



СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
VI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвящённой 110-летию со дня рождения профессора Н. И. Карнаухова
Иркутск, 21 апреля 2023 г.



ISBN 978-5-9624-2203-9

Публикуется по решению
ученого совета биолого-почвенного факультета 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

Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвящённой 110-летию со дня рождения профессора Н. И. Карнаухова. Иркутск, 21 апреля 2023 г. / редкол.: А. Н. Матвеев [и др.] – Иркутск : Издательство ИГУ, 2023. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM). – Заглавие с этикетки диска.

ISBN 978-5-9624-2203-9

В тезисах докладов обсуждаются актуальные проблемы биологии, экологии и почвоведения.

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

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Иркутский государственный университет»

664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1; тел. +7 (3952) 51-19-00

Издательство ИГУ, 664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124

тел. +7 (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@lawinstitut.ru

Подписано к использованию 08.11.2023. Тираж 13 экз. Объем 20,7 Мб.

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



СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ISBN 978-5-9624-2203-9

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ VI ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвящённой 110-летию со дня рождения
профессора Н. И. Карнаухова
Иркутск, 21 апреля 2023 г.

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



СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
VI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
посвящённой 110-летию со дня рождения профессора Н. И. Карнаухова
Иркутск, 21 апреля 2023 г.



ISBN 978-5-9624-2203-9

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Мартынова Н. А., Киселева Н. Д. Н. И. Карнаухов и его вклад в развитие школы Восточно-Сибирского почвоведения	9
--	----------

КЛАССИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

Батрагин Д. А., Батрагина И. О. Биология налима в период нереста в верхней части Богучанского водохранилища	18
Батрагина И. О., Батрагин Д. А., Мишарина Е. А. Макрозообентос некоторых термоминеральных источников Баргузинской долины	21
Белова В. А., Самусенок А. Д. Методика исследования структуры ценопопуляции и онтогенеза палеоэндемика Хамар-Дабана <i>Swertia baicalensis</i>.....	24
Борисенко А. Ю., Арефьева Н. А., Эрдынеев С. В. Биоинформационный анализ CRISPR-систем у <i>Salmonella enterica</i>.....	27
Васильева У. А. Жизненные состояния эндемичной байкальской макроводоросли <i>Draparnaldioides</i> sp. в динамике на протяжении летне-осеннего периода.....	29
Демидова А. А., Зилов Е. А. Численность и видовой состав коло-враток в пелагиали Южного Байкала в 2021 г.	32
Динкель А. В. Ксеноэргазиофиты во флоре побережий Южного Байкала.....	35
Доржиева В. Р., Говорухина Е. Б. Макрозообентос литорали про-лива Малое Море озера Байкал (в районе мыса Улан-Ханский)	36
Жучкова А. Е., Холин А. В. Краниометрическая изменчивость се-рого сурка (<i>Marmota baibacina</i>) на территории трансграничного Сайлю-гемского природного очага чумы	39
Клопова А. А. Особенности питания восточной ночницы (<i>Myotis petax</i>) на территории Южного Байкала	41
Котова А. В. Макрозообентос залива Картакай Иркутского водо-хранилища.....	43
Кузнецов Д. Ю. Находка <i>Allium burjaticum</i> N. Friesen во флоре Усть-Илимского района Иркутской области	45
Куц К. С., Русинек О. Т. Паразиты и болезни байкальского тюленя	47
Михайлик И. А., Сысоенко И. В., Батрагин Д. А., Матвеев А. Н. Материалы по плодovitости черного байкальского хариуса (<i>Thymallus baicalensis</i>) в бассейне р. Ангары	50

Нелюбина П. Е., Швецова Н. А., Протопопова М. В. Исследование филогеографической структуры <i>Anemone altaica</i> Fisch. ex С. А. Меу. на хр. Хамар-Дабан	53
Полывянный А. М., Шиленков В. Г. Новые данные о распространении дневных бабочек рода <i>Apatura</i> в Прибайкалье.....	56
Рыков В. П. Состояние популяционных группировок соболя (<i>Martes zibellina</i> L., 1758) в пределах группы областей поясности Прибайкальского типа (Иркутская область).....	57
Садыкова О. А., Лавникова А. В., Ермолаева Я. К., Карнаухов Д. Ю. Численность копепод в подлёдный период в условиях «мелозирного» года.....	60
Самусенок А. Д., Белова В. А. Высототравные растительные сообщества в нижней части бассейна р. Большой Мамай хребта Хамар-Дабан	63
Сомов С. А. Перспективы существования ценопопуляции башмачка крупноцветкового (<i>Cypripedium macranthum</i>) в среднем течении р. Большая Олха (урочище «Плоский Лог»).....	64
Тараканова К. В. Разнообразие и структура зообентоса оз. Яконды-кон (Амурская котловина, Северное Забайкалье)	67
Теницкая А. А., Клементьев А. М. Первые итоги реконструкции фауны млекопитающих по костным остаткам из пещеры летучих коз (Красноярский край)	70
Тютрина А. А., Поваринцев А. И. Половой и возрастной состав гоголей <i>Vicephala clangula</i> на «холодной» зимовке в г. Иркутске (сезон 2022–2023 гг.)	71
Хамуева В. А., Аров И. В. Структура зоопланктона озера Бакланье в 1948–2022 гг.	74

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ БИОЛОГИЯ

Бушина Е. В., Мурик С. Э. Оценка влияния ПАВ на функциональное состояние дрожжей методом измерения окислительно-восстановительного потенциала	77
Волкова А. А., Яхненко В. М., Королева А. Г., Сапожникова Ю. П. Температурное прекондиционирование как способ повышения устойчивости сиговых рыб к стрессовой нагрузке в условиях аквакультуры	80
Гребенщикова О. В. Покой семян и его использование в биологии и растениеводстве	81
Дягилева А. А., Саранчина А. Е., Мадьярова Е. В., Дроздова П. Б. Молекулярно-филогенетическая оценка положения подвидов внутри морфологического вида глубоководных байкальских амфипод <i>Otmatogammarus carneolus</i> (Dybowsky, 1874).....	84
Елизова К. Д., Тарасенко Т. А. Изучение участия транслоказы внутренней митохондриальной мембраны в процессе импорта нуклеиновых кислот в митохондрии арабидопсиса.....	86

Залуцкая К. М., Рубаненко Н. А., Епишкина А. М., Вятчина О. Ф. Влияние нанополи-сахаридов на рост штамма <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	88
Зугеева Р. Е., Ситникова К. О., Костюнин К. Ю., Белькова Н. Л. Антибиотикорезистентность изолятов <i>Escherichia coli</i> , выделенных от пациентов с болезнью Крона и неспецифическим язвенным колитом	91
Иванченко С. И. Методические подходы к определению гидрофобности <i>Micrococcus luteus</i> u-1	94
Казанцева В. С., Никитина О. А., Балжирова Д. Б. Состояние процессов липопероксидации у девочек-подростков с ожирением	95
Карташев С. С. Влияние гуминового препарата на содержание протеина в горохе посевном при возделывании на чернозёме	98
Катышева Н. Б., Катышев А. И. Исследование роли mTERF34 в реализации генетической информации в органеллах растений арабидопсиса и адаптации к температурному стрессу	100
Клименко Е. С., Кудрявцева А. Е., Белькова Н. Л. Антибиотикорезистентность клинически значимых изолятов <i>Escherichia coli</i>	103
Кочетыгова Д. А., Вятчина О. Ф. Влияние препарата Powhumus на рост нефтеокисляющих микроорганизмов.....	106
Куприенко Е. Е., Джигоев Ю. П., Арефьева Н. А. Биоинформатическая идентификация разнообразия CRISPR-Cas систем в геномах двух видов рода <i>Bifidobacterium</i> и адаптируемых ими фаговых протоспейсеров.....	109
Кустова С. Е., Арефьева Н. А., Тетерина Г. А., Джигоев Ю. П. Поиск и анализ локусов и структур CRISPR-Cas систем в геноме <i>Limosilactobacillus fermentum</i> посредством методов биоинформатики.....	111
Никитина В. И. Влияние нанокompозита селена на центральную нервную систему белых крыс	113
Новиков А. В., Драница И. С., Тупикова Е. А., Орлова А. А. Эффективность извлечения водорастворимых экстрактивных веществ <i>Pinus sibirica</i> : влияние температуры и размера частиц древесины.....	116
Пеньдюхова А. С., Воропаева Н. М., Савинова Ю. С., Белькова Н. Л. Антагонистическая активность пробиотических консорциумов по отношению к условно-патогенным микроорганизмам и нормобиоте человека	118
Полянская И. В., Любушкина И. В., Полякова М. С. Физиологические проявления действия экзогенных ауксинов 2,4-д и НУК у этиолированных и зеленых проростков яровой пшеницы.....	121
Ржепка Т. П., Наумова Е. Ю. Сравнение токсикологической устойчивости <i>Daphnia magna</i> и байкальских гидробионтов.....	124
Рубаненко Н. А., Залуцкая К. М., Епишкина А. М., Вятчина О. Ф. Изучение действия протатранов на рост штамма <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i>	126

Сигова А. А., Орлова А. А., Приставка А. А. Влияние химических свойств растворителей на УФ-видимые спектры модельных ароматических соединений и углеводов.....	129
Скрыбыкина С. Р., Полякова Е. А. Изучение содержания пероксида водорода в разных органах растений картофеля, экспрессирующих ген глюкозооксидазы <i>gox</i>	131
Смурова Н. Е., Пеньдюхова А. С., Клименко Е. С., Белькова Н. Л. Генетическая характеристика бактериальных консорциумов с пробиотическими свойствами.....	134
Сорокина А. В., Клименко Е. С., Немченко У. М., Белькова Н. Л. Детекция генов патогенности в геномах клинически значимых штаммов <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	136
Тупикова Е. А., Новиков А. В., Орлова А. А., Сигова А. А. Извлечение экстрактивных веществ из нативной древесины сосны и отходов деревообработки.....	139
Харасова А. Р., Ножкина О. А., Перфильева А. И. Эффект нанопрайминга и биопрайминга семян сои <i>Glycine max</i> (L) на физиолого-биохимические показатели проростков	142
Цивань Д. А., Суханова Л. В. Особенности эмбриогенеза сиговых рыб под влиянием протатранов	145

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

Артеменко Ю. В. ГИС-технологии в изучении деградации почвенного покрова	147
Барсукова Е. В. Статистический мониторинг сельскохозяйственных земель	151
Баснина Е. И. Создание единой базы данных и картографических материалов для сельскохозяйственных земель Иркутской области.....	153
Величко А. Н., Куклина С. Л. Характеристика почв и отложений ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3»	156
Гаврилова А. В. Оценка устойчивости почв к антропогенному воздействию.....	159
Гадалина Ю. А., Мартынова Н. А. Экологическая устойчивость почв Байкальской Сибири: методические подходы и сравнительная оценка.....	162
Горбунова И. А., Куклина С. Л. Особенности свойств разновременных отложений ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3».....	164
Гордиенко К. К., Куклина С. Л. Минеральный состав песчаной фракции аллювиальных почв в долине реки Куды	167
Глушенко И. А. Легкорастворимые соли в почвах Кудинской депрессии (в окрестности дер. Байтог Иркутской области).....	169
Гузев Д. Р., Белозерцева И. А. Жизнь и научная деятельность доктора биологических наук Виталия Андриановича Кузьмина.....	172
Золтуева А. В. Агро- и постагрогенная трансформация почв.....	175

Иванков Д. В. Распределения цинка в каштановой почве по профилю в зоне наблюдения РОАЭС.....	178
Иванова Т. С. Оценка почв земель сельскохозяйственного назначения ряда регионов Восточной Сибири (Иркутская область, Хакасия, Тува).....	180
Иванова М. А. Некоторые свойства почв Новонкутского района	183
Игнатьева Ю. А. Свойства аллювиальных почв в долине р. Иркут 185	
Каминская А. В. История изучения почв на минеральных источниках Предбайкалья.....	188
Ковкова Д. Е. Физические свойства пойменных почв	190
Колотилина К. В. Использование ГИС-технологий при исследовании деградации сельскохозяйственных земель Иркутского района.....	193
Куклина А. Е. Гумусовые вещества, соотношение их форм как показатель уровня плодородия почв	196
Ливанова А. Д., Мартынова Н. А. Гумусное состояние горно-долинных почв Тункинской долины: некоторые подходы и методы оценки	198
Макковеева В. С. Роль макро- и микроэлементов в почвообразовании и плодородии почв	201
Мартынова Д. О., Мартынова Н. А. Элементный состав почвообразующих пород Тункинской долины.....	204
Мирошниченко М. А. Физико-химические свойства почв пос. Балаганска	207
Николаев А. В. Проблемы диагностики и классификации почв подтайги Южного Предбайкалья.....	209
Орхокова Е. А., Мартынова Н. А. Зависимость гранулометрического состава почв Тункинской котловины от литогенной основы и ее влияние на физико-химические свойства	211
Петшик П. П., Куклина С. Л. Проявление криогенных процессов в почвах долины р. Куды (дер. Байтог Иркутской области)	214
Рубцов М. Д. Характеристика почв и отложений первой надпойменной террасы р. Куды (в окрестности дер. Байтог Иркутской области).....	218
Романкевич В. В., Мартынова Н. А., Мартынова Е. И., Беспалов Д. М., Швец А. В., Дамдинова А. Ж., Дамдинова Ю. Ж., Филатова Е. И., Суворова Е. И., Севостьянова С. Н., Федина С. М., Макаревич А. П., Бобина А. А., Карташова С. В. Оценка влияния полигона ТБО (свалки) Иркутского района на экологическое состояние ландшафтов распадков окрестностей дер. Карлук.....	220
Рюмин М. Б. Физические свойства нефтезагрязненных почв Иркутского района.....	223
Савостьянова А. М., Киселева Н. Д. Профильное распределение карбоната кальция в почвах Южного Приангарья.....	226
Уткина А. Д. Применение классических статистических методов в почвоведении.....	228

Шахматова М. И. Сравнительная характеристика кадастровой и рыночной стоимости почв земель сельскохозяйственного назначения Эхирит-Булагатского района Иркутской области	231
--	-----

ЭКОЛОГИЯ

Антонова Ю. А., Говорухина Е. Б. Зообентос литорали в бухте Большие Коты озера Байкал.....	234
Бирицкая С. А., Лавникова А. В., Кульбачная Н. А., Карнаухов Д. Ю. Некоторые данные о загрязнении микропластиком озера Байкал (пос. Большие Коты)	237
Бобкова А. А., Жаравин Н. А., Никифоров А. И. Экологические риски для популяций туводных рыб семейства Salmonidae, возникающие в результате деятельности горнодобывающих компаний	239
Бухаева Л. Б., Бирицкая С. А., Ермолаева Я. К., Карнаухов Д. Ю. Изучение процессов поглощения и выведения частиц микропластика крупными видами байкальских эндемичных амфипод.....	242
Верещагина Е. А. Основные методы оценки загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (Иркутская область, Усольский район).....	244
Енин Э. В. Экология и распространение <i>Salix arctica</i> Pall. (Salicaceae Mirb.) в Байкальской Сибири.....	248
Кириллова И. А., Широкая А. А. Современное состояние фитобентоса II–III растительных поясов юго-западного побережья озера Байкал (на примере модельного полигона у мыса Берёзовый).....	250
Линейцева Е. С., Плиска А. А., Горовиков Н. А., Плотникова Н. А. Санитарно-микробиологические исследования воды озера Байкала	253
Мичурин Н. Н., Осолков В. А., Мориц Р. С. Климатический отклик в радиальном приросте лиственницы сибирской (<i>Larix sibirica</i>) на жомболовском лавовом поле	255
Семигузов Н. Д., Подлесная Г. В. Микробиологические исследования устьевых областей рек северной котловины озера Байкал	257
Устинова В. А., Аксентьева Г. В. Доочистка сточных вод макрофитами.....	259

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 394.46

Н. И. КАРНАУХОВ И ЕГО ВКЛАД В РАЗВИТИЕ ШКОЛЫ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ

Н. А. Мартынова, Н. Д. Киселева

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
natamart-irk@yandex.ru*

In 2023, the 110th anniversary of the birth of Nikolai Ivanovich Karnaukhov was celebrated. He was one of the leading soil scientists, a recognized specialist in the field of soil melioration in Eastern Siberia, a lecturer at the Department of Soil Science of Irkutsk State University, a sensitive and responsive person with a huge charge of optimism and ability to work. During the Great Patriotic War, under the leadership of N. I. Karnaukhov, a new irrigation system was developed in Khakassia, which made it possible to obtain stable harvests of products, which had been necessary for military needs, for which the team was awarded by the state prize. The experience and knowledge of N. I. Karnaukhov, which have been acquired by him, allowed him to create at Irkutsk State University, where he worked for the rest time of his life, a school of genetic and melioration soil science and a department of physics and soil melioration, to train of highly professional specialists in the field of soil science, physics and soil melioration, to create the Irkutsk branch of the Soil Science Society. There were initiated of systematic scientific soil-genetic-reclamation researches by N. I. Karnaukhov, and developed of many effective methods for carrying out of various melioration measures and creating of drainage and irrigation systems in Eastern Siberia, Buryatia and the Chita region. Under his leadership, a detailed soil-reclamation zoning of the Krasnoyarsk area, Eastern and Central Siberia was carried out, which is necessary to solve of many production issues and problems of rational land use.

Карнаухов Николай Иванович – выпускник геолого-почвенно-географического факультета ИГУ (1936), иркутский почвовед-мелиоратор, кандидат биологических наук, профессор кафедр почвоведения, физики и мелиорации почв биолого-почвенного факультета ИГУ, автор работ по мелиорации почв Красноярского края (Минусинской котловины), Иркутской области (Прибайкалья), Бурятской АССР и Читинской области.

