местами оз. Байкал. За последнее время туристический поток усилился за счет роста внутреннего туризма [1]. Большинство внутренних туристов, посещающих Байкал, прибывают на своем автотранспорте [2], что негативно сказывается не только на атмосферный воздух, но, в большей мере, на почвенный покров.

Почвенный покров из-за недостатка атмосферного увлажнения и высокой водопроницаемости имеет низкую биопродуктивность [3.], поэтому подвержен быстрому разрушению и медленно восстанавливается.

Тем не менее не все места в Приольхонье и на Ольхоне остаются легкодоступными для туристов. Цель данного исследования – изучить антропогенное воздействие на малопосещаемые места Приольхонья и о. Ольхон и оценить экологическое состояние почв.

Почвенные разрезы были заложены в бухте Песчаная и пади Халзын на о. Ольхон, а также на мысе Ото-Хушун и в Тажеранской степи в Приольхонье. Морфологическое описание проводили согласно «Полевой определитель почв России» (2008) [4]. Анализы почвенных образцов проводились согласно общепринятыми в почвоведении методами [5; 6].

На Ольхоне были выделены два типа почв:

Ствол синлитогенные, отдел: слаборазвитые, тип почвы: псаммозем типичный – бухта Песчаная;

Ствол синлитогенные, отдел: слаборазвитые, тип почвы: литоземы темногумусовые – падь Халзын.

В Приольхонье один тип – Ствол синлитогенные, отдел: слаборазвитые, тип почвы: карбо-литоземы темногумусовые.

Основными загрязнителями почв согласно САНПИН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» являются тяжёлые металлы, такие как ртуть, медь, кобальт цинк, никель, а также нефтепродукты и полиароматические соединения – бенз(а)пирен. Для данных загрязнителей установлен показатель ПДК (предельно допустимые концентрации).

В таблице представлены результаты исследованных почв на содержание в них загрязнителей.

Таблица

Содержание тяжелых металлов и загрязнителей в исследуемых почвах

Наименование загрязнителя	Содержание	Единицы измерения	ПДК
Псаммозем типичный – бухта Песчаная			
Водородный показатель (солевая вытяжка)	5,9	ед. pH	-
Водородный показатель (водная вытяжка)	6,6	ед. pH	-
Массовая доля подвижных форм кобальта	2,0	мг/кг	5,0
Массовая доля подвижных форм меди	1,7	мг/кг	3,0
Массовая доля подвижных форм никеля	2,2	мг/кг	4,0
Массовая доля общей ртути	< 0,005	мг/кг	2,1
Массовая доля подвижных форм цинка	6,9	мг/кг	23,0
Массовая доля нефтепродуктов	< 0,005	мг/кг	1000
Массовая доля бенз(а)пирена	< 0,005	мг/кг	0,02
Литоземы темногумусовые – падь Халзын			
Водородный показатель (солевая вытяжка)	6,9	ед. pH	-
Водородный показатель (водная вытяжка)	7,5	ед. pH	-
Массовая доля подвижных форм кобальта	6,3	мг/кг	5,0
Массовая доля подвижных форм меди	11	мг/кг	3,0
Массовая доля подвижных форм никеля	2,2	мг/кг	4,0
Массовая доля общей ртути	< 0,005	мг/кг	2,1
Массовая доля подвижных форм цинка	26	мг/кг	23,0
Массовая доля нефтепродуктов	< 0,005	мг/кг	1000
Массовая доля бенз(а)пирена	< 0,005	мг/кг	0,02
Карбо-литоземы темногумусовые – мыс Ото-Хушун			
Водородный показатель (солевая вытяжка)	8,0	ед. pH	-
Водородный показатель (водная вытяжка)	8,8	ед. pH	-
Массовая доля подвижных форм кобальта	3,7	мг/кг	5,0
Массовая доля подвижных форм меди	9,3	мг/кг	3,0
Массовая доля подвижных форм никеля	9,4	мг/кг	4,0
Массовая доля общей ртути	0,022	мг/кг	2,1
Массовая доля подвижных форм цинка	16	мг/кг	23,0

Окончание табл.

Наименование загрязнителя	Содержание	Единицы измерения	ПДК
Массовая доля нефтепродуктов	< 0,005	мг/кг	1000
Массовая доля бенз(а)пирена	< 0,005	мг/кг	0,02
Карбо-литоземы темногумусовые – Тажеранские степи			
Водородный показатель (солевая вытяжка)	8,0	ед. pH	-
Водородный показатель (водная вытяжка)	8,7	ед. pH	-
Массовая доля подвижных форм кобальта	8,5	мг/кг	5,0
Массовая доля подвижных форм меди	27	мг/кг	3,0
Массовая доля подвижных форм никеля	19	мг/кг	4,0
Массовая доля общей ртути	0,014	мг/кг	2,1
Массовая доля подвижных форм цинка	29	мг/кг	23,0
Массовая доля нефтепродуктов	< 0,005	мг/кг	1000
Массовая доля бенз(а)пирена	< 0,005	мг/кг	0,02

В результате проведенных исследований было обнаружено превышение ПДК тяжелых металлов в почвах о. Ольхон – кобальта, меди и цинка. В почвах Приольхонья также обнаружено превышение содержания тех же металлов, но добавился никель и незначительное содержание ртути. Таким образом, почвы острова подвержены антропогенной нагрузке даже в труднодоступных местах, таких как бухта Песчаная и падь Халзын. Почвы Приольхонья испытывают значительную нагрузку и подвержены более сильному загрязнению.

Список литературы

1. Биличенко И. Н. Природно-антропогенные ландшафты Приольхонья // Материалы X международного симпозиума (Международного степного форума). Оренбург, 2024. С. 178–183.

2. Куклина М. В., Гуревская А. А., Труфанов А. И. Новый этап развития туриндустрии на Байкале: мультидисциплинарный взгляд // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2021. № 4-1. С. 82–89.

3. Пеллинен В. А., Штельмах С. И., Черкашина Т. Ю. Химический состав почв предгорных степей острова Ольхон // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019 Т. 27 С. 90–110.

4. Полевой определитель почв. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.

5 Агрохимические методы исследования почв / отв. ред. А. В. Соколов. М. : Наука, 1975. 656 с.

6. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.

УДК 579.2

АЛЬГОБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Д. Г. Рэчилэ, А. А. Солодкова, Д. С. Кондратьева, А. Т. Гулигуев

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
rechile.diana@mail.ru

Thermal springs are unique ecosystems formed at the intersection of geological and biological processes. The key component of these ecosystems is algobacterial communities, whose structural and functional organization is determined by a complex of abiotic factors and is characterized by layered microbial mats with a variety of metabolic pathways. The study of these communities is of high importance both for fundamental science and for biotechnology.

Термальный источник – это естественный выход подземных вод на поверхность, нагретых геотермальной энергией земных недр до температуры значительно выше температуры окружающей среды. Обычно этот порог определяется значением выше 37 °C, хотя в различных классификациях встречаются границы от >21 °C до >50 °C [9; 10]. Эти динамичные объекты, расположенные на границе глубинных геологических процессов и приповерхностной биосферы, являются уникальными природными экосистемами [8]. Они несут информацию о строении земных недр, гидрогеохимических циклах и путях эволюции жизни в экстремальных условиях.

Особый научный интерес представляют альгобактериальные сообщества термальных источников. Представляя собой интегрированные биологические системы, они состоят из водорослей и бактерий, образующих взаимовыгодные ассоциации с совместным обменом веществ и регуляцией роста [12]. Эти сообщества служат модельными объектами для изучения адаптации жизни к высоким температурам, минерализации и щелочности, а также позволяют реконструировать возможные сценарии формирования древнейших экосистем Земли.

Актуальность темы обусловлена несколькими факторами. Во-первых, микробные сообщества термальных источников продуцируют уникальные термоустойчивые ферменты (экстремозимы) и биомолекулы, представляющие огромный интерес для развития биотехнологий, фармацевтики и промышленности [9]. Во-вторых, в условиях глобального энергетического перехода термальные воды рассматриваются как значительный возобновляемый ресурс для тепло- и электроснабжения, что требует детальной оценки их потенциала.

В основе работы лежит обобщение и анализ современных научных литературных данных, посвященных изучению термальных источников. Были рассмотрены и проанализированы публикации, освещающие вопросы классификации гидротерм, их гидролого-гидрохимические режимы, а

также таксономическую структуру и методы исследования альгобактериальных сообществ.

Проведенный анализ литературы показал, что классификация термальных источников носит многомерный характер. По температурному режиму выделяют гипотермальные (20–50 °C), мезотермальные (50–80 °C) и гипертермальные (>80 °C) источники [10]. По происхождению различают вулканические (нагрев от магматического очага) и тектонические (нагрев за счет геотермического градиента) [3]. В основе гидрохимической классификации лежит соотношение главных ионов (Na^+, CaI^+, Cl^-, HCO_3^-, SO_4I^-), согласно которому воды делятся на гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные типы. Наиболее «зрелыми» и характерными для высокотемпературных систем считаются хлоридные воды [1; 2].

Установлено, что именно абиотические факторы (температура, pH, минерализация) являются ведущими в формировании структуры альгобактериальных сообществ. В высокотемпературных биотопах доминируют гипертермофильные археи (филум *Crenarchaeota*) и хемолитоавтотрофные бактерии (филум *Aquificota*). В диапазоне средних температур (до 50–55 °C) наблюдается максимум биоразнообразия за счет появления цианобактерий – нитчатых форм родов *Leptolyngbya*, *Oscillatoria* и одноклеточных *Synechococcus*, формирующих основу микробных матов [5; 11]. Важнейшей адаптацией этих сообществ является слоистая организация матов, где вертикальное распределение таксонов соответствует градиентам света, кислорода и сероводорода. Такая структура обеспечивает эффективное протекание разнообразных метаболических процессов: оксигенного и аноксигенного фотосинтеза, хемосинтеза и сульфатредукции [6; 7].

В методологическом плане исследование термальных экосистем требует комплексного подхода. Традиционные методы (полевая гидрохимия, микроскопия) позволяют получить базовые данные о параметрах среды и морфологии сообществ. Однако, если необходима точная филогенетическая идентификация и понимание функционального потенциала микроорганизмов, то это возможно установить только с применением современных молекулярно-генетических методов, прежде всего метагеномного анализа. Высокопроизводительное секвенирование тотальной ДНК из пробы дает полную картину таксономического состава, включая некультивируемые формы, и позволяет выявить гены, ответственные за ключевые метаболические пути – фиксацию углерода и азота, а также механизмы устойчивости к экстремальным температурам [4].

Термальные источники представляют собой динамичные модельные объекты на стыке геологических и биологических процессов. Альгобактериальные сообщества данных экосистем служат резервуаром экстремофильных микроорганизмов, продуцирующих термостабильные ферменты (востребованные в ПЦР-диагностике и промышленном катализе), биоактивные соединения для фармакологии и специализированные биополимеры для биотехнологий.

Исследование выполнено при поддержке проекта Минобрнауки РФ.

Список литературы

1. Геохимия подземных и поверхностных вод, подземных льдов Окинского плоскогорья (Восточный Саян) / С. В. Алексеев [и др.] // Геология и геофизика. 2025. Т. 100. С. 35–57.

2. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометеоиздат, 1970. 443 с.

3. Поздеев А. П. Происхождение термальных вод вулканических областей // Интернаука. 2021. № 31-1. С. 44–45.

4. Covariation of hot spring geochemistry with microbial genomic diversity, function, and evolution / D. R. Colman [et al.] // Nature Communications. 2024. Vol. 15, N 1. Art. 7506.

5. Ellsworth S. A., Marquez M. S., McCoy S. J. Spatial Resolution of Microbial Community Members Within Cyanobacterial Mats from Temperate Mud Flats // Ecology and Evolution. 2026. Vol. 16, N 1. Art. e72894.

6. Community structure of thermophilic photosynthetic microbial mats and flocs at Sembawang Hot Spring, Singapore / C. George [et al.] // Frontiers in Microbiology. 2023. Vol. 14. Art. 1189468.

7. Microbial mat stratification in travertine depositions of Greek hot springs and biomineralization processes / C. Kanellopoulos [et al.] // Minerals. 2022. Vol. 12, N 11. Art. 1408.

8. Diversity and networking of uni-cyanobacterial cultures and associated heterotrophic bacteria from the benthic microbial mat of a desert hydrothermal spring / K. Lassoued [et al.] // FEMS Microbiology Ecology. 2024. Vol. 100, N 12. C. fiae148.

9. Pentecost A., Jones B., Renaut R. W. What is a hot spring? // Canadian Journal of Earth Sciences. 2003. Vol. 40, N 11. P. 1443–1446.

10. Tamburello G. et al. Global thermal spring distribution and relationship to endogenous and exogenous factors // Nature Communications. 2022. Vol. 13, N 1. Art. 6378.

11. Diversity of thermophilic prokaryotes / O. Vilhelmsson [et al.] // Thermophilic Anaerobes: Phylogeny, Physiology and Biotechnological Applications. Cham : Springer International Publishing, 2023. P. 21–90.

12. Dual-functional Bacillus amyloliquefaciens mediates autotoxin degradation and pathogen suppression in monocropped foxtail millet / Y. Xuefang [et al.] // Biology and Fertility of Soils. 2026. P. 1–16.

Научный руководитель д-р биол. наук, вед. науч. сотр., проф. Е. А. Зилов.

УДК 574.58

ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ МАССОВЫХ ЛИТОРАЛЬНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ВОЛН ТЕПЛА

С. С. Седова, Е. Б. Индосова, К. П. Верещагина

НИИ биологии озера Байкал Иркутского государственного университета, г. Иркутск, Россия
sergeevasona90@gmail.com

In the context of heat wave modeling using temperature gradients, the migratory behavior of adult and juvenile individuals of three dominant amphipod species in the littoral zone of Lake Baikal has been studied. The identified species and age-related differences in thermal sensitivity hold significant scientific and practical importance for assessing the vulnerability of endemic organisms and predicting the resilience of the ecosystem to climate change.

Глобальные климатические изменения, характеризующиеся ростом частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, создают существенную угрозу для водных экосистем. Особую опасность представляют волны тепла – продолжительные периоды аномально высоких температур, критичные для пресноводных гидробионтов с ограниченной способностью к поведенческой терморегуляции. Высокая теплоемкость воды усиливает тепловое воздействие, вызывая долгосрочные нарушения физиологических процессов и снижая выживаемость организмов.

Несмотря на актуальность проблемы, влияние волн тепла на пресноводные экосистемы остаётся слабо изученным, особенно в отношении эндемичных организмов уникальных водоемов, таких как оз. Байкал. Амфиподы, доминирующие в прибрежных зонах, являются ключевыми компонентами биоценозов, играют важную роль в трофических цепях, участвуют в переработке органического вещества и служат надежными биоиндикаторами состояния экосистемы. Настоящее исследование направлено на экспериментальное изучение особенностей миграционного поведения амфипод в условиях воздействия волны тепла у молоди и взрослых особей трех доминирующих в литорали Байкала видов: *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt, 1858)*, Eulimnogammarus cyaneus* (Dybowsky, 1874) и *Eulimnogammarus vittatus* (Dybowsky, 1874).

В эксперименте использовали взрослых амфипод трёх видов: *E. verrucosus, E. cyaneus* и *E. vittatus* – по 16 экземпляров каждого вида, а также молодь *E. verrucosus* и *E. vittatus* – по 22 особи. Для моделирования волны тепла в литорали оз. Байкал был проведён эксперимент в специально сконструированном 4-ступенчатом аквариуме, где создавали температурный градиент. Нагрев воды производили в имитированной литорали на уровне верхней ступени, где температуру постепенно повышали с 8 до 20 °С со скоростью 1 °С в час, что позволило воссоздать условия аномаль-

ного потепления и наблюдать миграционное поведение амфипод в ответ на волну тепла. На каждой ступени были размещены камни, обеспечивающие животным укрытие, для точного контроля температурного режима на всех уровнях аквариума были установлены термометры. Учёт численности амфипод на каждой ступени проводили ежечасно.

Сравнение взрослых особей трех видов амфипод показало, что их миграционное поведение в ответ на влияние волны тепла различается. Показано, что *E. verrucosus* отличается выраженной поведенческой реакцией на повышение температуры в имитированной литорали и реализует четкую стратегию избегания перегрева. Миграция амфипод начинается при достижении 11,9 °C, когда доля рачков на первой ступени снижается до 62,5 %. В диапазоне температур 14,4–15,2 °C происходит резкое перемещение: на нагреваемой зоне сохраняется лишь 12,5–25 % особей. При достижении температуры 16,8–17,6 °C 62,5–81 % амифпод концентрируется на четвертой (самой глубокой) ступени (8,3–8,4 °C). Полученные данные подтверждают, что в естественных условиях взрослые особи *E. verrucosus* мигрируют на глубину уже при прогреве воды до 14–15 °C, что свидетельствует о высокой термочувствительности вида.