Н. И. Карнаухов родился в Иркутске. Он был одним из первого выпуска кафедры почвоведения ИГУ. Трудовая деятельность его многогранна. По окончании университета был распределен в бюро СоюзДорПроект на должность грунтоведа. В 1938 г. по рекомендации зав. кафедры почвоведения Ивана Васильевича Николаева работает старшим преподавателем Иркутского государственного педагогического института на географическом факультете, и читает курсы почвоведения и географии почв. В марте 1941 г. Николай Иванович был приглашен в качестве заведующего от-



Н. И. Карнаухов
(30.01.1913–25.03.1995)

делом агрохимии и почвоведения на Хакасскую опытную станцию орошаемого земледелия. Во время Великой Отечественной войны в Хакасию был эвакуирован сахарный завод из Воронежской области и перед опытной станцией правительством была поставлена задача обеспечить сырьем эвакуированный завод. Отдел агрохимии и почв под руководством Николая Ивановича начал разработку агротехники удобрений в условиях орошения. В результате этих исследований коллективом Хакасской опытной станции было показано, что при правильном орошении и применении удобрений можно получить устойчивые урожаи культуры сахарной свеклы.

С 1950 г. Николай Иванович работал главным почвоведом Абаканского филиала Института РосГИПроВодХоз. Участвовал в разработке агротехники сахарной свеклы в условиях орошения Хакассии. Проводил исследования по мелиоративным особенностям каштановых почв южных черноземов, мелиорации солонцов Приабаканских степей.

В 1945–1950 гг. он принимает участие в разработке новой системы орошения Хакассии, которая была в 1950 г. постановлением Совета народных комиссаров рекомендована для широкого внедрения в практику орошаемого земледелия Российской Федерации СССР. За эту работу сотруднику Хакасской опытной станции, в том числе Н. И. Карнаухову, в 1951 г. была присуждена государственная премия СССР.

В 1953 г. Н. И. Карнаухов по конкурсу избирается на должность доцента кафедры почвоведения Иркутского университета. С 1955 по 1957 г. и с 1959 по 1972 г. он заведовал кафедрой почвоведения (рис. 1, 2), а с 1976 по 1986 г. – организовал и возглавлял кафедру физики и мелиорации почв. Читал курсы: «Почвоведение», «Мелиорация почв» и спецкурсы по мелиорации.

Николай Иванович был высокоинтеллигентным и культурным человеком, на него равнялись студенты. Он был и хорошим руководителем, прекрасно разбираясь в веяниях времени, он, как грамотный капитан, направлял «корабль» кафедры по наиболее прогрессивному пути для достижения целей устойчивого и экологически-ориентированного развития сельского хозяйства и воспитания достойной смены специалистов-почвоведов и агрохимиков.



Рис. 1. Н. И. Карнаухов
в лаборатории



Рис. 2. Н. И. Карнаухов (слева) с коллегами
по кафедре почвоведения

Н. И. Карнаухов был прекрасным и чутким преподавателем и педагогом. Специалист широкого, энциклопедического кругозора знаний и отличный лектор, он вовлекал студентов в научно-исследовательскую работу (рис. 3, 4), давал ценные рекомендации.

В 1959 г. он защитил кандидатскую диссертацию на тему «Мелиорация почв Минусинской котловины», где были использованы материалы исследований предыдущих лет работы в Хакасии. В 1961 г. ему присуждается звание доцента, а в 1976 г. – звание профессора. С 1963 по 1970 г. Н. И. Карнаухов – декан биолого-почвенного факультета ИГУ.



Рис. 3. Н. И. Карнаухов (в центре) в поле на практике со студентами
изучает экологическое состояние сельскохозяйственных полей и возможности их мелиорации



Рис. 4. Н. И. Карнаухов – на лекции в Восточно-Сибирском музее почвоведения ИГУ им. И. В. Николаева

В 1963 г., став деканом ф-та на биолого-почвенном факультете, Н. И. Карнаухов открывает Совет по защите кандидатских диссертаций и аспирантуру по специальности «Почвоведение», является председателем Совета. За время своей работы в ИГУ им подготовлено большое количество высококвалифицированных специалистов в области почвоведения, физики и мелиорации почв. Под его руководством подготовлена и защищена одна кандидатская диссертация – К. В. Морозовой. Н. И. Карнаухов создает и возглавляет Иркутское отделение Всесоюзного общества почвоведов.

Особая его заслуга в том, что на отделении почвоведения (рис. 5) биолого-почвенного факультета ИГУ он организовал и возглавил кафедру физики и мелиорации почв (1976–1986 гг.).



Рис. 5. Кафедра почвоведения ИГУ в 60-е гг.

Слева направо: нижний ряд – М. Т. Шапарь, А. С. Мартынова, Н. И. Карнаухов, М. А. Корзун, К. В. Морозова, А. А. Тимошина; средний ряд – Г. Печалло, А. Ким, В. Н. Воробьев, П. К. Ивельский, А. М. Быков, В. П. Мартынов; верхний ряд – А. А. Журавлева, А. Суворова, Г. А. Воробьева, О. Никитина, И. Н. Сидорова, Н. И. Какоурова

Профессор ИГУ – с 1976 г. Н. И. Карнаухов весь свой ум, профессионализм, все свои силы и энергию направлял на развитие в Восточной Сибири школы почвоведения, физики и мелиорации почв и почвенного покрова. Он участвовал во многих научно-исследовательских проектах, в организации и проведении научных экспедиций, семинаров и конференций совместно с почвоведом, географами и другими учеными научно-исследовательских институтов СО АН СССР (рис. 6).



Рис. 6. Ученые (почвоведы и географы) Восточной Сибири – участники научной конференции на биолого-почвенном факультете ИГУ (*слева-направо*):
1-й ряд – Н. И. Карнаухов, Б. В. Надеждин, В. А. Снытко, В. И. Бычков;
2-й ряд – А. Г. Сазонов, В. А. Кузьмин, В. А. Серышев (*крайний справа*)

Н. И. Карнаухов – признанный в Восточной Сибири специалист в области мелиорации почв, автор 4 учебных пособий и около 100 научных работ. Под руководством Н. И. Карнаухова в ИГУ начиная с 1953 г. начались систематические почвенно-мелиоративные исследования, охватившие значительные лесостепные территории юга Средней и Восточной Сибири (Минусинской впадины), Иркутской области, Бурятской АССР и Читинской области.

Наиболее активно изучение генетико-мелиоративных особенностей почв территорий Восточной Сибири происходило в 60–70 х гг. XX в., что дало возможность научно обосновать необходимость применения орошения в качестве наиболее радикального и быстро действующего средства борьбы с засухой и правильно рассчитать оросительные нормы полива.

В 1969 г. Н. И. Карнаухова впервые для Восточной Сибири были выполнены исследования по проблеме биогенного содообразования и криогенной аккумуляции углекислого кальция в почвах региона [13], что было крайне важно для научного обоснования прогноза изменения солевого состава почв Восточной Сибири при их вовлечении в систему мелиорации и ремедиации территорий.

Длительная работа Н. И. Карнаухова в Хакасии по вопросам мелиорации (где он в команде Хакасской опытной станции разработал новую систему орошения, за что был в 1951 г. удостоен Государственной премии СССР), позволила ему набрать исключительно полезный опыт, который он с успехом реализовывал, работая в ИГУ.

Еще в 1958 г. Н. И. Карнаухов обосновал необходимость и перспективы развития орошаемого земледелия и осушительных мелиораций в лесостепных районах Иркутской области [14] на основе изучения мелиоративных особенностей почв, анализа дефицита водного баланса почв и исторического культурного опыта, заселявших эту территорию курыкан, создавших здесь еще в V–VI вв. н. э. систему оросительных каналов, остатки которых еще сохранились в верховьях р. Куды.

Изучение динамики водного баланса и температурного режима лесостепных почв позволило Н. И. Карнаухову обосновать обязательное применение в технологических схемах режимов орошения – весенних предпосевных поливов. Это связано с сухой весной и осенью, малоснежной холодной зимой в условиях Восточной Сибири, что приводит не только к иссушению почвы в весенний период, но и к сильному ее охлаждению. Поэтому весенние предпосевные поливы здесь являются не только увлажнительными, но и утеплительными [12; 14].

Н. И. Карнаухов считал, что генетико-мелиоративные особенности почв Восточной Сибири обусловлены не только характером почвообразующих пород, но и их развитием в условиях резко континентального и холодного климата [19]. Формирующийся в таких условиях непромывной (или слабо промывной) тип водного режима обуславливает отрицательный водный баланс, т. е. значимое превосходство испаряемости над выпадающими осадками. Поэтому лесостепные районы Восточной Сибири можно отнести к территориям дефицита влажности почвы.

При изучении вопросов осушения гидроморфных и болотных почв Н. И. Карнаухов рекомендовал (1964 г., [12]) создание достаточно редкой сети открытых поверхностных дренажных систем – каналов-собирателей, так как они вместе с поверхностной обработкой усилят разложение торфа, что, соответственно, улучшит тепловые свойства этих почв.

Так как на водный режим болотных почв большое влияние оказывает наличие длительной сезонной многолетней мерзлоты, Н. И. Карнаухова организовал исследования ее влияния на ряде стационаров: Слюдянском (1955–1968 гг.); Тугутуйском и Оёкском (1961–1963 гг.). Итогом его мно-

голетних наблюдений с сотрудниками кафедры (рис. 7) был вывод о том, что заболачивание участков лесостепи в Иркутской области обусловлено поздним оттаиванием сезонной мерзлоты и зависит от мощности торфа и степени его разложенности, что очень важно принимать во внимание при различных строительствах и землеустройстве территорий [2; 12; 15].



Рис. 7. Кафедра почвоведения ИГУ в начале 80-х годов (слева направо):
нижний ряд – Н. И. Какоурова, К. В. Морозова, Н. И. Карнаухов, М. А. Корзун,
А. С. Мартынова, В. И. Бычков; средний ряд – Л. Г. Баканова, А. А. Журавлева,
Г. А. Воробьева, Т. Д. Симоненкова, Т. П. Петриашвили, Л. Н. Костюхин;
верхний ряд – О. С. Лыков, Л. И. Гавва, Г. Н. Тарасова, Н. И. Симоненков

Н. И. Карнауховым был предложен метод рассоления почв с использованием окисленных углей. Для этих целей на созданных под его руководством стационарах было организовано (1963 г.) исследование влияния углей [3] на рассоление: болотно-солончаковой почвы (Оекский стационар); черноземно-луговой солончаковой почвы (Хомутовский стационар); хлоридно-сульфатного солончака (Усть-Ординский стационар). Под его руководством сотрудниками кафедры был получен значимый положительный эффект, описанный ими в различных публикациях [4; 9; 18].

Н. И. Карнауховым впервые для территорий Средней и Восточной Сибири были проведены почвенно-мелиоративные исследования. По анализу результатов многолетних (в том числе, и стационарных) исследований Н. И. Карнауховым было проведено почвенно-мелиоративное районирование (1976 г.) степной части Красноярского края (в Минусинской впадине) и дана детальная почвенно-мелиоративная характеристика чернозе-

мов и каштановых почв Абаканских степей [6; 7; 20]. Он особо отметил важность учета для детального почвенно-мелиоративного районирования характера почвообразующих пород и их влияния на формирование физико-химических свойств почв. Результаты этого районирования были доложены и одобрены на VI межвузовской конференции в МГУ «По природному и сельскохозяйственному районированию СССР».

За работы в области почвенно-мелиоративного районирования Сибири [15–17] и ряд других работ [1; 5; 8; 10; 11] Н. И. Карнаухову в 1976 г. было присвоено звание «профессора», а в 1983 г. он был награжден памятной медалью В. В. Докучаева.

Как педагог Н. И. Карнаухов обладал широкой эрудицией и глубокими знаниями в области почвоведения и смежных дисциплин. Тот, кто учился у него, всегда с уважением и теплотой вспоминают его эмоциональные и насыщенные примерами истории лекции. Он пользовался большим уважением у студентов и коллег (рис. 8) факультета, ИГУ, научных институтов СО РАН и многих производственных и сельскохозяйственных организаций, тесно связанных с почвенным покровом земель Восточной Сибири, их экологическим состоянием и плодородием, проблемами и возможностями их улучшения и мелиорации, которым он посвятил всю свою жизнь.



Рис. 8. Кафедра почвоведения ИГУ в начале 90-х гг. (ученики и коллеги).
Слева направо: нижний ряд – А. С. Мартынова, Н. И. Карнаухов, М. А. Корзун, К. В. Морозова, В. И. Бычков; *средний ряд* – Л. Г. Баканова, Г. А. Воробьева, Т. П. Петриашвили, Л. А. Иванюта, Т. Д. Симоненкова, А. А. Журавлева.
Верхний ряд – О. С. Лыков, С. И. Иванюта, Н. А. Мартынова, Л. В. Бидасва, Н. И. Гранина, Н. И. Симоненков, А. Г. Сазонов

На конференциях и при праздновании юбилеев в адрес Николая Ивановича летели поздравления, слова и телеграммы благодарности от коллег и его учеников со всех уголков России, стран СНГ, Монголии и др. стран. Своими работами, отношением к людям, чувством патриотизма к родине и своим беспредельным служением Земле Сибирской, ее экологии, устойчивому землепользованию и процветанию, Николай Иванович Карнаухов показывал пример для подражания будущим поколениям почвоведов-агрохимиков, экологов-мелиораторов и представителям других наук о Земле.

Список литературы

1. Карнаухов Н. И. Засоленные почвы и их мелиорация : учеб. пособие для студентов почв. специальности биол.-почв. факультета ИГУ. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1978. 98 с.
2. Карнаухов Н. И., Морозова К. В. Земельные мелиорации в Иркутской области // Почвы Иркутской области и их использование и мелиорация. Иркутск, 1979. С. 113–126.
3. Карнаухов Н. И. К вопросу расселения болотно-солончаковых почв Иркутской области путем применения окисленных углей // Материалы конференции почвоведов Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР. Горно-Алтайск, 1962. С. 200–201.
4. Карнаухов Н. И. Каштаново-солонцеватые комплексы Приабаканских степей левобережья Енисея в Минусинской впадине // Известия Биол.-геогр. НИИ при ИГУ. Иркутск : Вост. Сиб. кн. Изд-во, 1969. Т. 21. С. 37–81.
5. Карнаухов Н. И. Краткий курс истории почвоведения в нашей стране. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1982. 104 с.
6. Карнаухов Н. И. Мелиоративная характеристика почв Иркутской области на примере Муринской оросительной системы // Сборник кратких сообщений и докладов о научной работе по биологии и почвоведению. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1969. С. 166–172.
7. Карнаухов Н. И. Мелиоративное группировка почв Приабаканских степей // Известия Биол.-геогр. НИИ при ИГУ. Иркутск, 1969. Т. 21. С. 22–37.
8. Карнаухов Н. И. Мелиорация засоленных почв // Сельскохозяйственное производство Сибири и Дальнего Востока, № 7. Омск, 1965. С. 23.
9. Мелиорация засоленных почв Иркутской области окисленными углями / Н. И. Карнаухов, М. Н. Петраускайте, З. А. Сидорова, А. Н. Шишкина // Изв. БГНИИ при ИГУ. Иркутск, 1969. Т. 21. С. 89–107.
10. Карнаухов Н. И. Мелиорация почв : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИГУ, 1977. 88 с.
11. Карнаухов Н. И. Мелиорация солонцов : учеб. пособие // Иркутск : Изд-во Иркут. госуниверситета им. А. А. Жданова, 1980. 94 с.
12. Карнаухов Н. И. О биогенном процессе содонакопления в заболоченных почвах юга Средней Сибири // Известия Биол.-геогр. НИИ при ИГУ. Иркутск, 1969. Т. 21. С. 3–22.
13. Карнаухов Н. И. Перспективы развития сельскохозяйственных мелиораций и почвенно-мелиоративное районирование юга Средней и Восточной Сибири // Почвы юга Средней Сибири и их использование. Иркутск, 1970. С. 20–29.
14. Карнаухов Н. И. Почвенно-мелиоративная характеристика и основные направления мелиорации в некоторых районах Иркутской области // Почвы Восточной Сибири и повышение их плодородия. Иркутск, 1979. С. 56–89.
15. Карнаухов Н. И., Симоненков Н. И. Почвенно-мелиоративное районирование юга Средней Сибири и Восточной Сибири // Природное и сельскохозяйственное районирование СССР: Материалы 6-й межвуз. конф. по природному и экономико-географическому районированию СССР для сельского хозяйства. М., 1975. С. 58–61.
16. Карнаухов Н. И. Почвы кормовых угодий Восточной Сибири. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1967. С. 8–44.
17. Карнаухов Н. И. Родовые особенности почв в связи с их мелиоративным освоением // Изв. Вост. Сиб. отдела геогр. общества СССР. Т. 60. Иркутск, 1962. С. 22–38.
18. Морозова К. В., Карнаухов Н. И. Некоторые результаты трехлетних наблюдений за водно-физическими свойствами черноземов Средней Сибири // Материалы науч. конф. за 1969–1970 гг. Вып. 4 (биология). Иркутск : Изд-во ИГУ, 1970. С. 49–50.

УДК 597.562(282.256.34)

БИОЛОГИЯ НАЛИМА В ПЕРИОД НЕРЕСТА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д. А. Батрагин¹, И. О. Батрагина^{1,2}

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

²*Байкальский музей СО РАН, пос. Листвянка, Иркутская область, Россия*
badmal3477@gmail.com

Data on biology, linear-weight growth, age composition and feeding habits of the burbot in upper part of the Boguchansky reservoir at Angara river are given.

Богучанское водохранилище, образованное плотиной ГЭС у г. Кодинска (к востоку от с. Богучаны), расположено на севере Иркутской области и Красноярского края. Плотина находится на расстоянии 1335 км от истока и в 445 км от устья р. Ангары. Заполнение водохранилища началось в мае 2012 г., в ходе процесса заполнения его уровень подошел к нижнему бьефу Усть-Илимской ГЭС. Увеличение глубин и температуры воды, снижение процессов водообмена и скорости течения – характерные изменения для водоема данного типа. Ихтиологические исследования на водоеме в большей степени проводились еще в период до зарегулирования стока, что не может не подчеркнуть актуальность данной работы.

В связи с этим целью настоящей работы стало изучение биологических особенностей налима из верхнего участка Богучанского водохранилища в период нереста.

Сбор материала проводился в конце января, начале феврале 2021–2023 гг. в нижнем бьефе У-И ГЭС с помощью ставных сетей с ячеей 40–60 мм и морды с ячейей 10 мм. Часть пойманной рыбы обрабатывалась на месте, остальная фиксировалась 4%-ным раствором формалина, дальнейшая обработка проводилась в лабораторных условиях на базе кафедры зоологии позвоночных и экологии ИГУ согласно общепринятым методам [2; 3; 5]. Биологическому и трофологическому анализу было подвергнуто 112 экз. разновозрастных рыб.

Результаты. Возрастной состав половозрелой части популяции налима в наших уловах был представлен особями в возрасте от 4+ до 9+. Промысловая длина исследованных рыб изменялась от 203 мм до 636 мм, масса от 129 до 2240 г. Основу уловов составляли рыбы в возрасте 7+ (39,3 %). В

максимальном возрасте 9+ показатели роста составили 636 мм и 2240 г (табл.).

Таблица

Линейно-весовой рост налима из некоторых водохранилищ р. Ангары

Водоем		Богучанское вдхр. (наши данные)			Братское вдхр. [1]	Усть-Илимское вдхр. [4]	
Параметры		Промысл. длина, мм	Вес, г	Кол-во рыб, экз.	Промысл. длина, мм	Промысл. длина, мм	Вес, г
Возраст, лет	1+	—	—	—	—	243	125
	2+	—	—	—	200	325	329
	3+	—	—	—	380	388	539
	4+	311	269,5	2	450	427	650
	5+	354,3	405,5	13	520	465	854
	6+	364,9	506,2	22	570	535	1300
	7+	429,2	802,1	44	—	600	1630
	8+	479	1018,4	23	—	688	2750
	9+	586,3	1811,9	8	—	720	3200

В верховьях Богучанского водохранилища налимом в современный период демонстрирует более низкие показатели роста длины и массы по сравнению с рыбами из других участков р. Ангары. Наиболее быстрый рост налима отмечался у рыб из Братского водохранилища в период его формирования, где рыбы в возрасте 6+ достигали длины 570 мм [1]. В Усть-Илимском водохранилище [4] наиболее быстрорастущие особи налима в возрасте 9+ при достижении промысловой длины 720 мм при массе до 3200 г.

Половая структура популяции налима из верхнего участка водохранилища характеризуется значительным преобладанием самцов над самками и в среднем составляет 1:4. Половозрелость у рыб наступает в возрасте 4+. Средние показатели абсолютной индивидуальной плодовитости рыб с возрастом изменяется от 13 тыс. до 1254 тыс. икринок.

Состав рациона питания отловленных рыб в январе – феврале 2021 г. не отличался разнообразием. В связи с периодом нереста большинство желудков налима оказались пустыми. Основу его питания составляла рыба, преимущественно окунь (81,9 % по массе и 6,67 % частоте встречаемости). В меньшем количестве отмечались амфиподы (*Eulimnogammarus viridis*) (12,1 % по массе) и песчаная широколобка (5,9 % соответственно).

Индекс наполнения желудков, характеризующий насыщенность рыб, в среднем составлял 43,75 ‰, при максимальном значении 455,04 ‰.

Во первой половине февраля 2022 г. основу питания налима составляли амфиподы, отмеченные в 46,43 % исследованных желудков. Наибольшее значение приходилось на *E. viridis* (64,42 % по массе и 17,86 % по частоте встречаемости), в значительно меньшем количестве потреблялись *E. verrucosus*, *Brandtia latissima*. Второстепенной группой в питании являлась икра собственного вида (3,57 % по массе).

Индекс наполнения желудков был не высок и в среднем составлял 26,04 ‰, при максимальном значении 75,53 ‰.

В этот же период 2023 г. спектр питания налима в значительной мере изменился. По частоте встречаемости на первом месте оказались амфиоды (35,35 % по массе и 50,72 % по частоте встречаемости), однако значительную долю пищевого комка занимала рыба (62 % по массе) (преимущественно озёрная форель (39 % по массе). Остальная часть пищевого комка приходилась на икру собственного вида (2,65 % по массе). Наличие форели в питании налима объясняется бегством молоди с форелевой фермы, расположенной недалеко от места лова в нижнем бьефе Усть-Илимской ГЭС.

Индекс наполнения желудков в этот период также оказался невелик: 25,74 ‰ при максимальном значении 126,5 ‰.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых № (091-22-315), тема: «Исследование экологии рыб верхнего участка Богучанского водохранилища в условиях формирования его гидрологического режима» и в рамках государственного контракта с Министерством науки и высшего образования РФ «Разработка подходов к оценке воздействия колебаний уровня озера Байкал на разнообразие, качественные и количественные показатели зообентоса и рыб литоральной и прибрежно-соровой зон» (№ контракта FZZE-2021-0012).

Список литературы

1. Мамонтов А. М. Рыбы Братского водохранилища. Новосибирск, 1977. С. 48–51.
2. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М. : Наука, 1974. 254 с.
3. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М. : Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
4. Биология Усть-Илимского водохранилища / А. Г. Скрыбин [и др.]. Новосибирск : Наука, 1987.
5. Чугунова Н. И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 164 с.

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

МАКРОЗООБЕНТОС НЕКОТОРЫХ ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАРГУЗИНСКОЙ ДОЛИНЫ

И. О. Батранина^{1,2}, Д. А. Батрагин², Е. А. Мишарина²

¹*Байкальский музей СО РАН, пос. Листвянка, Иркутская область, Россия*

²*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
eropova.irina@yandex.ru*

About 100 thermal springs (with water temperature from 20 °C and higher) are known within the Baikal rift zone. Among them are the thermal springs of the Barguzin Valley, which are refugia for a number of heat-loving elements of fauna and flora, both aquatic and terrestrial.

Байкальский регион вследствие большого разнообразия геологических условий и очень неоднородной орографической структуры отличается богатством рефугиальных микросистем различного типа. Наряду с уникальной экосистемой гигантского оз. Байкал, рефугии являются замечательными и в то же время, вследствие небольших размеров, очень уязвимым природным наследием Восточной Сибири. Озеро Байкал включено в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Оно известно в том числе многочисленными памятниками природы, расположенными в его окружении: геологическими, гидрологическими, зоологическими, ботаническими и комплексными. Эти памятники имеют статус охраняемых природных территорий. К числу комплексных памятников природы относятся многочисленные термальные и минеральные источники Байкальской рифтовой зоны. Геологическая и гидрохимическая характеристика этих объектов достаточно полно приведена в литературе [2–4].

Термальными водами в гидрогеологии считаются те воды, которые в течение всего года имеют температуру в месте излияния не менее 20 °C [3]. Однако при рассмотрении биоценотической структуры в ряде случаев к ним могут быть причислены воды и с меньшей температурой, когда точно известно, что глубинная термальная вода претерпевает частичное разбавление поверхностными водами. Отличить такие излияния от обычных холодноводных источников достаточно легко. Температура воды в последних является зависимой от среднегодовой температуры воздуха в конкретном регионе [7]. Наиболее горячие источники Байкальской рифтовой зоны имеют температуру до 74–80 °C.

Первые достаточно детальные сведения о сообществах альгофлоры и зообентоса ряда термальных источников региона появились в результате нескольких совместных экспедиций сотрудников Иркутского государственного университета и Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН в 1997–2006 гг. Руководителями этих работ были д-р биол. наук В. В. Тахтеев и д-р биол. наук А. С. Плешанов.

В то же время степень изученности водных сообществ этих источников на сегодняшний день остается незначительной. Однако их экосистемы несомненно носят рефугиальный характер, содержат в себе элементы теплолюбивой или галофильной биоты, свойственной другим природно-климатическим зонам [6].

Цель настоящей работы состояла в изучении состава и структуры сообществ зообентоса исследованных термальных источников.

В марте 2017 и 2020 гг. нами проведены комплексные экспедиции по термальным источникам в следующих районах: Курумканский, Баргузинский, Прибайкальский и районы Республики Бурятии. Предполагалось исследовать термоминеральные источники Баргузинской долины, такие как: Умхэйский, Кучигэрский, Аллинский, Сеюйский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Гусихинский и источник Золотой Ключ, на которых ранее научные работы вообще не проводились, или были осуществлены лишь эпизодические сборы фауны и флоры. Было собрано и обработано 32 количественные пробы и 20 качественных проб макрозообентоса.

Количественные пробы зообентоса собраны с помощью круглого бентометра площадью 0,017 и 0,021 м². Качественные пробы зообентоса отбирали с помощью сачка (безвыборочно). Сбор и камеральную обработку материала проводили по общепринятым в гидробиологии методикам [1; 5].

Все источники отличаются щелочной реакцией воды (pH 8,2–9,6) и ее незначительной минерализацией – от 0,12 до 0,17 г/л. Химический состав воды в источниках Баргузинской долины – гидрокарбонатный натриевый.

В термальных источниках Баргузинской долины вследствие почти полного отсутствия твёрдых субстратов преобладают личинки стрекоз и других насекомых. Также в источниках обнаружен байкальский вид амфипод *Micruropus wohlii platycercus*. Воды источников Умхэйской группы принимает тёплое озеро (29–30 °C), где у берега были найдены живыми лишь личинки стрекоз *Orthetrum albistylum*. Личинки хирономид в нижней части термального поля в прохладной луже составляли 45,4 % численности зообентоса, в роли субдоминантов – личинки мокрецов 36,3 % численности; по биомассе также доминантами являлись хирономиды (37,4 %), субдоминировали – личинки лвынок и стрекоз (25,2 и 21,7 %). Горячее озеро Сеюйского источника (рис.) достигает температуры 45 °C, макро-беспозвоночные в нем отсутствовали. Для ручья при 22–25 °C (рис.), вытекающего из озера и затем впадающего в р. Сея были отмечены очень высокие значения биомассы личинок стрекоз (21,47–30,29 г/м², или 91,2–99,6 % всего зообентоса). По численности доминировали личинки хирономид (до 61,5 %).

В исследуемых термальных источниках в ходе работ были обнаружены несколько новых мест обитания эндемичного моллюска байкальских гидротерм *Lymnaea thermobaicalica* и реликтовой южнопалеарктической стрекозы *Orthetrum albistylum*. Гастроподы в геотермальных рефугиумах

представлены эндемичными видами *Lymnaea gr. thermobaicalica* и неопи-
санным видом *Gyraulus* sp.



Рис. Теплая протока Сеюйского источника (слева) и Сеюйское горячее озеро (справа)

По наблюдениям двух лет можно заключить, что бентосные сообщества термальных источников в марте, в период фенологической зимы в регионе, находятся в активно функционирующем состоянии. Весна начинается на 1–1,5 месяца раньше обычного. Размножение таких гидробионтов как амфиподы и, по-видимому, моллюски, очевидно, растягивается во времени или (вероятно) становится круглогодичным.

В настоящее время автором совместно со специалистами соответствующего профиля проводится работа над идентификацией личинок амфибиотических насекомых, обнаруженных в исследуемых термальных источниках.

Проведенные экспедиционные работы позволят описать ряд ярких явлений в природе Байкальского региона, считать термальные источники своеобразными «оазисами лета» в условиях суровой сибирской зимы.

Исследование выполнено в рамках проекта «Экологическая диагностика изменений некоторых элементов биогеоценозов территории Восточной Сибири» Рег. № НИОКТР 121032900077-4, при финансовой поддержке РФФИ (№ 19-34-90062-Аспиранты) и в рамках государственного контракта с Министерством науки и высшего образования РФ «Разработка подходов к оценке воздействия колебаний уровня озера Байкал на разнообразие, качественные и количественные показатели зообентоса и рыб литоральной и прибрежно-соровой зон» (№ контракта FZZE-2021-0012).

Список литературы

1. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. М. : Высш. шк., 1960. 190 с.
2. Ламакин В. В. Неотектоника Байкальской впадины. М. : Наука, 1968. 248 с.
3. Ломоносов И. С., Кустов Ю. И., Пиннекер Е. В. Минеральные воды Прибайкалья. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1977. 224 с.
4. Ломоносов И. С., Пиннекер Е. В. Термальные воды Прибайкалья // Природа. 1980. № 3. С. 78–85.

5. Методические рекомендации по обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция / под ред. Г. Г. Винберга, Г. М. Лаврентьевой. Л. : Зоол. ин-т АН СССР, 1984. 52 с.

6. Плешанов А. С. Хорологические особенности геотермальных рефугиев // Проблемы сохранения биологического разнообразия Южной Сибири : I межрегион. науч.-практ. конф., 19–22 мая 1997 г. Кемерово : Кузбассвуиздат, 1997. С. 176–177.

7. Тахтеев В. В., Плешанов А. С. Рефугиальные экосистемы Байкальского региона // Байкаловедение. В 2 кн. Кн. 2. Новосибирск : Наука, 2012. С. 807–824.

Научный руководитель: д-р биол. наук, гл. науч. сотр. Байкальского музея СО РАН Русинек О. Т.

УДК 57.032

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ И ОНТОГЕНЕЗА ПАЛЕОЭНДЕМИКА ХАМАР-ДАБАНА *SWERTIA BAICALENSIS*

В. А. Белова, А. Д. Самусенок

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

The article describes the methodology for studying the structure of the coenopopulation and ontogenesis of the Khamar-Daban paleoendemic *Swertia baicalensis*.

В настоящее время актуален вопрос об изучении ценоотических популяций редких и эндемичных видов. Знание биологии видов и структуры их популяций позволяет прогнозировать ход их развития и реакцию на неблагоприятные условия среды [6; 11–13].

Сверция байкальская (*Swertia baicalensis* Popov ex Pissjauk.) – неморальный реликт и узколокальный эндемик высокогорий центральной части северного макросклона хр. Хамар-Дабан. Вид внесен в Красные книги Иркутской области, Республики Бурятия, а также в Красную книгу РФ. Ранее уже проводились исследования по изучению биологии вида, но полное описание онтогенеза не было сделано [5].

Материал для работы был собран летом 2022 г. на территории Республики Бурятия. Исследования проводились на северном макросклоне хр. Хамар-Дабан по левому борту р. Большой Мамай, высота 1079 м над ур. м. Была изучена одна ценопопуляция.

Первый этап работы – геоботаническое описание сообщества. Оно было выполнено по общепринятой методике [4]. Описание сделано на пробной площади квадратной формы 5×5 м. Отмечены видовой состав, общее проективное покрытие травостоя, проективное покрытие вида. Для описания выполнена геопривязка с помощью 12-канального GPS-навигатора в системе координат WGS-84; указано положение в рельефе,

крутизна и ориентация пробной площади. Площадка сфотографирована, номера фотографий и прочая информация занесены в полевой дневник. В качестве дополнительных характеристик экотопа отмечены особенности микрорельефа, проективное покрытие камней и мощность подстилки.

При описании растительного сообщества использовалась процентная шкала проективного покрытия, которая позже, при обработке данных переводилась в шкалу Браун-Бланке: г – число особей единичное, с незначительным покрытием; + – вид встречается редко, степень покрытия мала; 1 – число особей велико, степень покрытия до 5 %; 2 – 5–25 %; 3 – 26–50 %; 4 – 51–75 %; 5 – более 75 %.

Изучение структуры ценопопуляций проводилось по общепринятым методикам [7; 12; 13]. Вдоль трансекты длиной 10 м закладывались площадки 1 м². На каждой площадке проводился учет особей каждого онтогенетического состояния. Онтогенетический спектр высчитывался на основе учета 15 площадок. Отдельные особи собраны в гербарий для камеральной обработки данных.

Для характеристики онтогенетических состояний помимо качественных признаков использовали ряд дополнительных биометрических характеристик, полученных при конкретном выборе в пределах ценопопуляции. У особей измеряли высоту генеративного побега, длину и ширину листовой пластинки, число придаточных корней, их диаметр и длину и др. Для биометрической характеристики особей каждого онтогенетического состояния бралось 25–30 растений. Всего замерено 312 особей. По возможности у всех растений устанавливали абсолютный календарный возраст. Его определяли по числу хорошо заметных годовичных приростов в базальной части корневища.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета EXCEL for Windows.

Жизненная форма характеризовалась согласно представлениям И. Г. Серебрякова [8] и Т. И. Серебряковой [9] по взрослым особям, находящимся в средневозрастном генеративном состоянии. Для этого было проанализировано развитие особей в природе, изучены собранные образцы гербария, а также просмотрен гербарный материал, представленный в Гербарии им. М. Г. Попова (NSK) и Гербарии имени проф. В. И. Смирнова (IRKU). При описании онтоморфогенеза опирались на представления о фазах морфогенеза [12].

При изучении онтогенеза видов принята концепция дискретного описания, предложенная Т. А. Работновым [6]. Онтогенетические группы выделены с учетом дополнений А. А. Уранова [11] и его учеников [12; 13]. Тип онтогенеза устанавливался на основании подходов к классификации онтогенеза у многолетних растений [3]. В ценопопуляционных исследованиях для редких видов учтены рекомендации Л. В. Денисовой, С. В. Никитиной и Л. Б. Заугольной [1]. Для оценки состояния ценопопуляции ис-

пользованы классификации А. А. Уранова и О. В. Смирновой [10] и «дельта-омега» Л. А. Животовского [2].