Поведенческая реакция *E. vittatus* на влияние волны тепла выражена слабее, чем у *E. verrucosus*. Начало миграции фиксировали при достижении температуры 12,8 °C (доля рачков на первой ступени падает до 62,5 %), а дальнейшее перемещение происходит постепенно: при 15,2 °C в зоне нагрева находится 31 % рачков, при 16,0 °C – 25 %. При температуре 16,8–17,6 °C на первой ступени остается 12,5 % особей, при этом основная их часть распределяется между второй (50 %) и третьей (25–31 %) ступенями, тогда как на четвертую приходится всего 6–12,5 %. Таким образом, взрослые особи *E. vittatus* покидают прогреваемую литораль при 14–16 °C, но предпочитают не максимально холодные глубины, а промежуточные.

Для *E. cyaneus* характерна пассивная и хаотичная поведенческая стратегия в условиях влияния волны тепла. В диапазоне температур 8,9–10,9 °C большинство особей (69 %) остается на первой прогреваемой ступени аквариума. В отличие от других исследованных видов, даже при достижении 16,0–17,6 °C значительная доля выборки (50–69 %) продолжает оставаться на первой ступени. Активная миграция начинается лишь при превышении порога в 18 °C. При достижении температуры 20,0–20,4 °C на первой ступени остается 6–25 % особей, тогда как основная масса рачков распределяется между второй (38–50 %) и четвертой (12–31 %) ступенями. Показательно, что *E. cyaneus* не концентрируется в самой холодной зоне, предпочитая области с промежуточными температурами. Что, согласно ранее полученным данным, подтверждает их более высокую физиологическую устойчивость к тепловому стрессу по сравнению с *E. Verrucosus* и *E. vittatus*.

Сравнение молоди *E. verrucosus* и *E. vittatus* показало, что оба вида в условиях влияния волны тепла демонстрируют выраженную миграцию в более прохладные нижние уровни аквариума, однако их поведенческие стратегии различаются. Молодь *E. verrucosus* начинает мигрировать на нижние более прохладные уровни при достижении 16 °C, тогда как у молоди вида *E. vittatus* миграция начинается при достижении 11,9–12,8 °C. 50 % молоди амфипод *E. verrucosus* при прогреве до температуры 16,8–17,6 °C концентрируется на четвертой ступени с температурой 8,4–8,9 °C. В случае молоди *E. vittatus* при повышении температуры 16,8–17,6 °C основная часть амфипод распределяется между второй (27–36 %) и третьей (14–27 %) ступенями, тогда как на четвертой ступени концентрируется лишь 14–23 % особей. Даже при максимальном нагреве (20,0–20,4 °C) 18–23 % молоди *E. vittatus* продолжает оставаться в нагреваемой зоне. В отличие от *E. verrucosus*, молодь *E. vittatus* не демонстрирует выраженной тенденции к сосредоточению в наиболее холодной зоне, отдавая предпочтение промежуточным температурам, хотя и начинает мигрировать раньше.

Таким образом, выявлены различия в поведенческих реакциях на влияние волны тепла у молоди и взрослых особей трёх массовых литоральных видов байкальских амфипод. Данные важны для понимания распределения ниш при изменении температуры, оценки уязвимости эндемиков и прогноза устойчивости литорального сообщества. Результаты подтверждают необходимость мониторинга миграций и могут применяться при моделировании волн тепла.

Исследование выполнено при поддержке гранта ИГУ № 091-25-319

УДК 574.24

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ВОДЫ В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* И *LARIX SIBIRICA* В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

А. А. Строкина, О. В. Калугина

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
strokina2004@list.ru

The paper considers the change in the fractional composition of water in the needles of two light coniferous species – *P. sylvestris* and *L. sibirica* – under different levels of pollution by highly toxic emissions from an aluminum smelter. Analyzed the changes in the total water content in the needles of the trees, as well as the fractions of free and bound water.

В современный период техногенное загрязнение считается одной из главных причин сокращения площади бореальных лесов в экономическим развитых странах. При этом существенный вклад в их загрязнение на территории РФ вносят предприятия цветной металлургии, в частности алюминиевая промышленность. В силу технологической специфики с выбросами алюминиевых заводов в атмосферу поступает значительное количество диоксида серы, окислов азота, высокотоксичных фторидов, а также смолистых возгонов, представляющих собой смесь полициклических ароматических углеводородов [1]. В условиях неконтролируемого поступления элементов-загрязнителей изменяется питательный статус древесных растений, нарушается интенсивность и направленность многих метаболических процессов. Жизненное состояние деревьев в условиях загрязнения напрямую зависит от их способности к адаптации и поддержанию гомеостаза за счет защитных механизмов. Физиологические процессы в растительном организме протекают при достаточном водообеспечении, поэтому водный баланс является одним из ключевых показателей, определяющих устойчивость растений к воздействию техногенного стресса. Вода в клетках растений выступает в качестве растворителя, среды для компонентов протоплазмы, строительного материла, необходимого для образования органических соединений. Представлена она двумя фракциями: свободной и связанной.

Цель данного исследования – выявление особенностей фракционного состава воды в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.*)* и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.*)* при разном уровне загрязнения выбросами Братского алюминиевого завода. Выбор объектов исследования обусловлен их доминированием в составе лесов на территории обследования и высокой чувствительностью к поллютантам. Определение фракционного состава воды в хвое проводилось рефрактометрическим методом, основанном на способности воды выходить из тканей растений в гипертонический раствор сахарозы. Общее содержание воды в хвое определяли весовым методом и выражали в процентах от сырой массы [2].

Ранжирование древостоев по уровню загрязнения было проведено на основе кластерного анализа данных о содержании в хвое деревьев элементов-поллютантов (фтора, алюминия, серы, тяжелых металлов и металлоидов). Были выделены фоновый (загрязнение отсутствует), слабый, средний, сильный, критический уровни загрязнения. Анализ общей аккумулирующей способности деревьев, оцениваемый по зольности хвои и суммарному содержанию в ней химических элементов, показал, что хвоя *L. sibirica* отличается бульшей интенсивностью накопления химических элементов, по сравнению с *P. sylvestris*, как на фоновой территории, так и в условиях техногенного загрязнения.

Проведенные исследования показали, что, хвоя лиственницы содержит в среднем на 20% больше общего количества воды, чем хвоя сосны, что подтверждает известный факт о большей мезофитности лиственницы (рис.). При этом четкой тенденции в изменении общего содержания воды в загрязненной хвое не выявлено: у обоих видов этот показатель варьирует в пределах фоновых значений либо отклоняется от них не более чем на 10 %. Существеннее оказалась трансформация фракционного состава воды. Так, в хвое сосны по мере увеличения уровня загрязнения содержание связанной воды возрастает на 10–32 %, тогда как количество свободной воды, напротив, снижается на 25–40 % относительно фона. У лиственницы происходят аналогичные, хотя и менее выраженные изменения: содержание связанной воды повышается максимально на 12 %, а свободной – на 35 % относительно фонового уровня. Наиболее сильные отклонения характерны для деревьев, произрастающих в зоне слабого загрязнения.

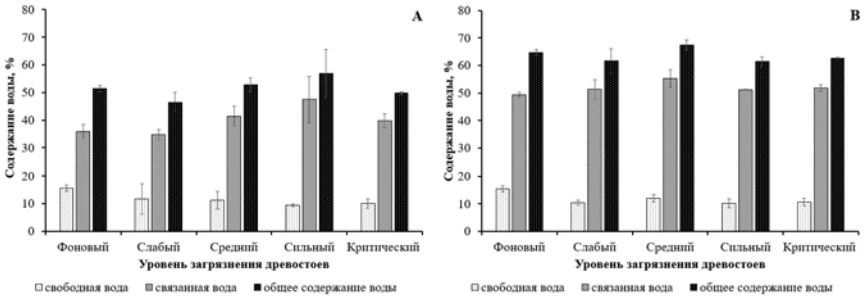


Рис. Фракционный состав воды в хвое *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* при разном уровне загрязнения эмиссиями БрАЗа

При анализе долевого участия двух фракций воды установлено, что в хвое обоих видов преобладает связанная вода (табл.). При этом у сосны по мере усиления уровня загрязнения доля связанной воды возрастает максимально на 20 %, а доля свободной воды снижается на 45 %. У лиственницы наблюдается иная картина: доля связанной воды увеличивается на 9 %,

тогда как доля свободной воды резко падает (на 30 %) уже при переходе от фонового уровня к слабому загрязнению, после чего остается на стабильно низком уровне.