Список литературы

1. Денисова Л. В., Заугольнова Л. Б., Никитина С. В. Программа и методика наблюдений за ценопопуляциями видов растений Красной книги СССР. М. : Наука, 1986. 34 с.
2. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
3. Жукова Л. А. Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола : РИИК, Ланар, 1995. 224 с.
4. Корчагин А. А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника / ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагин. М. ; Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 39–62.
5. Краснопецева А. С. Эколого-биологические особенности редких видов растений (*Primula Pallasii* Lehm., *Swertia baicalensis* M. Pop. и *Stemmacantha chamaensis* (Peschkova) Czer.) хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Улан-Удэ, 1999. 123 с.
6. Работнов Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах // Тр. БИН АН СССР. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1950. Сер. 3. Геоботаника. Вып. 6. С. 7–196.
7. Работнов Т. А. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии // Проблемы ботаники. М., Л. : Изд-во АН СССР, 1950. Вып. 1. С. 465–483.
8. Серебряков И. Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника / ред. Е. М. Лавренко, А. А. Корчагин. М., Л. : Наука, 1964. Т. 3. С. 146–208.
9. Серебрякова Т. И. Учение о жизненных формах растений на современном этапе // Ботаника. Итоги науки и техники. М. : ВИНТИ, 1972. Т. 1. С. 84–170.
10. Уранов А. А., Смирнова О. В. Классификация и основные черты развития популяций многолетних растений // Бюл. МОИП. Отдел биологический. 1969. Т. 74, № 1. С. 119–134.
11. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляции как функция времени и энергетических волновых процессов // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–34.
12. Ценопопуляции растений (основные понятия и структура) / Л. И. Воронцова [и др.] ; ред. А. А. Уранов, Т. И. Серебрякова. М. : Наука, 1976. 217 с.
13. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л. Б. Заугольнова [и др.]. М. : Наука, 1988. 184 с.

БИОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ CRISPR-СИСТЕМ У *SALMONELLA ENTERICA*

А. Ю. Борисенко, Н. А. Арефьева, С. В. Эрдынеев

*Иркутский государственный медицинский университет, г. Иркутск, Россия
89041381286@mail.ru*

Salmonella enterica is the main foodborne pathogen causing diseases in people all over the world. Studying the molecular mechanism of protection of the CRISPR system of bacteria will allow the therapy of patients.

Salmonella enterica относится к палочковидным факультативно-аэробным грамотрицательным бактериям со жгутиками из рода *Salmonella*. Она является одним из патогенных представителей пищевых токсикоинфекций, способных вызывать кишечные инфекции у людей во всем мире [1]. Изучение молекулярных механизмов функционирования защитной системы CRISPR/Cas бактерии от бактериофагов позволит осуществлять персонализированную терапию пациентов с данным заболеванием [2]. Для получения новой информации по антагонистическим взаимоотношениям между бактериями и фагами очень важным инструментом стали биоинформационные компьютерные программы поиска структур CRISPR/Cas систем в их геномных последовательностях [3].

Цель исследования: изучить строение CRISPR/Cas-систем в геномах *Salmonella enterica* при помощи биоинформационного алгоритма анализа с последующей идентификацией бактериофагов.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись 189 полногеномные последовательности штаммов *S. enterica* из базы данных GenBank NCBI. В работе использовались три группы биоинформационных методов анализа:

1. Для поиска локуса CRISPR/Cas-системы: CRISPRone (<https://omics.informatics.indiana.edu/CRISPRone/>), CRISPRCasFinder (<https://crisprcas.i2bc.paris-saclay.fr/CrisprCasFinder/Index>)
2. Обнаружение повторяющихся последовательностей производился с помощью CRISPR Recognition Tool (CRT); CRISPRDetect (http://crispr.otago.ac.nz/CRISPRDetect/predict_crispr_array.html)
3. Скрининг фагов осуществлялся при помощи CRISPRTarget (http://crispr.otago.ac.nz/CRISPRTarget/crispr_analysis.html)

Результаты. В результате биоинформационного анализа 189 последовательностей *S. enterica* из базы Genbank было выяснено, что CRISPR-система бактерии относится к CAS-Type I-E-1 и присутствует в каждом анализируемом геноме. При помощи биоинформационных программ обнаружения генов *Cas* удалось обнаружить гены CRISPR: Cas1-0-I-E-7, Cas2-0-I-E-8, Cas3-0-I-E-1, Cas5-0-I-E-5, Cas6-0-I-E-6, Cas7-0-I-E-4,

Cse1-0-I-E-2, Cse2-0-I-E_3 и получить их структурные и функциональные характеристики. Обнаружение локусов осуществляли программными пакетами PILER-CR, CRISPI и CRISPRFinder, позволившими обнаружить CRISPR-кассеты, состоящих из повторов и спейсеров в количестве от 9 до 12. Повторяющаяся последовательность состояла из 29 пар нуклеотидных оснований (п. н. о.), представленная на рис. 1.

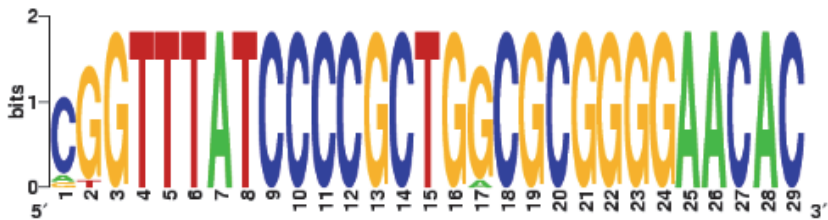
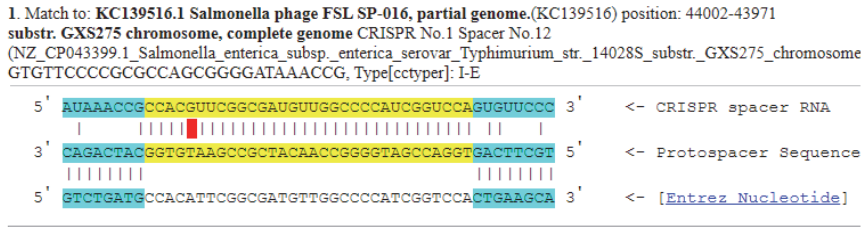


Рис. 1. Последовательность нуклеотидов повторяющейся последовательности в CRISPR-кассете *S. enterica*

Дальнейший анализ спейсерных последовательностей позволил идентифицировать устойчивость анализируемых штаммов к специфичным бактериофагам. Пример идентификации представлен на рис. 2.



Score: 30

Рис. 2. Пример идентификации спейсерной последовательности штамма *S. enterica* при помощи программы CRISPRTarget

В результате удалось выявить и определить, что наибольшее генетическое влияние на штаммы оказали следующие бактериофаги: *Salmonella* phage ST64T, *Salmonella* phage VSe13, *Salmonella* phage MG40.

Заключение. В данной работе посредством разработанного программного алгоритма в геномах *S. enterica* была выявлена CRISPR/Cas-система. Обнаружены структуры и нахождение *Cas* генов. Установлен тип CRISPR/Cas-системы бактерии TypeI-E1. Биоинформационный анализ спейсеров CRISPR-кассет позволил осуществить идентификацию фагов, когда-либо взаимодействующих со штаммами. Данная информация в перспективе позволит разработать технологию персонализированной фаговой терапии против штаммов *S. enterica*, а также разработать подходы к анализу генетической связи между различными штаммами.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-25-00520

Список литературы

1. Andino A, Hanning I. Salmonella enterica: survival, colonization, and virulence differences among serovars // Scientific World Journal. 2015. 520179. DOI: 10.1155/2015/520179.
2. Rath D., Amlinger L., Rath A., Lundgren M. The CRISPR-Cas immune system: biology, mechanisms and applications // Biochimie. 2015. Vol. 117. P. 119–228. DOI: 10.1016/j.biochi.2015.03.025.
3. Биоинформационный анализ CRISPR/Cas-системы и скрининг бактериофагов через спейсеры CRISPR-кассет штаммов *Staphylococcus aureus* / А. Ю. Борисенко, Ю. П. Джигоев, Н. П. Перетолчина, Л. А. Степаненко, В. М. Кузьмина, В. И. Злобин // Гены и клетки. 2018. № 2. С. 60–61.

Научный руководитель: канд. биол. наук, вед. науч. сотр. НИИ биомедицинских технологий Иркутского государственного медицинского университета Джигоев Ю. П.

УДК 581.5

ЖИЗНЕННЫЕ СОСТОЯНИЯ ЭНДЕМИЧНОЙ БАЙКАЛЬСКОЙ МАКРОВОДОРОСЛИ *DRAPARNALDIOIDES* SP. В ДИНАМИКЕ НА ПРОТЯЖЕНИЕ ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО ПЕРИОДА

У. А. Васильева^{1,2}

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
uliana.andreevna.vasilyeva@gmail.com

Endemic macroalgae of the genus *Draparnaldioides* sp. play an important role in the plant production of the lake. The study of ecology and distribution of species is necessary for a better understanding of its productivity.

Макроводоросли являются одним из важных звеньев водных экосистем. Они служат источником органического вещества, местообитанием и источником биологически активных веществ для многих бентосных организмов. Выступая в качестве одного из средообразующих природных компонентов, они взаимодействуют со многими видами, обитающими в водной среде.

Эндемичные макроводоросли рода *Draparnaldioides* sp. выполняют немалую роль в растительной продукции озера. Они являются основной водорослью третьего растительного пояса и захватывают глубины от 2,5 до 12–25 м [1]. Все растительные и животные организмы оз. Байкал обитают в условиях невысоких температур, малого количества органических веществ, низкой минерализации и высокого содержания кислорода (до 14 мг/л). Макроводоросль ведет прикрепленный образ жизни, вслед-

ствие чего не может уйти от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. В то же время воздействие окружающей среды может провоцировать нарушения в процессах поглощения и утилизации световой энергии. Изменения могут происходить в ходе смены гидрологических сезонов. На оз. Байкал выделяют 4 гидрологических сезона: 1) подледный, он же зимний (с момента установления сплошного ледяного покрова); 2) период весеннего прогревания (от хода льда до прогревания верхних слоев воды до 4 °С и выше – появление вертикальной слоистости); 3) летний период – от конца весны до начала весеннего охлаждения поверхностных слоев воды; 4) период осеннего охлаждения – до установления ледового покрова [2].

Адаптивные перестройки свето-собирающего комплекса в ответ на сезонные изменения факторов внешней среды (освещение, температура и концентрация биогенных элементов в воде и т. д.) способствуют поддержанию у водорослей высокого уровня первичной продукции в течение года [3]. Температурный режим зачастую определяет функциональное состояние водорослей и жизненный цикл. Комплексным показателем функционального состояния макроводорослей является относительная скорость роста таллома.

Со временем биологические объекты могут изменять ареал своего распространения под воздействием различных абиотических факторов. По данным Л. А. Ижболдиной на 2007 г. макроводоросль *Draparnaldioides* sp. наблюдалась только в районе оз. Байкал. На текущий момент сообщений о нахождении видов *Draparnaldioides* в других водоемах не было.

Совокупность всех данных указывает на важность изучения изменений физиологии и биохимии в онтогенезе макроводоросли в естественных условиях, а также наблюдения за ее ареалом.

Целью работы было изучить жизненные состояния водоросли в течение вегетационного периода. Объектами исследования служили два вида макроводоросли: *D. baicalensis* и *D. arnoldii*. Пробоотбор проводили на побережье оз. Байкал, в пос. Большое Голоустное по координатам от 52°01'33,6"N 105°25'06,7"E до 52°01'33,5"N 105°25'59,3"E и осенью в г. Иркутске на побережье Ангары по координатам 52.252001° 104.282295°. Образцы были представлены талломами водоросли.

Водоросли рода *Draparnaldioides* относятся к водорослям бентоса и перифитона. Такие водоросли приспособились к существованию на разнообразных поверхностях, погруженных в воду. Массовый пробоотбор проводили в районе пос. Большое Голоустное в течение летне-осеннего периода 2021/2022 гг. с июля по октябрь. Жизненное состояние анализировали с помощью световой микроскопии. В начале периода пробоотбора (июль) макроводоросль находилась в стадии вегетации. По данным В. Н. Яснитского (1934 г.) [4] плодущие экземпляры обнаруживаются с конца августа,

что соотносится с нашими наблюдениями, полученными в течение двух лет (2021/2022 гг.).

В процессе изучения макроводоросли в 2021/2022 гг. нами был отмечен выход гамет *D. baicalensis*. Выход происходил в период с 14 сентября и примерно до 15–16 октября. Как и в наблюдениях В. Н. Яснитского (1934) вода в процессе выхода гамет окрашивалась в зеленый цвет. Первые двое суток гаметы после выхода образовывали «пленку» на поверхности и по краю сосуда на урезе воды. Процесс выхода гамет из гаметангиев поймать не удалось по техническим причинам, но наблюдаемые гаметы соответствовали описанию Л. А. Ижболдиной (рис. 2). Гаметы 5–10 мкм длиной, 4–6 мкм шириной, зиготы сохраняют подвижность в течение 5–10 мин, 12–14 мкм длиной и 7–8 мкм шириной [1]. Гаметы очень подвижны, имеют 4 жгутика. После копуляции зигота опускается на дно и через некоторое время начинает рост. Зооспор на растениях, отобранных в пос. Большое Голоустное, не наблюдали.

Осенью (23.10.2022) макроводоросль была обнаружена в г. Иркутске в р. Ангаре в районе спортпарка «Поляна». Способствовало обнаружению водоросли изменение режима работы плотины г. Иркутска – уменьшение сброса воды и как следствие снижение уровня воды в р. Ангаре. Отобранные образцы водоросли были поставлены на культивирование в лабораторных условиях и через 12 ч был обнаружен массовый выход гамет. На образцах водоросли, отобранных в более поздний срок (16.11.2022), были обнаружены структуры, подходящие под описание зооспорангий [1]. По данным Л. А. Ижболдиной, зооспорангии и гаметангии наблюдали на одном талломе водоросли [3]. Наши наблюдения соотносятся с этими данными, однако увиденные нами зооспорангии явно развивались позже, чем происходил гаметогенез, тогда как у Л. А. Ижболдиной на талломах, отобранных в оз. Байкал, гаметангии и зооспорангии часто наблюдались одновременно при сохранении их структуры. За всю историю изучения макроводоросли рода *Draparnaldioides* выход зооспор не наблюдали, хотя в процессе исследования и отмечали наличие зооспорангиев. Возможно, зооспоры выходят при наиболее неблагоприятных для водоросли условиях существования. Наблюдаемые нами зооспорангии были найдены на талломах макроводоросли, отобранной из р. Ангары в ноябре (быстрое течение, низкая температура воды – 4–6 °C).

Ранее макроводоросль *D. baicalensis* находили только в озере, но наша находка водоросли в р. Ангаре ниже Иркутской плотины ГЭС указывает на увеличение ареала распространения байкальского эндемика. У талломов байкальских водорослей в процессе пробоотбора наблюдали только вегетативное состояние и гаметофиты, в то же время у макроводорослей р. Ангары наблюдали гаметофиты и зооспорангии.

Автор благодарит Егорову И. Н. за микроскопирование образцов.

Список литературы

1. Ижболдина Л. А. Атлас и определитель водорослей бентоса и перифитона озера Байкал (мейо- и макрофиты) с краткими очерками по их экологии. Новосибирск : Наука, 2007. 248 с.
2. Кожов М. М. Биология озера Байкал. М. : Наука, 1962. 315 с.
3. Титлянов Э. А., Новожилов А. В., Чербаджи И. И. Анфельция тобучинская: биология, экология, продуктивность : монография. М. : Наука, 1993. 224 с.
4. Яснитский В. Н. К вопросу о морфологической и физиологической дифференцировке полов у некоторых видов *Draparnaldia* Bory // Бюл. МОИП. Отд. Биол. 1934. Т. 43, № 2. С. 171–186.

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

УДК 574.58

ЧИСЛЕННОСТЬ И ВИДОВОЙ СОСТАВ КОЛОВРАТОК В ПЕЛАГИАЛИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА В 2021 Г.

А. А. Демидова, Е. А. Зилов

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

The data on abundance dynamics of rotifers of the Southern Baikal in 2021 is analyzed. Seasonal groups of rotifers are considered.

В зоопланктоне пелагиали оз. Байкал постоянно присутствуют около 30 видов ракообразных и коловраток. Коловратки реагируют на изменения окружающей среды, так как имеют взаимосвязи с детритом, бактериопланктоном и микроводорослями [9]. Важную роль для них играет температурный фактор [2]. Выявлено, что численность коловраток ниже в озерах с более низким трофическим статусом, которые зачастую отличаются холодноводностью [7].

Материалом для исследования послужили данные круглогодичных, еженедельных сборов проб сетного зоопланктона за 2021 г. Станция отбора проб (Точка № 1) располагается в открытой части Южного Байкала, на расстоянии 2,7 км от берега (51°52'48" с. ш. ; 105°05'02" в. д.) над глубиной около 800 м против биостанции НИИ биологии ФГБОУ ВО «ИГУ» (пос. Большие Коты). Орудием лова служила планктонная сеть Джеди. Облавливали слой 0–50 м.

В пелагиали Южного Байкала в 2021 г. наибольшая численность в зоопланктоне у веслоного рачка *Epischura baikalensis* Sars, 1900 (58 %). На втором месте находятся коловратки (39,7 %). Остальные 2,3 % приходятся на *Cyclops kolensis* Lilljeborg, 1901, *Bosmina longirostris* Müller, 1785 и *Daphnia galeata* Sars, 1864.

Среднегодовая численность коловраток в 2021 г. ($555,77 \pm 143,35$ тыс. экз./м²) наименьшая за последние пять лет. Близка по значениям к 2017 г. ($655,80 \pm 137,52$ тыс. экз./м²). Показатели численности коловраток вновь становятся ниже, чем у эпишуры. В 2018 и 2020 гг. коловратки занимали лидирующее положение. В общей динамике коловраток отмечается три вспышки развития (рис.) в летне-осенний период. Самые высокие показатели наблюдаются поздним летом ($2981,03 \pm 15,79$ тыс. экз./м²).