Таблица

Содержание свободной и связанной воды в хвое *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* при разном уровне загрязнения эмиссиями БрАЗа (% от общего содержания воды)

Уровень загрязнения древостоев	*Pinus sylvestris*		*Larix sibirica*	
	Свободная вода	Связанная вода	Свободная вода	Связанная вода
Фоновый	31	69	24	76
Слабый	25	75	17	83
Средний	21	79	18	82
Сильный	16	84	17	83
Критический	20	80	17	83

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о нарушениях водного обмена в хвое сосны и лиственницы, вызванных высокими концентрациями элементов-поллютантов, поступающих в атмосферу в составе выбросов алюминиевого производства. Наиболее сильные изменения зафиксированы в хвое сосны, что позволяет заключить о её более высокой чувствительности к воздействию техногенного стресса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00475, https://rscf.ru/project/25-26-00475/.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2024 году». Иркутск : Реклама-Сити, 2025. 290 с

2. Гусев Н. А. Некоторые методы исследования водного режима растений. Л., 1960. 21 с.

УДК 574.5*57.048

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАБОЛИТОВ ИБУПРОФЕНА В ТКАНЯХ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД И ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА МОХОВИДНЫХ РАСТЕНИЙ К БИОАККУМУЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯ

Т. Ю. Тельнова, М. К. Колупаева, А. Ю. Белышенко, М. М. Моргунова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
telnovatamara1410@gmail.com

The study assessed the content of ibuprofen and its metabolite 3-carboxybuprofen in the tissues of endemic amphipods of Lake Baikal. The ability of moss-like plants of the genus *Marchantia* to accumulate and absorb a medicinal contaminant has been evaluated, and its threshold concentrations, which have a lethal effect on accumulator plants, have been determined.

Загрязнение водных экосистем фармацевтическими препаратами, в частности нестероидными противовоспалительными средствами, представляет собой глобальную экологическую проблему [4]. Ибупрофен как один из наиболее широко используемых лекарственных препаратов регулярно обнаруживается в поверхностных и грунтовых водах по всему миру [2]. В воде ибупрофен способен превращаться в такие метаболиты, как карбоксиибупрофен и гидроксиибупрофен, которые могут проявлять большую устойчивость и токсичность по сравнению с исходным соединением [3].

Озеро Байкал является уникальным объектом Всемирного природного наследия и характеризуется высоким уровнем эндемизма фауны и чувствительностью к такому антропогенному воздействию, как загрязнение лекарственными препаратами, в том числе ибупрофеном. Байкальские амфиподы, как доминирующий компонент бентофауны, играют ключевую роль в трофических цепях экосистемы и способны активно накапливать в себе загрязняющие вещества [1]. Одновременно с диагностикой загрязнения оз. Байкал и его обитателей актуальной задачей является поиск организмов, способных к биоаккумуляции и потенциальной фиторемедиации фармацевтических загрязнителей. Моховидные растения, обладающие высокой сорбционной способностью, рассматриваются как перспективные объекты для таких исследований.

Целью представленной работы является исследование контаминации байкальских эндемичных амфипод ибупрофеном и его метаболитами в природных условиях, а также оценка способности моховидных растений к поглощению и накоплению ибупрофена для определения их потенциальной роли в процессах самоочищения водоемов.

Объектами исследования, направленного на контаминацию организмов ибупрофеном и его метаболитами, являлись байкальские эндемичные амфиподы родов *Eulimnogammarus* и *Pallasea*. Амфиподы были отобраны

в 2023–2025 гг. в четырех местах пробоотбора: пос. Листвянка, пос. Большое Голоустное, р. Ангара в черте г. Иркутска, пгт. Усть-Баргузин. В качестве объектов исследования оценки способности моховидных растений к поглощению ибупрофена использовали печеночный мох рода *Marchantia* sp. Мох *Marchantia* sp. культивировали *in vitro* на жидкой среде S Мурасиге–Скуга. Культивирование проводили при различных концентрациях ибупрофена в среде: 3,2 мкг/мл, 8 мкг/мл и 16 мкг/мл (соответственно 2, 5 и 10 мкл раствора на 50 мл среды).

Все эксперименты представленного исследования выполнены на базе хромато-масс-спектрометрического комплекса Agilent Infinity II с масс-спектрометрическим детектором Agilent 6470B (QQQ). Идентификацию производного ибупрофена проводили в режимах сканирования Precursor Ion и Product Ion.

В результате количественной оценки был показан широкий диапазон концентраций ибупрофена в амфиподах, на уровне от 2,83 нг/г (*Eulimnogammarus* sp., Листвянка, 2025 г.) до 3607,32 нг/г (*Pallasea* sp., р. Ангара, 2025 г.). Высокие концентрации до 2374,24 нг/г также отмечены для *Eulimnogammarus* sp., отобранных в р. Ангаре в 2025 г.

В анализируемых образцах амфипод обнаружен не только ибупрофен, но и соединение со схожим характером фрагментации в ячейке соударения. Масс-спектрометрический анализ показал характер фрагментации иона-предшественника неизвестного производного 248,8 Да, иона-продукта – 161,1 Да, а также нейтральную потерю, масса которой 44 Да, что соответствует углекислому газу. Полученные данные свидетельствуют о том, что неизвестная примесь ибупрофена идентифицирована как 2-[4-(2-метилпропил)фенил]бутандиовая кислота или 3-карбоксиибупрофен. 3-карбоксиибупрофен является одним из основным метаболитов ибупрофена, и имеет молекулярную массу 250,29 г/моль.

3-карбоксиибупрофен обнаружен во всех исследуемых образцах амфипод *Eulimnogammarus* sp. и *Pallasea* sp. Контаминация амфипод, отобранных в пос. Большое Голоустное в 2023 г. составила 93 % от всего количества образцов; в образцах из р. Ангары в 2023 г. – 100 %; в амфиподах, отобранных в пгт. Усть-Баргузин в 2024 г. 6 %; в пробах из р. Ангары в 2025 г. – 25 %; и в образцах, собранных в пос. Листвянка в 2025 г., – 92 %. Так, высокий процент обнаружения 3-карбоксиибупрофена в амфиподах свидетельствует не только о повсеместной контаминации водных объектов, но и об активной биотрансформации ксенобиотика у представителей байкальского зообентоса.

Важно, что способностью к трансформации и накоплению ибупрофена обладают не только животные, но и высшие растения. В модельных экспериментах с *Marchantia* sp. установлена способность мхов к поглощению и накоплению ибупрофена из питательной среды. В процентном со-

отношении средняя поглощаемая концентрация ибупрофена мхом составила 1,5±1,04 % для минимальной концентрации в среде 3,2 мкг/мл; 0,2±0,26 % для 8 мкг/мл; 0,5±0,14 % для 16 мкг/мл. Однако концентрация 16 мкг/мл в питательной среде оказалась летальной для растения – мох начинал погибать спустя 3–4 дня культивирования. Резкое увеличение концентрации вещества, сопровождающееся гибелью растений, свидетельствует о коллапсе клеточных барьеров и неконтролируемом пассивном поглощении токсиканта.

Таким образом, полученные данные о высоком содержании ибупрофена в организмах Байкала и обнаружение его метаболита свидетельствуют об экологической угрозе включения фармацевтического загрязнителя в трофические цепи экосистемы Байкала. Механизмы, обусловливающие данную закономерность, раскрываются также в исследовании способности растительных мхов к поглощению загрязнителя. Однако выявлены ограничения подтвержденного процесса: в сублетальных концентрациях процент биоаккумуляции невелик (0,2–1,5%), а при высоких концентрациях наступает гибель организмов-аккумуляторов. Так, совокупность результатов мониторинга загрязнения ибупрофеном байкальских амфипод и модельных экспериментов по поглощению мхами лекарственного препарата вносит вклад в понимание особенностей поведения ибупрофена в водных экосистемах.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России FZZE 2024-0003 и FZZE 2024-0011.