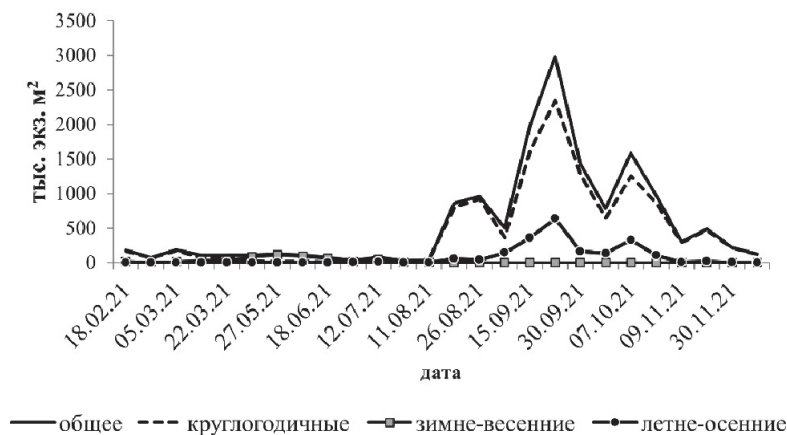


Рис. Численность коловраток в слое 0–50 м в 2021 г.

В 2021 г. наибольший вклад в численность вносят круглогодичные коловратки ($457,32 \pm 118,35$ тыс. экз./м²), они образуют 82 % ротаторного сообщества. Наблюдается уменьшение численности группы, по сравнению с предыдущим годом. Время достижения наибольшей численности ($2343,38 \pm 20,04$ тыс. экз./м²) совпадает с общей динамикой (позднее лето). По среднегодовой численности в группе лидируют *Keratella quadrata* O. F. Müll. 1786 ($162,47 \pm 46,27$ тыс. экз./м²) (36 %), которая предпочитает более высокую температуру воды [3; 4] и *Filinia terminalis* Plate, 1886 ($143,83 \pm 41,29$ тыс. экз./м²) (31 %), типичный холодноводный вид [4; 6].

Среднегодовая численность зимне-весенней группы составляет $20,94 \pm 6,44$ тыс. экз./м² (4 %). Численность начинает возрастать в марте. Максимальные показатели зафиксированы поздней весной в мае ($111,13 \pm 4,09$ тыс. экз./м²), в то же время, что и в 2018 и 2019 гг. [1]. В июне-июле показатели начинают снижаться. Представители весенней группы встречаются в планктоне до августа. Всего выявлено 5 видов. По показателям численности лидирует эндемичная *Notholca intermedia* Voronkov, 1917 ($16,24 \pm 5,08$ тыс. экз./м²) (78 %). В группу входят также *Synchaeta pachypoda* Jaschnov, 1922 (14 %), *Notholca grandis* Voronkov, 1917 (8 %) и *Collotheca* sp. Figs.

Численность летне-осенней группы является наименьшей за пять лет – $51 \pm 29,58$ тыс. экз./м² (14 %) [1]. Показатели падают вследствие уменьшения среднегодовой температуры воды ($5,23 \pm 0,7$ °C). Максимум численности ($637,65 \pm 24,02$ тыс. экз./м²) отмечен в сентябре (позднее лето). Осенью наблюдается вторая вспышка. Среди теплолюбивых коловраток отмечено 10 видов. В комплексе возрастает доля вида *Synchaeta stylata* Wierzejski, 1893 (65 %). Высокая численность остается также у *Collotheca mutabilis* Hudson, 1885 (11 %). Значимый вклад вносит *Polyarthra* sp. sp. (8 %). Коловратки *Polyarthra* обитают в низкотрофных озёрах [7; 8]. Уменьшается численность *Gastropus stylifer* Imhof, 1891. Его низкая численность в планктоне была фиксирована и в 2017–2018 гг. К летне-осенним видам в 2021 г. также относятся: *Collotheca* sp. Figs., *Asplanchna priodonta priodonta* Gosse, 1850, *A. herricki* Querne, 1888, *Synchaeta* sp., *Bi-palpus hudsoni* Imhof, 1891.

Наибольшее развитие коловраток происходит раньше, чем в 2020 г. Максимальные показатели сезонных групп коловраток в 2021 г. отмечаются в типичное время (май, сентябрь) [2; 5]. Что свидетельствует о стабильном состоянии зоопланктонного сообщества оз. Байкал. Показатели зимне-весенней и летне-осенней групп коловраток 2021 г. близки к показателям 2017–2018 гг. Численность круглогодичной группы находится на среднем уровне. Наблюдается снижение общей численности коловраток, в связи со слабым развитием летне-осенних видов.

Выражаю благодарность с. н. с. НИИ биологии ИГУ, канд. биол. наук О. О. Русановской.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (FZZE-2023-0005) и Фонда поддержки прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

Список литературы

1. Динамика численности сезонных групп коловраток в пелагиали Южного Байкала в слое 0–50 м в 2017–2019 гг. / А. А. Демидова [и др.] // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции : тез. Докл. Всерос. конф., посвящен. 65-летию Ин-та биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН : сборник. Ярославль, 2021. С. 59.
2. Кипрушина К. Н., Измestyeva Л. Р. Многолетняя и сезонная динамика зоопланктона открытой части Южного Байкала // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 328. С. 191–195.
3. Нетипичное вертикальное распределение зоопланктона и рыб в пелагиали оз. Севан в период летней стратификации / М. И. Малин [и др.] // Трансформация экосистем. 2021. Т. 4, № 3. С. 100–114.
4. Рогозин А. Г., Снитыко Л. В., Тимошкин О. А., 2015. Термоиндикаторные свойства видов зоопланктона и их измерение // Водные ресурсы. Т. 42, № 1. С. 85–91.
5. Шупруто В. Н. Динамика байкальских планктонных коловраток в 1995–2006 гг. (по данным НИИ биологии Иркутского государственного университета) // Вестник ИрГСХА. 2012. № 48. С. 151–157.
6. Rotifers in Heated Konin Lakes-A review of long-term observations / J. Ejsmont-Karabin [et al.] // Water. 2020. Vol.12.Art. 1660. <https://doi.org/10.3390/w12061660>.

7. Karpowicz M., Ejsmont-Karabin J. Diversity and Structure of Pelagic Zooplankton (Crustacea, Rotifera) // NE Poland. Water. 2021. Vol. 13, N. 4. Art. 456. <https://doi.org/10.3390/w13040456>

8. Stich H. B., Schumann M., Brinker A. Dynamics of pelagic rotifers subject to trophic fluctuations in Upper Lake Constance (1963–2012) // J. Plankton Res. 2018. Vol. 40. P. 118–128.

9. Walz N., Elster H. J., Mezger, M. The development of the rotifer community structure in Lake Constance during its eutrophication // Arch. Hydrobiol. Supplement. 1987. Vol. 74. P. 452–487.

УДК 58.502.75

КСЕНОЭРГАЗИОФИТЫ ВО ФЛОРЕ ПОБЕРЕЖИЙ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

А. В. Динкель

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Dnkl.andrey@gmail.com

The problem of the appearance of alien plant species in the flora is discussed. The group of xenoergasiophytes is considered in detail, attention is drawn to the reasons for their appearance. Common species are indicated: *Urtica cannabina*, *Polygonum aviculare*, *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Chelidonium majus*, *Capsella bursa-pastoris* and the reasons for their settlement are detailed.

Изменение видового состава растений на определенной территории является одной из важнейших особенностей любой флоры, характеризующий ее как постоянно развивающийся комплекс. В этой связи динамика видового состава может зависеть от различных причин, среди которых главнейшими являются естественные и антропогенные.

Естественные причины часто связаны с биотическими или абиотическими факторами. Абиотические факторы, как правило, связаны с изменением климатическим или эдафическими характеристиками территории. Биотические являются следствием воздействия животных или растительных сообществ в пределах изучаемой территории. Внедряющиеся виды принято называть инвазионными. Инвазия (от лат. *invasio* – нашествие, нападение) инвазией нередко называют вселение новых видов на территории, где они ранее отсутствовали, которое происходит без сознательного участия человека.

Все выявленные заносные виды в районе исследований по времени появления относятся к группе неофитов вследствие временных рамок освоения территории Байкальского региона. На основе проведенного анализа, установлено наличие 25 инвазионных видов, по способу заноса все они подразделяются на две группы: ксенофиты и эргазиофиты. Подавляющее большинство – 22 вида принадлежат к группе ксенофитов, которые были занесены непреднамеренно. Среди них видов следует указать: *Urtica cannabina* L., *Polygonum aviculare* L., *Chenopodium album* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Chelidonium majus* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Urtica urens* L., *Lepidium ruderalis* L., *Carduus crispus* L., *Sonchus arvensis* L., *Des-*

curainia Sophia (L.) Webb ex Prantl, *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort., *Galeopsis bifida* Boenn. и ряд других. К эргазиофитам принадлежат введенные в культуру виды, которые при благоприятных условиях могут «дичать», встречаясь вне искусственных посадок. К таким видам отнесены *Rubus idaeus* L, *Acer negundo* L. и *Hippophae rhamnoides* L.

Ключевую роль в изменении флористического состава играет антропогенное воздействие, в частности, местные жители и туристы. Именно в непосредственной близости от туристической тропы выявлено наибольшее количество видов не свойственных местной флоре. Помимо заноса инвазионных видов, туристы часто способствуют обеднению аборигенной флоры. В местах туристических стоянок практически отсутствует, или демонстрирует катастрофическую деградацию коренная растительность, так как попросту сезонно вытаптывается. Так же растения, имеющие хотя бы слабую декоративность, собираются для букетов, часто включающих редкие и находящиеся на грани исчезновения виды. В этой связи следует упомянуть довольно редкий в регионе вид – *Montia fontana* L., выявленный недавно в пос. Большие Коты, это пока единственная находка данного вида на правобережье р. Ангары.

Антропогенное воздействие является главной, но не единственной причиной изменения флористического состава, не следует исключать и естественные причины: зоохорию, гидро- и анемохорию.

УДК-574.5

МАКРОЗООБЕНТОС ЛИТОРАЛИ ПРОЛИВА МАЛОЕ МОРЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ (В РАЙОНЕ МЫСА УЛАН-ХАНСКИЙ)

В. Р. Доржиева, Е. Б. Говорухина

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

The composition of macrozoobenthos of the littoral of the Strait of the Small Sea in the area of Cape Ulan-Khan was studied. The research was conducted on August 5, 2022. the number and biomass of taxonomic groups of macrozoobenthos are considered.

Зообентос – один из важнейших элементов экосистем континентальных водоемов и водотоков, в том числе и в оз. Байкал. В зообентосе оз. Байкал доминируют представители следующих групп: *Oligochaeta*, *Amphipoda*, *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Turbellaria*, *Polychaeta*, *Chironomidae*, *Trichoptera*, *Ostracoda*, *Nematoda*. Зообентос прибрежной зоны оз. Байкал в количественном отношении изучен слабо [1].

Детальное изучение состава зообентоса в проливе Малое Море оз. Байкал было проведено М. Ю. Бекман в 1951–1952 гг. [2]. Ею были

получены подробные данные о распределении средней биомассы зообентоса в Малом Море в зависимости от глубины и месторасположения.

Зообентос отличается стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени. Поэтому он является удобным объектом для проведения экологического мониторинга в литоральной зоне, которая наиболее подвержена антропогенному влиянию и действию абиотических факторов (температура, волнение, освещенность). Также на динамику численности и биомассы зообентоса прибрежной зоны оказывает влияние изменение уровня воды в оз. Байкал. После строительства Иркутской ГЭС в ряде участков озера уровень увеличился на 0,8 м [3].

Цель данного исследования – изучение состава макрозообентоса литорали пролива Малое Море оз. Байкал (в районе мыса Улан-Ханский) для дальнейшего определения динамики его численности и биомассы в зависимости от влияния уровня воды в озере.

Материалы и методы. Отбор проб макрозообентоса проводился 5 августа 2022 г. в районе мыса Улан-Ханский (пролив Малое Море оз. Байкал). Для количественного сбора использовали рамку, ограничивающую участок дна, площадью 0,25 м² на глубинах от 0 до 10 см и от 10 до 15 см. Стенки рамки (50×50 см) изготовлены из листового металла высотой 15 см [4]. Лопатой снимали верхний слой грунта (средняя и мелкая галька) до 5 см, помещали его в таз с водой и отмучивали небольшими порциями через сачок-промывалку. Собранный материал фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. В лабораторных условиях определяли таксономический состав, подсчитывали численность и биомассу каждой группы макрозообентоса. Затем численность и биомасса организмов пересчитывалась на 1 м². Всего было собрано 6 проб в двух точках.

Состав макрозообентоса. В районе исследований в составе макрозообентоса всего было обнаружено 6 таксономических групп: *Amphipoda*, *Oligochaeta*, *Gastropoda*, *Turbellaria*, *Nematoda*, *Chironomidae*. На глубине от 0 до 10 см (точка 1) отмечается наличие представителей всех шести групп макрозообентоса. На глубине от 10 до 15 см встречены 4 таксономические группы: *Amphipoda*, *Oligochaeta*, *Turbellaria*, *Nematoda* (точка 2). В двух точках доминируют представители *Amphipoda*, *Oligochaeta*, *Turbellaria*. Однако с увеличением глубины численность амфипод снижается почти в 2 раза, олигохет – почти в 5 раз, турбиллярий – более чем в 5 раз (табл.). Также отмечается снижение биомассы у *Oligochaeta* (в 4 раза) и *Turbellaria* (почти в 3 раза), у *Amphipoda* биомасса, наоборот, увеличивается в 1,2 раза. Гастроподы, личинки хирономид и нематоды встречались единично. Причем на глубине от 10 до 15 см гастроподы и личинки хирономид вообще не были обнаружены.

Таблица

Биомасса (г/м²) и численность (экз. /м²) групп макрозообентоса в районе мыса Улан-Ханский (пролив Малое Море, оз. Байкал) на разных глубинах литоральной зоны

Группы организмов	Глубины, см	
	0–10	10–15
<i>Amphipoda</i>	<u>10,13</u> 10778	<u>12,72</u> 5957
<i>Oligochaeta</i>	<u>0,26</u> 137	<u>0,06</u> 29
<i>Turbellaria</i>	<u>0,89</u> 229	<u>0,32</u> 42
Прочие	<u>0,012</u> 24	<u>0,004</u> 9
Всего	<u>11,29</u> 11168	<u>13,10</u> 6037

Примечание: в числителе – биомасса, в знаменателе – численность.

Данные исследования актуальны в настоящее время и имеют практическую значимость. Проведение регулярных сборов для изучения таксономического состава, продукционных показателей и динамики макрозообентоса в прибрежной зоне литорали в проливе Малое Море оз. Байкал позволит сопоставить полученные данные с периодами различной водности в озере и определить степень влияния изменения уровня воды на беспозвоночных.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта с Министерством науки и высшего образования РФ «Разработка подходов к оценке воздействия колебаний уровня озера Байкал на разнообразие, качественные и количественные показатели зообентоса и рыб литоральной и прибрежно-соровой зон» (№ контракта FZZE-2021-0012).

Список литературы

1. Безматерных Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири / Гос. публ. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН, Ин-т вод. и экол. проблем. Новосибирск, 2007. 87 с.
2. Бекман М. Ю. Некоторые закономерности распределения и продуцирования массовых видов зообентоса в Малом Море // Труды Байкальской лимнологической станции. М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1959. Т. 16 : Исследования Малого Моря. С. 342–381.
3. Динамика количественных показателей макрозообентоса в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал / Е. Б. Говорухина, Г. П. Сафронов, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев, Е. А. Мишарина, И. О. Батранина, А. Н. Матвеев // География и природные ресурсы. 2022. № 5S, Т. 43. С. 124–132.
4. Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре / Г. К. Плотников, Т. Ю. Пескова, А. Шкуте, А. Пупиня, М. Пупиньш. Акад. изд-во Даугавпилс. ун-та «Саулс», 2017. 282 с.

КРАНИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕРОГО СУРКА (*MARMOTA BAIBACINA*) НА ТЕРРИТОРИИ ТРАНСГРАНИЧНОГО САЙЛЮГЕМСКОГО ПРИРОДНОГО ОЧАГА ЧУМЫ

А. Е. Жучкова, А. В. Холин

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nastyzhuchkova@gmail.com*

This article contains the results of a comparative analysis of morphometric parameters of gray marmot skulls from the Russian and Mongolian parts of transboundary Sailugem natural plague focus. Skulls of two- and three-year-old individuals were selected for comparison. Standard cranio-metric analysis using the Student's t-test revealed statistically significant differences only for one of the 12 parameters in three-year-old individuals.

Для всех живых организмов, населяющих нашу планету, характерно такое свойство, как изменчивость, являющееся одним из основных факторов эволюции. Традиционно в териологии с целью изучения фенетической изменчивости использовались краниологические методы исследования, основой которых является краниометрия – методика измерения черепа с последующим статистическим анализом полученных данных.

Сурки (*Marmota*) являются одним из любимых объектов исследований, поскольку на данной группе животных в ряде случаев очень удобно выяснять географическую изменчивость морфологических и экологических признаков. Следует отметить и важное эпизоотологическое значение этих представителей отряда грызунов. Они являются носителями многих природно-очаговых инфекций опасных для человека. На территории трансграничного Сайлюгемского природного очага чумы серый сурок (*M. baibacina*) является основным носителем чумного микроба основного под-вида [1]. В связи с этим исследование краниологической изменчивости серого сурка является важным элементом изучения пространственной структуры его популяции с целью познания закономерностей циркуляции чумного микроба в Сайлюгемском природном очаге.

Основой для данной работы послужил коллекционный материал зоолого-паразитологического отдела Иркутского научно-исследовательского противочумного института Роспотребнадзора – черепа серых сурков, собранные на территории российской и монгольской частей трансграничного Сайлюгемского природного очага чумы в период с 2019–2021 гг. Общее количество материала составило 40 экземпляров. Из них 16 черепов с российской и 24 с монгольской частей очага.