Список литературы

1. Байкаловедение : монография : в 2 кн. / О. Т. Русинек [и др.] ; ред. Е. В. Скляров. Н. : Наука, 2012. Кн. 2. 644 с.

2. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment / Y. Luo [et al.] // Science of the Total Environment. 2014. Vol. 473. P. 619-641.

3. Chopra S., Kumar D. Ibuprofen as an emerging organic contaminant in environment, distribution and remediation // Heliyon. 2020. Vol. 6, N 6.

4. Jurado A., Vzquez-Sucй E., Pujades E. Urban groundwater contamination by non-steroidal anti-inflammatory drugs // Water. 2021. Vol. 13, N 5. P. 720.

Научный руководитель канд. биол. наук, доц. Е. А. Мишарина.

УДК 598.2

АНАЛИЗ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОСТОЧНЫХ ЛУНЕЙ, ПОМЕЧЕННЫХ ТРЕКЕРАМИ ICARUS В ЮЖНОМ ПРЕДБАЙКАЛЬЕ В ТЕЧЕНИЕ НЕМИГРАЦИОННЫХ СЕЗОНОВ

А. А. Тютрина[1,2], И. В. Фефелов[1], А. И. Поваринцев[2]

[1]НИИ биологии озера Байкал Иркутского государственного университета г. Иркутск, Россия
[2]Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
a.tyutrina@bk.ru

One of the observed harriers exhibited conservative spatial behavior in both winter and summer from its first wintering and also nested at its natal site. The second harrier was less conservative: in its second year, it drastically changed its wintering site from China to Vietnam.

Миграции восточного луня *Circus spilonotus* Kaup, 1847, распространенного в Восточной Сибири и далее к востоку, изучены значительно слабее, чем у близкородственного ему болотного луня *C. aeruginosus* (L., 1758), обитающего западнее Енисея. Поэтому особенности сезонных перемещений этого вида представляют большой интерес.

Благодаря международному проекту ICARUS в 2021 г. на юге Иркутской области, удалось пометить трекерами трех птенцов из одного выводка восточного луня. Прослежены их перемещения в места зимовок, а у большинства особей и обратно, в течение от нескольких месяцев до трех лет. Ранее в Байкальском регионе исследование миграций ястребиных с помощью спутниковых передатчиков проводилось лишь однажды: в 1998–1999 гг. на молодых орлах-могильниках *Aquila heliaca*.

В рамках данного исследования были обработаны данные о размещении помеченных луней в немиграционные периоды. Самец с номером трекера 35b1c4 был прослежен в течение трех полных лет (всего 712 локаций), лунь с номером трекера 8be39f – в течение 22 мес. (всего 502 локации). Анализ пространственного распределения локаций луней проводился с помощью программы Google Планета Земля Pro 7.3.6, куда вносились координаты и измерялись расстояния между точками и площади полигонов. Базовые статистические показатели рассчитаны в программе Excel, а другие критерии (нормальность распределения, *U*-критерий Манна – Уитни и т. д.) – в программе PAST 2.12.

Для решения задачи было выбрано сравнение выборок радиусов перемещения внутри полигона – расстояний от дневной локации птицы до условного центра (центроида) того полигона, где птица зимовала или проводила летний период между миграциями. Все 10 выборок из разных сезонов двух птиц оказались по этому параметру отклоняющимися от нор-

мального распределения. Поэтому для сравнения средних значений был выбран непараметрический U-критерий Манна – Уитни.

Различия в средних радиусах перемещения во время сезона оказались во всех случаях высокодостоверными – и у одной и той же птицы в одинаковый сезон в разные годы, и между двумя птицами в тот же сезон одного года. При анализе значений географических координат по широте и по долготе и их отклонений от среднего значения за период жизненного цикла с помощью расчета ошибок средних значений (доверительных интервалов) картина была иной.

Самец 35b1c4 (консервативный – зимовавший все три года в одном и том же регионе и в возрасте 2 и 3 года вернувшийся на родной водоем).

Между первой и второй зимовками отклонения средней координаты от центроидов идентичны и по широте, и по долготе (табл.). Между центроидами этих двух зимовок расстояние всего 1,6 км. Обе эти зимовки проходили в двух местах: первая часть была проведена в одном кластере, затем самец перемещался во второй кластер, на 80 км к югу, где и оставался до весны. Между второй и третьей летовками отклонения идентичны: они в обоих случаях меньше, чем были в первую летовку, а между второй и третьей достоверной разницы нет. В третье лето данные в июле практически не поступали. Если убрать данные за июль и из выборки второго лета, отсутствие разницы между этими сезонами в отклонениях от центроида сохраняется.

Таблица

Пространственные характеристики перемещений луней в весенне-летние периоды на родине и во время зимовок

Особь, сезон	Средняя широта мест пребывания, °N (M±SE)	Средняя долгота мест пребывания, °E (M±SE)	Площадь района пребывания, км^2
35b1c4, первая зимовка (*n* = 149)	17,9403±0,0444	103,4694±0,0293	2203
35b1c4, первое лето (*n* = 57)	52,3202±0,0394	104,027±0,0347	1593
35b1c4, вторая зимовка (*n* = 77)	17,9368±0,0581	103,4844±0,0416	243
35b1c4, второе лето (*n* = 136)	52,4794±0,003	103,9327±0,0095	122
35b1c4, третья зимовка (*n* = 59) *	18,2921±0,0058	103,7308±0,0152	51
35b1c4, третье лето (*n* = 56)	52,4796±0,0041	103,9379±0,0137	41
8be39f, первая зимовка (*n* = 155)	28,8463±0,1242	112,7853±0,0144	8080
8be39f, первое лето (*n* = 48)	52,5144±0,0112	103,9103±0,0585	413
8be39f, вторая зимовка (*n* = 112)	19,5719±0,0078	105,7348±0,0069	128
8be39f, второе лето (*n* = 34)	52,5337±0,0026	103,418±0,0188	25

Примечание. * – данные по третьей зимовке неполные (только из северного кластера).

Если сравнивать третью зимовку (когда данные были получены только из её первой половины – из северного кластера) с данными по северному кластеру со второй зимовки, они, хотя и различаются по средним показателям отклонений от центроида, но, тем не менее, очень близки: зимовка проходила консервативно. В аналогичную часть первой зимовки

птица перемещалась в северном кластере достоверно шире, чем во вторую и в третью.

Лунь 8be39f (неконсервативный – сменивший место зимовки и в возрасте 2 года не вернувшийся на родной водоем).

При сравнении первой и второй летовок оказалось, что во вторую летовку местоположения более концентрированы, (как и у 35b1c4), особенно по долготе, и различия между сезонами достоверны, выходя за рамки доверительных интервалов (см. табл.). Во второе лето птица держалась достоверно западнее, чем в первое. Вторая зимовка во Вьетнаме проходила консервативнее, так как, в отличие от Китая, лунь не отлетал на какое-то время к югу.

При сравнении пространственного поведения между двумя особями в годовалом и двухгодовалом возрастах в районе рождения можно выделить следующие результаты. В первое лето жизни обнаружена достоверная разница в отклонениях от условного центра по долготе: у 8be39f отклонения от средней долготы достоверно больше, чем у 35b1c4. При этом 8be39f держался чуть севернее, на 0,02 градуса, разница с 35b1c4 достоверна, а по долготе различий нет. А по среднему абсолютному расстоянию от условного центра у 35b1c4 среднее значение отклонения от точки центра оказалось больше, чем у 8be39f (соответственно 17,3 км против 10,8), 35b1c4 несколько шире обследовал район рождения.

В начальный период второй летовки (с июня координаты от птицы 8be39f уже не поступали) обе птицы вели себя аналогично друг другу. Достоверной разницы между характером их перемещений по местности нет ни по широте, ни по долготе, ни по расстояниям от условного центра участка пребывания. Но различие в самом местонахождении кардинально.

Очевидно, что с каждым сезоном площадь пребывания уменьшалась у обоих луней, причем это заметно не только при сравнении одинаковых периодов жизненного цикла в разные годы жизни одной и той же особи, но площадь и вообще уменьшалась с каждым сезоном (см. см. табл.).

Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых № 091-25-320.

УДК 598.252.1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПИТАНИЯ УТИНЫХ ТУНКИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

А. А. Тютрина, А. И. Поваринцев

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
a.tyutrina@bk.ru

The paper presents an analysis of the diet of 7 duck species (77 stomach samples) from the Tunkinsky District of the Buryatia Republic. It was established that plant foods predominate in the diet. Insect larvae and mollusks are found in significant quantities. The ratio of plant and animal foods varies depending on the seasons of the year. Ducks prefer to use accessible objects, while showing species selectivity in the choice of feed components and feed biotopes.