Для анализа были использованы черепа двухлетних и трехлетних особей, поскольку данные группы включают наибольшее количество экземпляров. Возраст серых сурков определялся по степени стертости жевательной поверхности коренных зубов [3]. В ходе работы использовалась

методика измерения черепа, описанная в работе В. В. Гасилина и П. А. Косинцева, 2011 [2]. Были измерены следующие краниометрические показатели: кондилобазальная длина черепа, основная длина, альвеолярная длина РЗ – МЗ, длина диастемы, ширина основания роострума, ширина верхней челюсти между внутренними краями подглазничных отверстий, ширина в предглазничных буграх, ширина лба между надглазничными вырезками, ширина заглазничная, ширина в мышцелках, высота лицевого отдела от небной поверхности до *nasion*, высота затылочной кости от *basion*. Все промеры производились с помощью штангенциркуля.

Оценка изменчивости показателей была проведена по следующим критериям: $\bar{M}$ – среднее арифметическое, $\pm m$ – ошибка средней, σ – среднее квадратичное отклонение. Сравнение выборок из монгольской и российской частей очага по 12 признакам проводилось с помощью критерия Стьюдента. Расчеты сделаны в программе Past4.

Сравнительный анализ 12 морфометрических признаков черепов серого сурка показал, что между двухлетними особями с территории российской и монгольской частей очага нет достоверных различий ($p > 0,05$) по всем исследуемым признакам. Статистически значимые различия ($p < 0,05$) выявлены только по ширине верхней челюсти между внутренними краями подглазничных отверстий у трехлетних особей с различных частей очага.

Таким образом, на данном этапе исследований, исходя из результатов анализа морфометрических показателей, значимых различий между сурками с российской и монгольской частей трансграничного Сайлюгемского природного очага чумы не выявлено. Необходимо дальнейшее изучение изменчивости *M. baibacina* на различных территориях очага с использованием сравнения по краниологическим признакам перфорации и форме костей черепа и увеличения объемов выборки.

Список литературы

1. Особенности эпизоотического процесса, вызванного возбудителем чумы основного подвида, в трансграничном Сайлюгемском природном очаге чумы / С. В. Балахонов, В. М. Корзун, А. В. Денисов, М. Б. Ярыгина // Национальные приоритеты России. 2021. № 3 (42). С. 109–111.
2. Гасилин В. В., Косинцев П. А. Видовая диагностика степного (*Marmota bobak*) и серого (*Marmota baibacina*) сурков по краниологическим признакам // Зоологический журнал. 2011. Т. 90, № 12. С. 1509–1521.
3. Машкин В. И., Колесников В. В. Определение возраста сурков (*Marmota*, *Sciuridae*) по рисунку стертости жевательной поверхности зубов // Зоологический журнал. 1990. Т. 69, вып. 6. С. 124–131.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ВОСТОЧНОЙ НОЧНИЦЫ (*MYOTIS PETAH*) НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО БАЙКАЛА

А. А. Клопова

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

The ecological characteristics of the bats in the Baikal Region are still poorly studied. The aim of the work is to study the diet structure of the eastern water bat *Myotis petax* and to compile reference of chitinal fragment samples to further facilitate the determination of insects eaten by this species.

Рукокрылые (Chiroptera) занимают особое положение среди энергичных потребителей насекомых. Если огромное количество насекомых утилизируют птицы в светлое время суток, то летающие насекомые, активные в ночное время и сумеречный периоды, потребляются почти исключительно рукокрылыми. У данного отряда кормовые участки несравненно больше, чем у наземных мелких млекопитающих.

На территории Иркутской области и Республики Бурятия зарегистрировано 11 видов рукокрылых, в том числе в пределах центральной экологической зоны Байкальского региона – 8 видов, четыре из которых занесены в Красную книгу Иркутской области. Экология рукокрылых Байкальского региона, а особенно питание этих животных, до сих пор остаются малоизученными. Недавно опубликованы результаты визуальных наблюдений, свидетельствующие об успешной охоте летучих мышей на байкальских амфипод. Цель работы заключалась в изучении рациона питания восточной ночницы (*Myotis petax*) путём определения фрагментов членистоногих в экскрементах.

Ареал восточной ночницы *M. petax* включает околотовные биотопы лесной, лесостепной и степной зон Западной Сибири, Восточного Казахстана, Монголии, Северо-Восточного Китая, юга Дальнего Востока России. Этот вид предпочитает околотовные биотопы лесной, лесостепной и степной зон. *M. petax* – наиболее многочисленный в Прибайкалье вид. Размеры особей относительно мелкие, длина тела составляет всего 40–60 мм, массой около 6–9 г.

В работе использованы любезно предоставленные А. Д. Ботвинкиным (Иркутский государственный медицинский университет) материалы наблюдений, проводившихся в летне-осенний период 2020–2022 гг. в разных точках западного побережья южной части Байкала (от пос. Култук до с. Сарма) и собственных наблюдений в летний сезон 2022 г. в бух. Большие Коты.

Для отлова летучих мышей применяли паутинные сети и энтомологический сачок, часть животных собрана в дневных убежищах. Отлов особей

проводился в предполагаемых местах кормления животных, по берегам Байкала, в приустьевых участках рек, а также в населённых пунктах. Отловленных летучих мышей передерживали на протяжении ночи в тканевых мешочках и выпускали рано утром. Оставшиеся в мешочках экскременты просушивали и упаковывали для длительного хранения. Образцы из 22 проанализированных проб предварительно не менее 24 ч выдерживали в мыльном растворе, чтобы отчистить от загрязнений. Фрагменты хитина насекомых, сохранившиеся в экскрементах, выделяли, препарируя залитые водой пробы в чашках Петри.

В зависимости от времени отлова сильно варьировалась степень измельчённости пищевых остатков. По степени сохранности и возможности определения фрагменты насекомых можно разделить на три группы: 1) крупные редко встречающиеся, наиболее пригодные для определения фрагменты (сохраняющееся характерное жилкование крыльев позволяет установить систематическое положение до отряда/семейства); 2) фрагменты средних размеров, встречающиеся заметно чаще, однако принадлежность к тому или иному семейству (или даже отряду) установить затруднительно; 3) наиболее часто встречающиеся мелкие фрагменты, в силу раздробленности почти непригодные для определения.

За счёт особенностей строения зубов и благодаря тщательному пережевыванию пищи встреченные в экскрементах восточной ночницы фрагменты членистоногих обычно имеют небольшие размеры: неопределяемые остатки насекомых преобладали над всеми другими. В условиях южного Байкала в питании восточной ночницы наиболее часто встречались фрагменты ручейников (Trichoptera). В одной из проб были обнаружены крупные фрагменты крыла мухи-пестрокрылки (Diptera, Tephritidae). В двух пробах определены остатки байкальских амфипод (*Macrohectopus* sp.), что подтверждает результаты ранее опубликованных визуальных наблюдений. Кроме того, в экскрементах довольно часто встречались комки собственных волос, вероятно проглатываемые животными во время ухода за шерстью и в борьбе с паразитами.

Автор признателен В. Г. Шиленкову, С. А. Вершинину, И. В. Механиковой за помощь в определении фрагментов членистоногих.

Научный руководитель: д-р мед. наук, профессор Ботвинкин А. Д.

МАКРОЗООБЕНТОС ЗАЛИВА КАРТАКАЙ ИРКУТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. В. Котова

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

Data on production features of macrozoobenthos in Kartakai bay of Irkutsk Reservoir (Angara River) in August 2019 are presented.

Иркутское водохранилище является водоемом комплексного использования, который постоянно находится под значительным антропогенным прессом. Особое влияние на экологическое состояние водоема оказывает уровеньный режим: значительные колебания уровня отражаются в первую очередь на состоянии объектов зообентоса, являющихся неотъемлемой частью кормовой базы бентосоядных рыб.

Основные сведения о характеристиках зообентоса касаются периода до зарегулирования стока Ангары в районе будущего Иркутского водохранилища и основного русла водохранилища в первые годы его заполнения (в 60–70-е гг. прошлого столетия), позднее исследования в заливах водохранилища не проводились. Целью настоящей работы стала оценка современного состояния макрозообентоса расположенного в нижней части Иркутского водохранилища залива Картакай, врезающегося в правый берег в виде двух рукавов.

Сбор материала проводился в конце августа 2019 г. на трёх поперечных разрезах в створе и рукавах залива. Отбор проб проводился по общепринятым методам с использованием малой модели дночерпателя Петерсена ($S = 0,02 \text{ м}^2$). Всего отобрано и обработано 13 проб.

В ходе исследований в составе макрозообентоса водохранилища отмечено обитание шести таксономических групп: поденки, хирономиды, олигохеты, амфиподы, брюхоногие и двусторчатые моллюски.

Средние показатели численности и биомассы донных беспозвоночных залива Картакай составляют 5623 экз./м² и 16,742 г/м² соответственно.

В створе залива по левому берегу в прибойно-прибрежной зоне литорали на песчаных грунтах на глубине 1,2 м отмечаются самые низкие показатели численности (950 экз./м²) и биомассы (1,525 г/м²). Преобладающими группами по численности являются личинки хирономид (39,84 %), амфиподы (31,58 %) и олигохеты (26,32 %), а по биомассе – амфиподы (75,41 %).

На песчаных грунтах с зарослями элодеи канадской и рдестами на глубине 3 м отмечается рост количественных показателей до 8100 экз./м² по численности и 16,05 г/м² по биомассе. Лидирующее положение также

занимают амфиподы (70,37 и 82,87), а второстепенное значение имеют олигохеты (25,31 и 14,02 % соответственно).

На глубине 5,2 м на серых илах отмечаются самые высокие показатели численности (18 800 экз./м²) и биомассы (31,85 г/м²). Наибольшую роль играют олигохеты (94,4 и 77,7 %).

В глубоководной зоне (10–21 м) на серых илах отмечается снижение количественных показателей (3025 экз./м² и 3,61 г/м²). Наибольшее значение по численности и биомассе имеют олигохеты (54,96 и 54,67 % соответственно), в меньшей степени амфиподы (34,71 и 29,07 %).

В центральной части левого рукава на тёмно-серых илах с элодеей канадской в зоне глубин 2,5–4,0 м отмечаются наибольшие количественные показатели макрозообентоса: 5275 экз./м² при биомассе 65,5 г/м². Наибольший вклад по численности вносят олигохеты (71,70 %) и амфиподы (10,44 %), а по биомассе – олигохеты (38,59 %), двусторчатые моллюски (33,63 %) и амфиподы (20,38 %).

На глубине 6,5 м на серых илах наблюдается существенное снижение количественных показателей: 3750 экз./м² и 3,15 г/м² в среднем. В отличие от предыдущей зоны глубин лидирующее положение занимают амфиподы (68 % по численности и 69,84 % биомассе).

В центральной части правого рукава залива на серых илах в зоне глубин 3,0–4,0 м среднее значение численности донных организмов составляет 5275 экз./м² при биомассе 9,575 г/м². Лидирующую роль по численности и биомассе играют олигохеты (81,99 и 36,55 % соответственно), затем амфиподы (8,06 % и 20,89 %) и личинки хирономид (5,69 % и 29,5 %).

На глубине 6 м на плотных серых илах наблюдаются самые низкие количественные показатели зообентоса: 650 экз./м² и 0,475 г/м². Как и в предыдущей зоне глубин, олигохеты остаются лидирующей по численности группой (46,15 %), в то время как по биомассе преобладают амфиподы (73,68 %).

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

НАХОДКА *ALLIUM BURJATICUM* N. FRIESEN ВО ФЛОРЕ УСТЬ-ИЛИМСКОГО РАЙОНА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Д. Ю. Кузнецов

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

In the flora of the Ust-Ilimsk region, a previously unrecorded species was found – *Allium burjaticum*. The new locality is the northern limit of the distribution of the species.

Усть-Илимский район расположен на севере Иркутской области, в условиях сосновых лесов подзоны южной тайги, где доминируют таежные виды. Однако даже при таком зональном расположении на территории района имеются остепнённые сообщества, которые относятся к экстразональной растительности – место концентрации нехарактерных для таежных условий видов. Одним из таких видов является лук *бурятский*. Вид впервые отмечен на территории района. Новое местонахождение является самым северным и расширяет существующий ареал.

Allium burjaticum N. Friesen – Иркутская обл., Усть-Илимский р-н, пос. Невон, Невонская сопка, склон южной экспозиции, а. в. 400 м, степь, 58.052562° с. ш., 102. 729744° в. д. 09 VIII 2022, собр. Кузнецов Д. Ю., опр. Степанцова Н. В., № 94256, 94257, IRKU092206, IRKU092207. (рис. 1).



Рис. 1. Местонахождение *Allium burjaticum* – склон Невонской сопки (южная экспозиция), г. Усть-Илимский район, пос. Невон

A. burjaticum – многолетнее луковичное растение из семейства Al-
liaceae. Вид имеет конические луковицы, покрытые бурыми пленчатыми
оболочками (часто пурпурово-фиолетового цвета), обычно расположен-
ными на ползучем корневище группой из 3–12 шт. [2; 3]. Стебли обычно
12–25 см высотой, цилиндрической формой, со спирально закрученными
ланцетными листьями. Листья достигают по длине соцветие. Соцветие –
многоцветковый зонтик шаровидной (полушаровидной) формы [2; 3].
Стебли имеют 2 ребра. Цветоножки имеют равную форму, но вдвое длин-
нее широкояйцевидных, острых листочков околоцветника розовой и розо-
во-белой окраски; имеют темную жилку. Тычиночные нити цельные, тре-
угольно-шиловидные, длиннее листочков околоцветника в полтора раза;
внутренние тычиночные нити шире наружных. Столбик выдается из око-
лоцветника [2; 3]. Цветет в июне, плодоносит в августе [1]. Распростране-
ние семян происходит самосевом (автохор) [3]. Вид приурочен к
остепненным сообществам на скальниках, каменных осыпях; встречается
также в каменистых степях, в остепнённых сосновых лесах, на песке. Ксе-
рофит, криптофит [1].

На территории Сибири *A. burjaticum* отмечен в Республике Тыва, Ир-
кутской области, Забайкалье, а также отдельными местонахождениями в
Монголии (рис. 2).

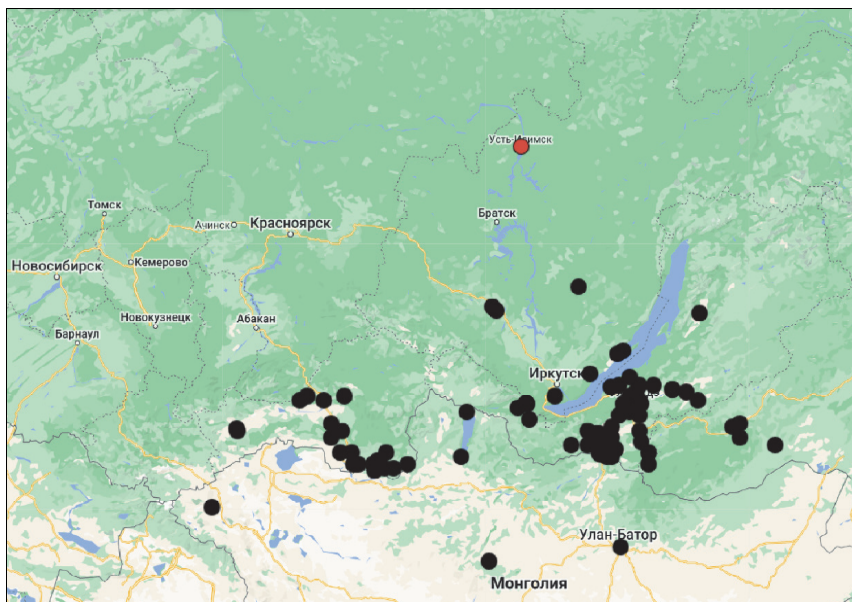


Рис. 2. Ареал *A. burjaticum* на территории Сибири. Красной точкой
помечено новое местонахождение

Картосхема составлена на основе гербарного материала кафедры ботаники Иркутского государственного университета (IRKU), с привлечением базы данных гербария МГУ (MW) и с учетом данных сайта GBIF. Данные обобщались в программе Google Maps посредством построения точечной карты ареала вида в пределах Сибири. Образцы данного вида хранятся в гербарии им. В. И. Смирнова Иркутского государственного университета (IRKU) (рис. 2).

Выражаю благодарность доценту кафедры ботаники БПФ ИГУ Н. В. Степановой за определение гербарных образцов.

Список литературы

1. Красная книга Красноярского края. Т. 2. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / Н. В. Степанов [и др.]. Красноярск, 2022. С.12.
2. Флора Сибири Т. 4. Agaraceae-Orchidaceae : в 14 т. / сост. Н. В. Власова [и др.] Новосибирск : Наука, Сиб. издат. фирма РАН, 1987. 183 с.
3. Фризен Н. В. Луковые Сибири: систематика, кариология, хорология. Nauka Publishers, 1988. 116 с.
4. *Allium burjaticum* N. Friesen in GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2023-03-23.
5. Серегин А. П. (ред.) Коллекция «Гербарий ИГУ (г. Иркутск)» // Депозитарий живых систем «Ноев Ковчег» (направление «Растения»). М. : МГУ, 2023.

УДК 576.89+378.22

ПАЗАРИТЫ И БОЛЕЗНИ БАЙКАЛЬСКОГО ТЮЛЕНЯ

К. С. Куц¹, О. Т. Русинек²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Байкальский музей СО РАН, пос. Листвянка, Россия
kristina.kuts01@bk.ru

The problem of invasion of the Baikal seal is associated with the widespread spread of parasites and their negative impact on the entire body. The seal population in Lake Baikal is growing rapidly, which leads to a decrease in the food supply, an increase in morbidity and a weakening of immunity, and therefore the study of the parasitofauna of the Baikal seal does not lose relevance.