Изучение питания утиных на территории Тункинской долины Республики Бурятия позволяет глубже понять адаптации этих хозяйственно ценных видов к изменяющимся условиям окружающей среды и их место в экосистемах региона. Данное исследование питания утиных было проведено нами, после большого перерыва в работах, осуществлённых во второй половине прошлого столетия [1–3].

Трофические связи утиных, охватывающие широкий спектр пищевых ресурсов, оказывают существенное влияние на структуру и динамику водных биоценозов. Исследование питания утиных в данном регионе представляет собой важную задачу, обусловленную как экологической значимостью этих птиц, так и необходимостью разработки мер по их охране и рациональному использованию ввиду их особого хозяйственного значения.

Материалом для изучения состава питания исследуемых водоплавающих послужили 77 желудков уток, добытых во время весенней и осенней охоты в 2023–2025 гг. в серии пойменных озёр Тункинской долины, в районе рек Тунка и Талая.

Анализ питания 7 видов уток: гоголь *(Bucephala clangula)*, кряква *(Anas platyrhynchos)*, чирок-свистунок *(Anas crecca)*, красноголовый нырок *(Aythya ferina)* хохлатая чернеть *(Aythya fuligula)*, широконоска *(Anas clypeata)*, серая утка *(Anas strepera)* представлен в таблице.

Корма растительного происхождения, включающие семена и вегетативные части растений, широко используются утиными. Семена были отмечены в желудках у всех обследованных видов как осенью, так и весной (см. табл.). Чаще всего встречались семена, принадлежащие растениям семейства осоковых – *Carex* spp., *Scirpus lacustris*, *Eleocharis acicularis*, *Eriophorum*. Также были отмечены семена представителей семейств рдестовые, гречишные и сосновые.

Вегетативные части растений были обнаружены в большинстве исследованных желудках. Чаще всего отмечались измельченные части осоковых, рдестовых и ряски. У гоголей в составе пищевых комков вегетативные растительные части растений в осенний сезон выявлены не были.

Таблица

Сезонная динамика разных кормовых групп в питание утиных Тункинского района Республики Бурятия (по объёму/встречаемости в %)

№	Виды корма	*B. clangula*		*A. platyrhynchos*		*A. crecca*		*A. ferina*		*A. fuligula*		*A. clypeata*		*A. strepera*
		В, *n* = 2	О, *n* = 3	В, *n* = 22	О, *n* = 5	В, *n* = 5	О, *n* = 3	В, *n* = 7	О, *n* = 2	В, *n* = 3	О, *n* = 11	В, *n* = 2	О, *n* = 10	В, *n* = 2
1	Части растений	0,1/ 50	–	25,6/ 86,4	40,4/ 100	10,7/ 100	29,1/ 100	23,5/ 100	27,8/ 100	12,6/ 100	45,4/ 100	10,3/ 50	32,4/ 90	7,2/ 100
2	Семена растений	7,1/ 100	15,2/ 100	28/ 100	26,1/ 100	17,5/ 100	8,6/ 100	43,3/ 100	11,8/ 100	46/ 100	15,6/ 100	23,4/ 100	29,75/ 100	12,3/ 100
3	Личинки насекомых	0,2/ 100	79,7/ 100	10,5/5 4,6	0,04/ 20	1,09/ 54,6	0,6/ 66,7	0,25/ 100	–	14,4/ 66,7	0,04/ 27,3	8,8/ 100	0,9/ 40	0,6/ 100
4	Имаго насекомых	15,3/ 50	–	5,3/ 72,7	–	0,21/ 40	–	0,22/ 28,6	0,5/ 50	–	1,4/ 9,1	18,3/ 100	0,7/ 80	–
5	Субимаго насекомых	0,3/ 50	–	–	–	–	–	0,02/ 14,3	–	–	–	–	–	–
6	Куколки и нимфы насекомых	0,1/ 50	–	–	0,03/ 20	–	–	0,04/ 28,6	–	–	–	–	0,01/ 10	–
7	Моллюски	–	–	0,01/ 4,6	0,14/ 20	–	–	–	0,01/ 9,1	–	–	0,3/ 100	0,03/ 40	–
8	Гаммарусы	–	–	–	–	–	–	–	0,2/ 9,1	–	–	–	20,1/ 40	–
9	Пауки	–	–	0,01/ 4,6	–	–	–	–		–	–	–	–	–
10	Детрит	31,2/ 50	–	9,1/ 18,2	–	–	–	–		–	–	–	–	–
11	Гастролиты	45,8/ 100	5,1/ 100	21,5/ 100	33,2/ 80	70,6/ 100	61,7/ 100	32,8/ 100	59,9/ 100	26,9/ 100	36,3/ 90,9	39/ 100	15,9/ 90	80,6/ 100

Примечание: n – число исследованных желудков; В – весна, О – осень; «–«– пищевой компонент отсутствует.

Из кормов животного происхождения личинки насекомых играют важную в питании исследуемых представителей утиных. Они были выявлены в составе пищевых комков у всех исследуемых уток. Определены следующие представители – хирономиды (Chironomidae), фриганеиды (Phryganeidae) и стеблерубы (Brachycentridae), львинки (Stratiomyidae), стрекозы (Odonata), жуки из семейства плавунцы (Dytiscidae) и стрелки настоящие (*Coenagrion*). В желудках красноголового нырка в осенний период личинки насекомых не отмечены. В целом весной и осенью доля личинок насекомых в питании уток примерно одинакова, за исключением гоголей в осенний период.

Имаго насекомых как правило, составляют незначительную часть рациона уток. Обычно эти беспозвоночные потребляются только в короткий период их массового вылета. Имаго насекомых были обнаружены в весенний сезон у гоголей, крякв, чирков-свистунков, красноголового нырка и широконоски. Зафиксированы гребляки, плавунцы, подёнки, клопы и другие полужесткокрылые, и прочие имаго.

Субимаго ручейников и двукрылых (комары-долгоножки Tipulidae) были отмечены у гоголей. Также постларвальные стадии двукрылых зафиксированы у красноголового нырка. В незначительном объеме зафиксированы нимфы из содержимого желудков шилохвости.

Моллюски – важный компонент животного рациона. Брюхоногие (Gastropoda) были встречены в желудках крякв, нырка и широконосок. Они не были обнаружены в желудках гоголей, чирков, шилохвости и чирка-трескунка. Потребление моллюсков носит сезонный характер и распределено неравномерно. Также в незначительном объеме в питании крякв были отмечены пауки. Гаммарусы зафиксированы только в осеннем питании нырков и широконоски.

Соотношение растительной и животной пищи в рационе уток подвержены сезонным колебаниям, однако растительные корма стабильно составляют его основу, хотя интенсивность потребления отдельных частей растений варьируется в зависимости от времени года. Бентосные беспозвоночные в составе пищевых комков утиных говорят о важности донных беспозвоночных в общем пищевом балансе птиц. Подобная динамика подтверждает высокую адаптивность и кормовую пластичность птиц, которая проявляется в рамках их видовых особенностей питания.

Авторы выражают благодарность А. Л. Юрьеву за предоставленный материал и А. В. Лиштве за помощь в определении растительных образцов.

Список литературы

1. Бадмаева Е. Н., Доржиев Ц. З. Сезонная изменчивость питания и трофическая дифференциация уток на озере Байкал // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9, № 3. С. 15–20.

2. Толчина С. Н., Скрябин Н. Г. Роль основных кормовых компонентов в питании водоплавающих птиц Байкала // Роль птиц в биоценозах Восточной Сибири. Иркутск, 1978. С. 138–168.

3. Толчина С. Н., Скрябин Н. Г., Толчин В. А. Питание водоплавающих птиц Байкала // Роль птиц в биоценозах Восточной Сибири. Иркутск, 1978. С. 52–99.

УДК 581.5(581.526.52)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ ОКРЕСТНОСТЕЙ УСТЬ-КУТСКИХ ИСТОЧНИКОВ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. К. Ширшова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Sh.Valentina1703@yandex.ru

The flora of the surroundings of the Ust-Kut mineral springs was studied, and the features of its ecological structure and the high proportion of halophytic and salt-tolerant species caused by soil salinization were revealed. It is shown that the differentiation of plant communities is determined by gradients of moisture and salinity, and a significant influence of anthropogenic pressure on the state of the ecosystems is also noted.