Первые сведения о паразитах байкальского тюленя *Phoca sibirica* были опубликованы в работах В. П. Гаряева (1903), М. Я. Асса (1935), А. А. Мозгового и К. М. Рыжикова (1950), В. Е. Сударикова и К. М. Рыжикова (1951), С. Л. Делямуре совместно с Е. С. Михалевым и В. Н. Поповым (1976). В. П. Гаряев в 1901 г. по материалам с Ушканьих островов выделил в левом легком гельминтов семейства круглых червей *Ascaridae*, и гельминтов из тонкого кишечника семейства ленточных червей *Taeniidae* [2]. В 1935 г. М. Я. Ассом опубликован результаты изучения вшей байкальского тюленя, материалы по которым были собраны известными учеными-байкаловедами Г. Ю. Верещагин и А. Я. Базикалова. М. Я. Асс изучил

морфологию вшей и выделил их в отдельный подвиd *Echinophthirius horridus baicalensis* [1]. В 1949 г. 272-й ВГЭ (Всесоюзная гельминтологическая экспедиция) были проведены вскрытия 3 нерп и 109 желтокрылых бычков. В теле нерп обнаружили 1 вид нематод – *Contracaecum osculatum*, выделенный в 1950 г. в отдельный подвиd *Contracaecum osculatum baicalensis* [6]. В 1951 г. по материалам личинок из желтокрылого бычка и байкальского тюленя была составлена схема жизненного цикла этой нематоды [12]. Одни из самых важных сведений о паразитофауне байкальской нерпы привнесли С. Л. Делямуре, Е. С. Михалев и В. Н. Попов. По их материалам зарегистрировано 6 видов гельминтов: 2 вида цестод, 3 вида нематод и 1 вид скребней, получены первые данные о параметрах зараженности тюленей (экстенсивность и интенсивность инвазии, индексе видового обилия гельминтов) [4].

Дальнейшие работы не вносят новой информации о составе паразитофауны байкальского тюленя, однако в период с 1976 по 1982 г. Лабораторией паразитологии БФ СО АН СССР, при участии Н. М. Пронина, Д. - С. Д. Жалцановой и А. П. Гладыша проводился регулярный мониторинг в изучении популяционной структуры *Contracaecum osculatum baicalensis* с оценкой возрастной, сезонной и многолетней динамикой зараженности [5]. Также впервые было выявлено заболевание байкальского тюленя – контрацекоз, изучено состояние пищеварительной системы байкальского тюленя [9] и оценено влияние паразитов на биологические параметры нерпы [8].

В период 1987–1988 гг. на оз. Байкал произошла эпизоотия, привлекавшая внимание ряда ученых: Л. В. Баранов, А. М. Бейм, С. И. Беликов, О. И. Белых, Т. И. Борисов, И. К. Гвизер, А. Л. Воронов, О. А. Гольдберг, М. А. Грачев, Н. Н. Деникина, В. М. Дорофеева и др. (1992). По итогам исследований были опубликованы статьи и монография, обобщающие все сведения о морбилливирусе и проведено его сравнение с вирусом, порази́вшим популяцию тюленей Западной Европы [3].

Изучением структуры паразитарных систем и оценкой их возраста занимались Н. М. Пронин [10], О. Т. Русинек [11] и S. Amelio с соавторами [13].

Современный этап изученности паразитов байкальского тюленя относится к категории мониторинговых исследований зараженности байкальского тюленя.

По результатам литературных данных и нашим исследованиям за август 2021 г. и октябрь 2022 г., можно сделать вывод, что паразитофауна нерпы представлена 7 видами, относящимися к 7 родам, 6 семействам, 5 отрядам, 4 классам, 4 типам и 1 царству. У нерпы регистрируются такие заболевания как контрацекоз и были эпизоотии, вызванные вирусом чумы плотоядных.

В настоящее время численность байкальского тюленя растет [7], что в конечном итоге может привести к уменьшению кормовой базы, росту чис-

ла заболеваний, к ослаблению иммунитета и возможной массовой гибели нерпы. В 2017 г. была отмечена массовая гибель нерпы на Байкале. По данным Иркутской межобластной ветеринарной лаборатории в пробах были выявлены возбудители вирусного гепатита и парвовирусного энтерита. Не исключено, что и вирус чумы плотоядных циркулирует в популяции *Phoca sibirica*. В связи с этим проблема изучения паразитофауны, жизненных циклов паразитов и мониторинг зараженности и состояния байкальского тюленя не теряет своей актуальности.

Работа выполнена в рамках проекта № 121032900077-4, «Экологическая диагностика изменений некоторых элементов биогеоценозов территории Восточной Сибири».

Список литературы

1. Асс М. Я. Эктопаразиты байкальского тюленя // Труды лимнологической станции. М. : Изд-во Акад. наук СССР, 1935. Т. 6. С 23–29.
2. Гаряев В. П. Отчет о поездке для исследования фауны беспозвоночных озера Байкала летом 1900 и 1901 г. // Труды Троицкосавско-Кяхтинского отд-ния Приамур. отдела ИРГО за 1902 г. СПб., 1903. Т. 5, вып. 2. С. 27–45.
3. Грачев М. А. Вспышка чумы плотоядных у байкальской нерпы (1987–1988 г.). Новосибирск, 1992.
4. Делямуре С. Л., Попов В. Н., Михалев Е. С. Гельминтофауна байкальской нерпы // Морфофизиологические и экологические исследования байкальской нерпы. Новосибирск, 1982. С. 92–122.
5. Межгодовые и возрастные зараженности байкальской нерпы нематодой *Contracaecum osculatum baicalensis* / Д.-С. Д. Жалцанова [и др.] // Паразитология. 1981. Т. 15, вып. 3. С. 240–245.
6. Мозговой А. А., Рыжиков К. М. Вопрос о происхождении байкальского тюленя в свете гельминтологической науки. М. : Акад. наук СССР, 1950. С. 997–999.
7. Применение беспилотных летательных аппаратов для оценки численности байкальской нерпы / В. А. Бизиков [и др.] // Биологическое разнообразие, рациональное использование : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. Керчь, 13–18 сент. 2022 г. Симферополь : Тип. «Ариал», 2022. С. 108–113.
8. Пронин Н. М., Гладыш А. П. Биомасса популяции нерпы *Pusa sibirica* в Байкале и потери ее при контрацекозе // Круговорот вещества и энергии. Рыбы и нерпа : V Всесоюз. лимнол. совещ. Иркутск, 1981. Вып. 3. С. 154–156.
9. Гидробиология и гидропаразитология Прибайкалья и Забайкалья / Н. М. Пронин [и др.] // Контрацекоз байкальской нерпы. Новосибирск : Наука, 1985. С. 171–179.
10. Пронин Н. М. Сравнительный анализ структуры паразитарных систем, образуемых *Diphyllobothrium dendriticum* в Байкальском регионе и Хубсугульском природных очагах дифиллоботриоза // Сибирская зоологическая конференция : тез. докл. Всерос. конф., посвящ. 60-летию Ин-та систематики и экологии животных СО РАН. Новосибирск, 2004. С. 397.
11. Русинек О. Т. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). М. : Тов-тво науч. изд. КМК, 2007. 571 с.
12. Судариков В. Е., Рыжиков К. М. К биологии *Contracaecum osculatum baicalensis* – нематоды байкальской нерпы // Труды Гельминтологической лаборатории. М., 1951. Т. 5. С. 59–66.
13. Taxonomic rank and origin of *Contracaecum osculatum baicalensis* Mozgovoi and Ryjikov, 1950, parasite of *Phoca sibirica* from Lake Baikal, with data on its occurrence in fish hosts / S. Amelio [et al] // 4th Int. Symposium of Fish Parasitology: Abstracts. 1995. P. 27.

МАТЕРИАЛЫ ПО ПЛОДОВИТОСТИ ЧЕРНОГО БАЙКАЛЬСКОГО ХАРИУСА (*THYMALLUS BAICALENSIS*) В БАССЕЙНЕ Р. АНГАРЫ

**И. А. Михайлик^{1,2}, И. В. Сысоенко², Д. А. Батранин¹,
А. Н. Матвеев¹**

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

²*ООО «Байкальская рыба», г. Иркутск, Россия*

The absolute individual fecundity of black Baikal grayling from different types of water bodies in the Angara River basin was studied. Fecundity within the Angara basin varies from 1752 to 16471 eggs. The highest values of this indicator were found for grayling from populations of tributaries of the Irkutsk Reservoir and the main channel of the Angara River downstream of the Irkutsk HPP dam. Fish from the middle and upper sections of tributaries are characterized by low values of absolute individual fecundity.

Изменение гидрологической ситуации в бассейне р. Ангары в результате гидростроительства и создания крупных водохранилищ – Иркутского, Братского, Усть-Илимского и Богучанского привели к значительным изменениям в видовом разнообразии, структуре рыбного населения и биологии рыб. Дальнейшее интенсивное развитие промышленности на основе дешевой электроэнергии также негативно сказываются на рыбном населении созданных водохранилищ, р. Ангары и ее притоков. Сложившаяся ситуация обуславливает необходимость проведения рыбоводномелиоративных мероприятий, направленных на восстановление и сохранение рыбных запасов бассейна р. Ангары. Одним из направлений этой работы является искусственное воспроизводство ценных видов рыб, населяющих водоемы бассейна. В настоящее время для осуществления компенсационных мероприятий для возмещения ущерба водным биологическим ресурсам бассейна р. Ангары осуществляется искусственное воспроизводство пеляди, байкальского омуля, сига, черного байкальского хариуса, щуки и сазана. Из всех указанных видов лишь черный байкальский хариус в полной мере относится к реофильному комплексу видов и может использоваться для восстановления рыбных запасов рек бассейна Ангары.

Необходимым условием искусственного воспроизводства являются знания основных особенностей биологии вида, в частности особенностей размножения и развития. Знания индивидуальной плодовитости рыб необходимы для расчета количества производителей, отлавливаемых для искусственного воспроизводства и количества икры, закладываемой на инкубацию.

Реки бассейна р. Ангары населены преимущественно черным байкальским хариусом, лишь в верховьях саянских притоков (Белая, Ока, Ия и, возможно, ряд других) отмечается верхнеенисейский хариус (*Thymallus svetovidovi*). Локальные популяции черного байкальского хариуса в бассейне Ангары характеризуются значительными различиями в темпах ли-

нейного и весового роста, сроках полового созревания, а как следствие и абсолютной индивидуальной плодовитости (АИП).

Сбор материала осуществлялся в весенний период (май) 2019–2022 гг. в предустьевой части р. Большой (Иркутское водохранилище), основном русле р. Ангары ниже плотины Иркутской ГЭС, и в среднем течении рек Ока и Ия. Отлов рыб осуществлялся ставными сетями ячеей 24–40 мм. Отловленная рыба подвергалась биологическому анализу в соответствии с общепринятыми методиками. Рыба измерялась с точностью до 1 мм, взвешивалась с точностью до 1 г, определялся пол и стадия зрелости. У самок на 4-й стадии зрелости взвешивались половые продукты, в навеске 0,5 г просчитывалась икра и в дальнейшем осуществлялся пересчет на полный вес гонад для получения данных об абсолютной индивидуальной плодовитости. Возраст рыб определялся по чешуе.

По полученным в ходе исследований данным АИП черного байкальского хариуса в бассейне р. Ангары изменяется от 1752 до 16 471 икринок (табл.).

Наиболее высокими показателями АИП во всех возрастных группах характеризуется черный байкальский хариус, обитающий на верхнем участке Иркутского водохранилища и размножающийся в его притоках рек Большая, Аланка. Тальцинка и др. Плодовитость быстрорастущих особей, так называемого марсовика в 4–11-годовалом возрасте в среднем изменялась от 4130 до 16 471 икринки. Лишь незначительно ниже средняя АИП хариуса в основном русле Ангары в нижнем бьефе Иркутской ГЭС (табл.). На этом участке у самок в возрасте от 5 до 7 лет средние показатели плодовитости изменялись от 4299 до 7342 икринок.

Черный байкальский хариус, обитающий в среднем и верхнем течении притоков р. Ангары (Ока, Ия), имеет более низкие показатели АИП, изменяющиеся в среднем от 2227 до 5001 икринок (см. табл.). Это обусловлено главным образом гораздо более низкими биологическими показателями производителей в одновозрастных группах, что в свою очередь связано с условиями обитания этих популяционных группировок хариуса. Рыбы, обитающие в верхней части Иркутского водохранилища ниже истока Ангары из Байкала и в нижнем бьефе Иркутской ГЭС обитают в условиях близким к оптимальным для хариусовых рыб. Температура воды в течение практически всего года близка к оптимальной для вида, а кормовая база высока (до 100 г/м² и более) и разнообразна (амфиподы, ручейники, веснянки, поденки, моллюски, каменная, песчаная и желтокрылая широкотелки).

Работа выполнена при поддержке государственного контракта с Министерством науки и высшего образования РФ «Разработка подходов к оценке воздействия колебаний уровня озера Байкал на разнообразие, качественные и количественные показатели зообентоса и рыб литоральной и прибрежно-соровой зон» (№ контракта FZZE-2021-0012).

Таблица

Абсолютная индивидуальная плодовитость (АИП) черного байкальского хариуса из некоторых водоемов бассейна р. Ангара

Водоем	Параметры	Возраст, лет					
		4	5	6	7	11	Среднее для популяции
Иркутское водохранилище	Длина по Смитту, мм	<u>295,7±4,7</u> <u>285–308</u>	<u>324,4±4,7</u> <u>310–345</u>	<u>343,7±4,9</u> <u>335–358</u>	<u>355,3±2,9</u> <u>350–360</u>	462	<u>335,0±7,6</u> <u>285–462</u>
	Масса тел, г	<u>255,0±14,5</u> <u>228–284</u>	<u>367,6±12,6</u> <u>310–419</u>	<u>472,5±18,1</u> <u>430–506</u>	<u>576,0±6,0</u> <u>570–588</u>	1406	<u>441,8±51,0</u> <u>228–1406</u>
	АИП, шт.	<u>4130,7±228,4</u> <u>3666–4757</u>	<u>4977,1±278,5</u> <u>3600–5982</u>	<u>5943,7±497,4</u> <u>5100–7075</u>	<u>7062±334,8</u> <u>6402–7490</u>	16471	<u>5805,7±565,8</u> <u>3600–16471</u>
	Кол-во, экз.	8	20	8	6	1	43
Река Ангара, нижний бьеф Иркутской ГЭС	Длина по Смитту, мм		<u>335,7±5,2</u> <u>329–346</u>	<u>367,9±2,8</u> <u>348–385</u>	<u>397,0±9,1</u> <u>380–411</u>	-	<u>359,4±4,8</u> <u>329–411</u>
	Масса тел, г		<u>433,2</u> <u>374–489</u>	<u>560,2±11,6</u> <u>508–624</u>	<u>697,3±20,7</u> <u>656–720</u>	-	<u>529,7±19,5</u> <u>374–720</u>
	АИП, шт.		<u>4299,0±277,7</u> <u>2410–5583</u>	<u>5666,1±263,4</u> <u>4166–7419</u>	<u>7342,3±208,8</u> <u>7060–7750</u>	-	<u>5363,0±262,4</u> <u>2410–7750</u>
	Кол-во, экз.		9	12	3	-	24
Среднее течение рек Ока и Ия	Длина по Смитту, мм	<u>243,8±3,4</u> <u>230–261</u>	<u>266,5±3,5</u> <u>245–287</u>	<u>319,7±5,0</u> <u>310–326</u>	-	-	<u>263,7±5,4</u> <u>230–327</u>
	Масса тел, г	<u>171,0±6,5</u> <u>136–195</u>	<u>250,5±13,7</u> <u>191–319</u>	<u>401,0±15,9</u> <u>370–423</u>	-	-	<u>236,2±16,6</u> <u>136–423</u>
	АИП, шт.	<u>2227,3±148,3</u> <u>1752–3041</u>	<u>2810,8±226,6</u> <u>2153–4635</u>	<u>5001,7±186,1</u> <u>4635–5240</u>	-	-	<u>2841,5±215,4</u> <u>1752–5240</u>
	Кол-во, экз.	10	11	3	-	-	24

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛОГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ *ANEMONE ALTAICA* FISCH. EX C. A. MEY. НА ХР. ХАМАР-ДАБАН

П. Е. Нелюбина¹, Н. А. Швецова², М. В. Протопопова^{1,2}

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
nelubina01@mail.ru

The study was aimed to establish of the phylogeographic structure of a relict plant *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. on the Khamar-Daban Ridge. The molecular genetic analysis showed that a partial disjunction of the species range could happen due to the Pleistocene cooling followed by its postglacial recolonization and restoration of the continuous range along the northern macroslope of the Khamar-Daban Ridge during more favorable climatic conditions in the Holocene.

Работа была направлена на изучение пространственно-генетической структуры *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. на хр. Хамар-Дабан. *Anemone altaica* – вид травянистых растений семейства Ranunculaceae, является неморальным третичным реликтом и имеет северо-восточноевропейско-сибирское распространение. Вид включен в Красные книги Иркутской области (2020) и республики Бурятия (2013). В Южном Прибайкалье находится оторванный от основного крайний восточный участок ареала. *Anemone altaica* входит в группу родства *A. nemorosa* L. и имеет ряд викариантных таксонов в Северо-Восточной Азии и восточной части Северной Америки. Поскольку *A. altaica* является элементом третичного неморального комплекса, то установление ее филогеографической структуры может быть полезным не только в формировании концепции исторического развития вида, но и для понимания влияния позднекайнозойских климатических изменений на формирование современной растительности северного маркосклона хр. Хамар-Дабан в целом. Кроме того, определение генетического разнообразия и набора характерных гаплотипов популяций редких видов, к которым относится *A. altaica*, является важным условием для разработки мер по их сохранению и восстановлению.