Усть-Кутские минеральные источники расположены на Лено-Ангарском плато в центральной части Иркутской области. Источники находятся на территории г. Усть-Кута, в западной части, один на левом берегу, другой на правом берегу р. Куты, последний наполняет гипергалинное оз. Соленное, на их базе работает курорт «Усть-Кут». Этот объект в 1981 г. утвержден как гидрологический памятник природы федерального значения, в настоящее время регионального [5]. Вода источника радоновая хлоридно-натриевая, сильносоленая, её минерализация варьирует от 28,0 до 52,9 г/дм^3, минерализация воды озера – от 74,9 до 123 г/дм^3 [7].

Изучение экологической структуры флоры позволяет выявить особенности почвенно-воздушной среды исследуемой территории и адаптации к ним растений, установить степень влияния на растения антропогенной нагрузки. Это необходимо для оценки состояния растительного компонента экосистем и дает возможность своевременно принять меры по сохранению биоразнообразия как сообществ, так и природных ландшафтов в целом.

Во флоре окрестностей минеральных источников выявлено 122 вид сосудистых растений, относящихся к 98 родам и 32 семействам. Участие во флоре галофитов и солеустойчивых растений составляет 34 %, гликофитов – 66 %. Высокая доля участия галофитов обусловлена формированием гидроморфных солончаков. Содержание солей в солончаках, формирующихся в районе озера, повышается от нижних горизонтов (2,06 %) к верхним (3,76 %), что указывает на процесс активного засоления почв по хлоридно-кальциево-натриевому типу. На солончаках левобережного источника, наоборот, содержание солей в нижнем горизонте – 4,11 %, в верхнем – 1,00 %, характер засоления сульфатно-хлоридный кальциево-натриевый.

Среди гликофитов 62 многолетних вида и 19 малолетников. Большое количество многолетних гликофитов определяется разнообразием почвенных условий в виду расчлененности рельефа, наклона поверхности, разной

глубиной залегания минерализованных грунтовых вод, локального промывного режима почв и других факторов. Это обусловливает формирование почв с разнообразным содержанием солей, концентрация которых в нижних горизонтах колеблется в диапазоне 0,112–0,45 %, в верхних – от 0,84 до 0,3 %.

В изученной флоре отмечено 8 галофитов (6% флоры): эугалофиты (*Salicornia perennans* Willd., *Suaeda corniculata* (C. A. Mey.) Bunge), криногалофиты (*Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., *Puccinellia hauptiana* V. I. Krecz., *Glaux maritima* L., *Chenopodium novopokrovskyanum* (Aellen) Uotila) и гликогалофиты (*Artemisia nitrosa* Weber ex Stechm). Механизм солевого обмена *Bolboschoenus planiculmis* (F. Schmidt) T. V. Egorova слабо изучен, что затрудняет определение вида к какой-либо группе галофитов

Выявлено 33 вида – галотолерантных гликофита (27% флоры): 25 многолетников и 8 малолетних растений. Из них *Poa pratensis* L., *Rumex pseudonatronatus* (Borbas) Borbas ex Murb., *Atriplex sagittate* Borkh., *Stellaria graminea* L., *Medicago lupulina* L., *Melilotus dentatus* (Waldst. & Kit.) Pers., *Epilobium fastigiato-ramosum* Nakai, *Odontites vulgaris* Moench, *Plantago major* L., *Erigeron acris* L., *Galatella dahurica* DC. помещены в группу галотолерантных гликофитов, так как постоянно встречаются в биотопах со средним уровнем засоления почв [6]. *Phragmites australis* (Cav.) Trin.ex Steud., псевдогалофит, встречается только по берегу ручья, вытекающего из озера, его корневая система проникает в незасоленные почвенные горизонты, что позволяет тростнику обитать на галофитных биотопах [4].

Двухмерная ординация сообществ, выполненная по экологическим статусам сообществ, выявила дифференциацию сообществ вдоль градиентов увлажнения и богатства-засоленности почв [2].

Большинство сообществ характеризуется значениями шкалы богатства-засоления в пределах 12–16 ступеней, что соответствует довольно богатым и богатым почвам с нейтральной или слабокислой реакцией среды. По шкале увлажнения исследованные сообщества располагаются в диапазоне 55–70 ступеней, что отражает переход от сухолуговых к влажнолуговым условиям местообитаний. В ординационном пространстве выделяются три группы сообществ: первая группа приурочена к местообитаниям со средне- и сильносолончаковатыми почвами (20–23 ступени шкалы богатства-засоленности), вторая группа формируется в условиях умеренного увлажнения (55–64) и богатых почв (12–16), а третья характеризуется более высоким уровнем увлажнения (66–69) при сходных показателях трофности почв (13–16). Полученные результаты отражают влияние градиентов увлажнения и засоленности на дифференциацию исследованных растительных сообществ (рис.).

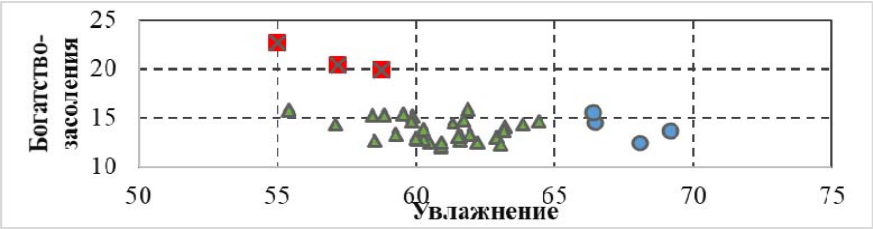


Рис. Ординация растительных сообществ по увлажнению и богатству-засоления почв

В исследованной флоре 29 видов (24%) являются адвентивными и синантропными [1; 6], это результат значительных антропогенных нарушений растительности и почв при эксплуатации минеральных источников и оз. Соленое в курортных целях. В связи с этим исследованные биоценозы нуждаются в дальнейшем изучении, постоянном мониторинге их состояния и охране. Особенно это актуально в связи с расположением их на территории памятника природы регионального значения [5].

Список литературы

1. Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения) / В. В. Чепинога [и др.] ; под. ред. Л. И. Малышева. Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. 327 с.

2. Королюк А. Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири // Ботанические исследования Сибири и Казахстана. 2006. № 12. С. 3–28.

3. Никитин В. В Сорные растения флоры СССР. Л. : Наука, 1983. 454 с.

4. Прокопьев Е. П. Экология растений : учеб. пособие. Томск : Изд-во ТГУ, 2001. 328 с

5. Решение исполнительного комитета Иркутского областного Совета народных депутатов от 19.05.1981 № 264 «О создании памятников природы в Иркутской области» // Официальный сайт Правительства Иркутской области. URL: https://clc.li/COuLs (дата обращения: 29.03.2026).

6. Флора засолённых биотопов окрестностей курорта «Усть-Кут» (Иркутская область) / Н. В. Степанцова, Т. М. Янчук, О. Г. Лопатовская, В. К. Ширшова // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2025. Т. 53. С. 42-56. DOI 10.26516/2073-3372.2025.53.42. EDN TYFIXC.

7. Водная флора и фауна. Экологическая характеристика хлоридно-натриевых минеральных источников бассейна реки Киренга и верхнего течения реки Лены. Сообщение 1. Общая характеристика источников и их гидрофауна / В. В. Тахтеев, О. Г. Лопатовская, Г. Л. Окунева, Г. И. Помазкова, Е. А., Самойлова Н. А. Рожкова // Биология внутренних вод. 2017. № 4. С. 3–14.

Научные руководители: канд. биол. наук, доц. Т. М. Янчук, канд. биол. наук, доц. Н. В. Степанцова.

УДК 591.526

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ ДАУРСКОЙ ПИЩУХИ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ АЛТАЕ

Р. Р. Юсупов, П. П. Санаров[1], Е. И. Филатов[1], О. С. Ощепкова[1]

Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Иркутск, Россия
[1]Алтайская противочумная станция, г. Горно-Алтайск, Россия
usupow1997renat@gmail.com

The number of Daurian pika in Southeastern Altai is subject to annual fluctuations and climatic factors have an impact on this process. The study of patterns of population change is important in understanding environmental processes.

Даурская пищуха (*Ochotona dauurica* Pallas, 1776) является второстепенным носителем возбудителя чумы центральноазиатского подвида алтайского биовара *(Y. pestis* ssp. *central asiatica* bv. altaica*)* в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге, расположенном в Юго-Восточной области Горного Алтая. Поселения этих зверьков в большинстве своём приурочены к долинам рек, увлажнённым логам, зачастую это мозаичные и кружевные поселения вблизи озёр, на кочковатых поверхностях. Обитает в ряде урочищ по южным склонам Курайского хребта, в отрогах хр. Сайлюгем и северных отрогах Южно-Чуйского хребта, распространена в долине р. Чуи юго-восточнее п. Кош-Агач, в бассейнах рек, берущих начало на западных склонах хр. Чихачёва. Среднегодовая численность пищухи колеблется от 0,3 до 3,1 жилых колоний на 1 га, весенняя от 0 до 3,0, осенняя 0,4 до 3,8 жилых колоний на 1 га. В пределах Юго-Восточного Алтая поселения этого зверька расположены на высотах от 1750 до 2900 м над у. м. [4]. Целью данной работы является изучение многолетней динамики численности даурской пищухи и влияния на неё климатических факторов.

Для изучения закономерностей процессов изменения численности, проведён регрессионный анализ по ежегодным средним значениям числа жилых нор на 1 га, за период с 1980 по 2025 г. Коэффициент регрессии (b) временных рядов среднегодовой численности населения составил 0,031±0,007 (t = 4,31; df = 44; p < 0,001). С начала исследуемого периода и по настоящее время, среднегодовая численность населения даурской пищухи, увеличилась почти в 3 раза. В весенний период b = 0,037±0,007, (t = 5,29; df = 44; p < 0,001). Весенняя плотность, рассчитанная на основе линейной регрессии, увеличилась более чем в 5 раз (в 1980 г. она составила 0,38, в 2025 г. – 2,03). Коэффициент регрессии осенней численности составил 0,026±0,009 (t = 2,89; df = 44; p < 0,01). Осенняя плотность, исходя из уравнения линейной регрессии, увеличилась почти в 2 раза (в 1980 г. составила 1,21, а в 2025 г. – 2,37).

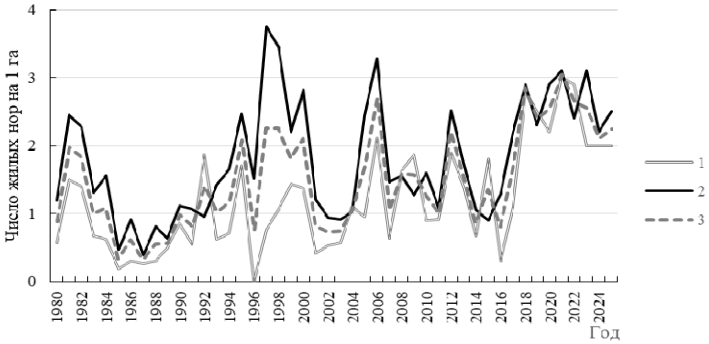


Рис. 1. Многолетняя динамика численности даурской пищухи
в Юго-Восточном Алтае. Численность: *1*– весенняя, *2* – осенняя, *3* – средняя за год

В популяции даурской пищухи наблюдается положительный тренд многолетнего изменения численности, о чём свидетельствуют результаты регрессионного анализа [2].

Определённую роль в жизни пищух, играют факторы внешней среды, особенно климатические. В Юго-Восточном Алтае прослеживается постепенное потепление климата. Регрессионный анализ изменения среднегодовой температуры воздуха демонстрирует значимую зависимость данного показателя от времени ($b = 0{,}035 \pm 0{,}013$ $t = 2{,}79$; $df = 43$; $p < 0{,}01$). Коэффициент корреляции между среднегодовой численностью и среднегодовой температурой статистически значим ($r = 0{,}35$; $p < 0{,}05$; $df = 44$). Основным компонентом, определяющим связь между сравниваемыми временными рядами, является центральная тенденция на увеличение. Для определения закономерностей колебаний численности, временные ряды преобразованы в стационарные. После детрендирования, достоверный показатель коэффициента корреляции проявляется с лагом в 3 года ($r = 0{,}33$; $df = 41$; $p < 0{,}05$). Это указывает на наличие связи периодических колебаний между температурой и численностью, и подтверждает реакцию населения даурской пищухи на изменения температуры с задержкой в 3 года [1].

Осадкам отводится также не маловажная роль в формировании благоприятных и не благоприятных условий для жизни пищух. Даурская пищуха, в пределах рассматриваемого ареала, в качестве местообитания, предпочитает более увлажненные участки. Выпадение наибольшего количества осадков отмечено в летний период. Коэффициент частной корреляции между стационарной численностью и общим числом осадков, составил $r = 0{,}30$ ($df = 44$; $p < 0{,}05$).

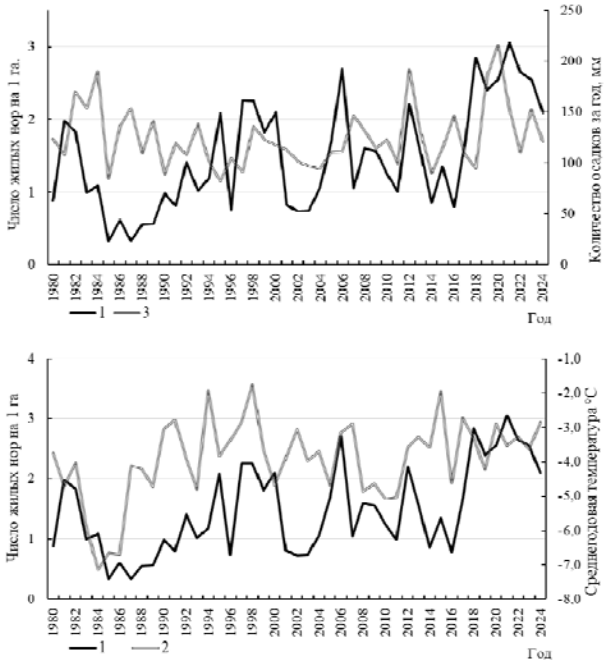


Рис. 2. Многолетняя динамика средней численности даурской пищухи в Юго-Восточном Алтае *(1)*, среднегодовой температуры воздуха *(2)* и общего количества осадков за год *(3)*

Обилие осадков в целом положительно влияет на численность даурской пищухи. Однако стоит заметить, что коэффициент корреляции между объёмом осадков, выпадающих осенью и средней численностью, с лагом в 1 год, близок к достоверному значению ($r = –0{,}30$; $df = 43$; $p = 0{,}05$). Это может подтверждать то, что в период заготовки кормов на зиму, выпадение большого количества осадков (затяжные дожди), негативно сказывается на численности пищух [3].

Результаты проведенного исследования показали, что на территории Юго-Восточного Алтая численность даурской пищухи за изученный период заметно увеличилась и подвержена значительным колебаниям. Выявлено влияние климатических факторов на численность этого животного.

Авторы выражают искреннюю признательность В. М. Корзуну, А. В. Денисову, Чипанину Е. В. за помощь в предоставлении материалов и всестороннее содействие при подготовке работы.

Список литературы

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов : пер. с англ. М. : Мир, 1976. 760 с.

2. Горно-Алтайский природный очаг чумы: ретроспективный анализ, эпизоотологический мониторинг, современное состояние / под ред. С. В. Балахонова, В. М. Корзуна. Новосибирск : Наука-Центр, 2014. 272 с.

3. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика : учеб. пособие. 3-е изд., испр. Минск : Высшая школа, 1973. 320 с.

4. Трансграничный Сайлюгемский природный очаг чумы / под ред. С. В. Балахонова, В. М. Корзуна. Новосибирск : Наука, 2022. 248 с.

Научное издание

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
VIII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвящённой 110-летию со дня рождения
профессора А. Г. Егорова
Иркутск, 15 апреля 2026 г.

ISBN 978-5-9624-2536-8

Материалы публикуются в авторской редакции

Темплан 2026. Поз. 101
Уч.-изд. л. 11,7

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, 664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124
тел. +7 (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@law.isu.ru

Подписано к использованию 17.11.2026
Тираж 13 экз. Объем 7,3 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 ОС Mac OS X
Видеосистема:	Разрешение экрана 1024×768
Акустическая система:	Не требуется
Дополнительное оборудование:	Не требуется
Дополнительные программные средства:	Adobe Reader 6 или выше