Сбор образцов проводили из популяций *A. altaica* в предгорьях хр. Хамар-Дабан (поймы рек Безымянная, Утулик, Хара-Мурин, Снежная, Большой Мамай, Выдриная, Осиновка, Мысовка, Большая Речка, Еловка), Западного Саяна (поймы рек Большой Кебеж, Большой Он, Карасибо и Нижняя Буйба) и Алтая (Горно-Алтайский ботанический сад, Семинский перевал). Выделение препаратов общей ДНК проводили СТАВ методом с модификациями [4]. В качестве молекулярных маркеров использовали интрон гена *trnL* и межгенный спейсер *trnL–trnF*. Амплификацию участка ДНК, содержащего оба региона, проводили в 20 мкл финального объема реакционной смеси с использованием ДНК-полимеразы GoTaq Flexi (Promega) с финальной концентрацией каждого праймера 250 нМ. Ампли-

коны отделяли от компонентов реакции путем электрофореза в агарозном геле, очищали с помощью набора GenJet Gel Extraction Kit (Thermo Fisher Scientific) и проводили их секвенирование по методу Сэнгера с использованием набора BigDye Terminator Cycle Sequencing kit v.3.1 (Applied Biosystems) на генетическом анализаторе серии 3500 (Applied Biosystems). Выравнивание полученных нуклеотидных последовательностей проводили в программе MEGA v.6.06 с помощью приложения MUSCLE. Филогенетический анализ проводили методом максимального правдоподобия в MEGA и байесовским анализом на основе метода Монте-Карло для марковских цепей в MrBayes v.3.2.7 с учетом оптимальных моделей нуклеотидных замен.

Филогенетический анализ выявил существование как минимум четырех пластотипов (Р) на хр. Хамар-Дабан. Первый пластотип (Р1) характерен для наиболее восточных популяций и встречается у особей на участке от р. Большая Речка на востоке до р. Выдриная на западе. Пластотип Р2 также обнаружен в восточной части ареала *A. altaica*, однако граница его распространения в популяциях сдвинута относительно Р1 в западном направлении до р. Хара-Мурын включительно. Пластотип Р3 характерен для популяций крайне западного участка от р. Безымянная до р. Утулик, и в других популяциях не обнаружен. На центральном участке от р. Снежная до р. Осиновка (пос. Танхой) наряду с восточными вариантами пластотипов выявлен четвертый (Р4), по-видимому, являющийся переходным между Р2 и Р3.

Географическое распределение пластотипов может указывать на частичную фрагментацию ареала *A. altaica* в пределах хребта в течение плейстоценовых похолоданий с его последующим восстановлением до непрерывного при более благоприятных климатических условиях в голоцене. Ранее на основе особенностей распространения третичных реликтов в пределах хр. Хамар-Дабан мы предположили существование более мелких убежищ (микрорефугиумов), где виды могли переживать периоды неблагоприятных климатических условий плейстоцена. Нами было выделено четыре основных возможных микрорефугиума: долины рек Утулик и Бабха (I), Снежная (II), Переемная (III), Мишиха (IV) [1]. Наши результаты свидетельствуют о наличии как минимум трех филогеографических групп популяций *A. altaica* на хр. Хамар-Дабан, которые могли сформироваться в результате их изоляции в течение ледниковых максимумов. Крайне западные популяции, несущие пластотип Р3, по всей видимости, были приурочены к микрорефугиуму I. Восточные популяции, несущие пластотипы Р1 и Р2, могли быть приурочены к микрорефугиуму IV. Популяции центральной части хребта, несущие пластотипы Р2 и Р4 могли быть приурочены к микрорефугиумам II и III. Зона вторичного контакта между центральной и восточными группами приходится на западную границу микрорефугиума II (р. Выдриная) и на центральную часть микрорефугиума III (р. Переем-

ная), где одновременно обнаруживаются гаплотипы из разных групп. Представленные данные по *A. altaica* хорошо согласуются с филогеографическим паттерном других реликтов хр. Хамар-Дабан, которые были определены нами ранее [2; 3]. Это свидетельствует в пользу гипотезы существования плейстоценовых микрорефугиумов на хр. Хамар-Дабан.

Результаты филогенетического анализа также показали, что один из пластотипов (P1), выявленных в восточных популяциях, наиболее близок к пластотипу, характерному для популяций с Западного Саяна и Алтая. Анализ с использованием референтных последовательностей близкородственных видов не выявил четкую дивергенцию *A. altaica* и монофилию пластотипов из южносибирских популяций. Мы полагаем, что недостаточное разрешение полученных филогенетических деревьев может быть связано с неполной сортировкой генетических линий близкородственных видов, и для решения этого вопроса требуется привлечение дополнительных молекулярно-генетических маркеров.

Авторы благодарны Павличенко В. В. за помощь в получении и обсуждении результатов, Чепиноге В. В. за предоставление сборов материала с Алтая. Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 23-24-00501, <https://rscf.ru/project/23-24-00501/>.

Список литературы

1. Выявление вероятных плейстоценовых микрорефугиумов на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан (Южное Прибайкалье) / В. В. Чепинога [и др.] // Сибирский экологический журнал. 2017. Т. 24, № 1. С. 44–50.
2. Филогеографическая структура *Anemone baicalensis* (Ranunculaceae) на основе полиморфизма пластидной ДНК (*trnL-trnF*) как подтверждение существования плейстоценовых микрорефугиумов на хр. Хамар-Дабан / М. В. Протопопова [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2019. Т. 30. С. 3–15.
3. Protopopova M. V., Pavlichenko V. V. *Eranthis* Salisb. (Ranunculaceae) in South Siberia: Insights into Phylogeography and Taxonomy // Diversity. 2022. Vol. 14. P. 779.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ДНЕВНЫХ БАБОЧЕК РОДА *APATURA* В ПРИБАЙКАЛЬЕ

А. М. Поливянный, В. Г. Шиленков

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
pol.alexandr03@gmail.com

A butterfly *Apatura iris* was found near the village of Bolshie Koty. The zoogeographic significance of this find is discussed.

Бабочки-переливницы *Apatura iris* (Linnaeus, 1758) и *Apatura metis* Freyer, 1829 имеют амфипалеарктические ареалы, разделенные на два больших фрагмента (европейско-западносибирский и забайкальско-дальневосточный) с широкой дизъюнкцией на территории Восточной Сибири [3; 4]. Ю. П. Коршунов [3] отмечал значительный разрыв ареалов обоих видов между Тюменской областью и Восточным Забайкальем. Находки переливниц из Байкальского региона в прошлом веке отсутствовали, однако в начале 2000-х наблюдается постепенное смещение границ двух ареалов навстречу друг другу.

В Иркутской области бабочки *Apatura metis* впервые сфотографированы Ю. Карповым (Зиминский район, г. Зима) летом 2011 г. [8], а затем Р. Сайфутдиновой (Шелеховский район, с. Баклаши) и М. Зубаревой (Иркутский район, г. Иркутск) в июле 2016 г. [6; 7] Несколько экземпляров *Apatura iris* впервые собраны в Иркутской области А. Косаревым (Ольхонский район, залив Бирхин) в июле 2013 г. [5], 3 июля 2022 г. один самец *Apatura iris* был пойман О. Берловым в садоводстве «Факел» (10 км восточнее г. Иркутска) [5]. Также 20 июля 2021 г. в районе пос. Нижний Кочергат Иркутской области обнаружен самец *Apatura iris*, летавший над каменистой осыпью [1].

Первым автором 24 июля 2022 г. была поймана самка *Apatura iris* в пос. Большие Коты в районе скалы Скрипер. Эта находка подтверждает присутствие большой переливницы на западном берегу Байкала, где по всей видимости сформировалась устойчивая популяция.

По мнению В. В. Дубатолова и О. Е. Костерина [10], современный ареал *A. iris* был образован за счет расселения особей из рефугиумов Восточной Палеарктики в период климатического оптимума голоцена и возникновения разрыва в период последующего похолодания. Наблюдающееся расширение ареалов переливниц является следствием потепления климата, причем на побережье Байкала уровни влажности воздуха являются благоприятными для этих видов. Наряду с экспансией восточных популяций наблюдается расширение их западных частей ареала на восток [9], что может привести к исчезновению дизъюнкции в Восточной Сибири.

Список литературы

1. Находка большой переливницы *Apatura iris* (Linnaeus, 1758) в Иркутской области / Н. Г. Борисова, А. И. Старков, С. Ю. Гордеев, Т. В. Гордеева // Байкальский зоологический журнал. 2023. № 1(33). С. 65–68.
2. Гордеев С. Ю., Гордеева Т. В., Руднева Л. В. Исследование Забайкальских популяций *Apatura iris* (Lepidoptera, Nymphalidae) по участку гена COI // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2018. Т. 123 (1). С. 38–42.
3. Коршунов Ю. П. Булавоусые чешуекрылые Северной Азии: Определители по флоре и фауне России. Вып. 4. М. : Тов-во науч. изд. КМК. 2002. 425 с.
4. Куренцов А. И. Булавоусые чешуекрылые Дальнего Востока СССР: Определитель. Л. : Наука, 1970. 164 с.
5. *Apatura iris amurensis* Stichel, 1908 // Berlov E., Berlov O. 1000 Siberian butterflies and moths. URL: <http://catocala.narod.ru/nym03.html>.
6. *Apatura metis substituta*, фото М. Зубаревой // Природа Байкала. URL: <https://nature.baikal.ru/phs/ph.shtml?id=94337>.
7. *Apatura metis substituta*, фото Р. Сайфутдиновой // Природа Байкала. URL: <https://nature.baikal.ru/phs/ph.shtml?id=93001>
8. *Apatura metis substituta*, фото Ю. Карпова // Facebook. URL: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=254010478014512>.
9. Dragan S. V. First record of *Apatura iris* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae) from the Republic of Khakassia (South Siberia) // Acta Biologica Sibirica. 2018. N 4(4). P. 114–115.
10. Dubatolov V. V., Kosterin O. E. Nemoral species of Lepidoptera (Insecta) in Siberia: a novel view on their history and the timing of their range disjunctions // Entomologica Fennica. 2000. 13 November. P. 141–166.

УДК 599.742.41

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ГРУППИРОВОК СОБОЛЯ (*MARTES ZIBELLINA* L., 1758) В ПРЕДЕЛАХ ГРУППЫ ОБЛАСТЕЙ ПОЯСНОСТИ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО ТИПА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В. П. Рыков

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
rykov_vitaliy@bk.ru*

The article presents the results of a study of the state of population groupings of sable (*Martes zibellina* L., 1758) within the group of areas of the Baikal type in the territory of the Irkutsk region. During the analysis of nutrition, fatness and age-sex structure, the authors concluded that population groupings in the studied territories are stable.

Высокая пересечённость рельефа на территории Иркутской области не позволяет развиваться зональной растительности, в связи с чем господствуют принципы высотной поясности [5]. Согласно картографическому материалу «Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий» (1999) в регионе имеются группы областей четырёх типов высотной поясности: Алтае-Саянская, Тувино-Южнобайкальская, Забайкальская и Прибайкальская [1].

Прибайкальскую группу типов поясности выделяют на гористых территориях к северу от истока Ангары, вдоль западного берега оз. Байкал. Среди них: Приморский тип (степные, лесостепные, горнотаежные пояса). Онотской возвышенности представлена лесостепной и горнотаежной частями высотной колонки. Горнотаежный пояс (с подпоясами светлохвойных (лиственничных, лиственнично-сосновых) и темнохвойных (пихтово-кедровых) лесов выражены на Байкальском хребте. На Лено-Ангарском плато выражен лишь горнотаежный пояс. Большинство описанных выше Прибайкальские группы типов поясности являются оптимальными местобитаниями для соболя [5].

Данные территории являются оптимальными местобитаниями для соболя и согласно административному делению Киренский, Казачинско-Ленский и Качугский район находятся в пределах вышеописанных территорий исследования.

На сегодня объем актуальных, достоверных сведений о половозрастной структуре популяций, динамике численности столь ценного вида невелик. Комплексное исследование в этой области позволят создать современный информационный базис для выработки рекомендаций по рациональному использованию ресурсов соболя. В сложившейся ситуации сложно предугадать дальнейшие изменения состояния ресурсов соболя в Иркутской области без научного изучения данного вопроса.

Материалом для исследования послужили тушки соболя (промысловые пробы) добытые в охотничьи сезоны с 2018 по 2022 г. Общая выборка собранных на территориях исследований составила – 668 промысловых проб.

В ходе исследования мы определяли: питание, упитанность, возраст и пол зверьков.

Объекты питания определялись путём вскрытия желудков и дальнейшего разбора пищевых комков. Все типы питания были разделены нами на животную (14 % – встреч в желудках от общей выборки), растительную (7 % – встреч в желудках от общей выборки), смешанный (40 % – встреч в желудках от общей выборки). Остальные 39 % составляют пустые желудки. По результатам разбора пищевых комков были зафиксированы остатки мышевидных грызунов, в частности рыжей и красно-серых полёвок, а также орехов сосны сибирской, ягод брусники, черники и черёмухи.

В общей выборке большую часть составляли пищевые комки с остатками животных и птиц, но в Качугском районе большую часть в рационе соболя составляет растительная пища в связи с высокой урожайностью растительных кормов в рассматриваемые годы.

Также в период исследования нами отмечено три случая каннибализма в Киренском и Качугском районах. По литературным данным, это не является аномальным поведением зверька [3].

Упитанность определялась визуально по жировым отложениям на тушке и соотношения веса околопочечного жира к общему весу зверька без шкурки [6]. В ходе оценки, нами сделан вывод, что наименее упитанные соболя добыты в Киренском районе и их количество растёт по сезонам. Ухудшение упитанности зверьков из года в год в вышеуказанных районах, по нашему мнению, связано с нарушением их среды обитания, вызванного антропогенными факторами (рубки, пожары), что несомненно отразится на состоянии популяционных группировок. Наиболее упитанные зверьки в Качугском и Казачинско – Ленском районах. В данных районах, большую часть выборки составляли среднее – (40 % от общей выборки) и слабо (39 % от общей выборки) – упитанные зверьки. Хорошо упитанные соболя составляют 21 % от общей выборки.

Пол определялся по визуальным признакам, а возраст по развитию головной мускулатуры и по подсчёту годовых колец на спиле зуба [2; 4]. Обе методики показали, что большую часть добываемых зверьков в период промысла составляют половозрелые особи (59 %), что возможно негативно повлияет на репродуктивное ядро данных популяционных группировок.

Из выше сказанного, возможно сделать вывод, что популяционные группировки соболя обитающих в пределах прибайкальской группы типов поясности на сегодня находятся в относительно стабильном состоянии.

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

Список литературы

1. Зоны и типы поясности растительности России и сопредельных территорий: Масштаб 1: 8 000 000 / отв. ред. Г. Н. Огуреева. М., 1999. 1 л.
2. Клевезаль Г. А. Принципы и методы определения возраста млекопитающих / ГРАН, Ин-т биологии развития им. Н. К. Кольцова. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2007. 79 с.
3. Корытин С. А. Повадки диких зверей. М. : Агропромиздат, 1986. 319 с.
4. Тимофеев В. В., Надеев В. Н. Соболя. М., 1955. 388 с.
5. Чепинога В. В., Гребенюк А. В. Введение. Краткий физико-географический очерк территории Иркутской области // Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения). Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. С. 8–12.
6. Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / Тр. Ин-та экологии растений и животных. Вып. 58. Свердловск, 1968. 386 с.

ЧИСЛЕННОСТЬ КОПЕПОД В ПОДЛЁДНЫЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ «МЕЛОЗИРНОГО» ГОДА

О. А. Садыкова, А. В. Лавникова, Я. К. Ермолаева, Д. Ю. Карнаухов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
sadykova.olga.06@mail.ru

Plankton plays an important role in the ecosystem of Lake Baikal. In this paper, data on the abundance of copepods during the “melosir” year will be included.

В оз. Байкал раз в несколько лет отмечаются так называемые мелозирные года [1]. Данные года характеризуются тем, что водоросль *Melosira baicalensis* (современное название *Aulacoseira baicalensis*) давала вспышки своей численности. В настоящий момент следует отметить, что вспышки численности данный вид не даёт, но вспышки численности наблюдаются у других представителей фитопланктона, например, *Gymnodinium baicalense* [2]. Одна из таких вспышек приходилась на этот год и была нами отмечена. В данном исследовании мы решили проверить насколько сильно подледное сообщество копепод в дневной период ассоциировано с участками пелагиали, на которых отмечается вспышка фитопланктона.

Отбор проб зоопланктона проводился напротив пос. Большие Коты по трансекте над различными глубинами (25 м, 50 м, 300 м, 750 м). Делались майны, отбирался определённый объём воды, который процеживался через мельничный газ. Отобранные пробы фиксировались 4-х процентным раствором формалина и в дальнейшем обрабатывались в лабораторных условиях по стандартной гидробиологической методике под стереомикроскопом. Параллельно с отбором воды производилось измерение уровня растворённого кислорода в воде. Уровень растворённого кислорода измерялся при помощи оксиметра (MiniDOT Logger).

Поскольку фитопланктон является основным кормовым объектом зоопланктона, включая копепод, мы ожидали увидеть повышенные концентрации зоопланктона в местах обильного цветения в подледный период. Однако при глубине 25 м количество особей копеподитных стадий равнялось 91 экз./м³, на 50 м – 136, на 300 м – 45 и на 750 м – 0. А количество особей науплиальных стадий при глубине 25 м равнялась 4455 экз./м³, на 50 м – 727, на 300 м – 1636, на 750 м – 136 (рис. 1).

Кроме того, мы измеряли концентрации растворённого кислорода на разных глубинах, поскольку вспышки численности в период цветения планктона характеризуется перенасыщением воды кислородом [1] в подледный период. Измерения проходили над глубинами 25 м, 300 м, 750 м, измерение концентрации растворённого кислорода над глубиной 50 м не удалось провести по техническим причинам. Измерения концентрации показали: над глубиной 25 м – 13,2 мг/л; 300 м – 13,6 мг/л; 750 м –

14,1 мг/л. Проведенный нами корреляционный анализ показал следующие коэффициенты: для науплиальных стадий -0,971, для копеподитных стадий -0,997 (рис. 2–3).

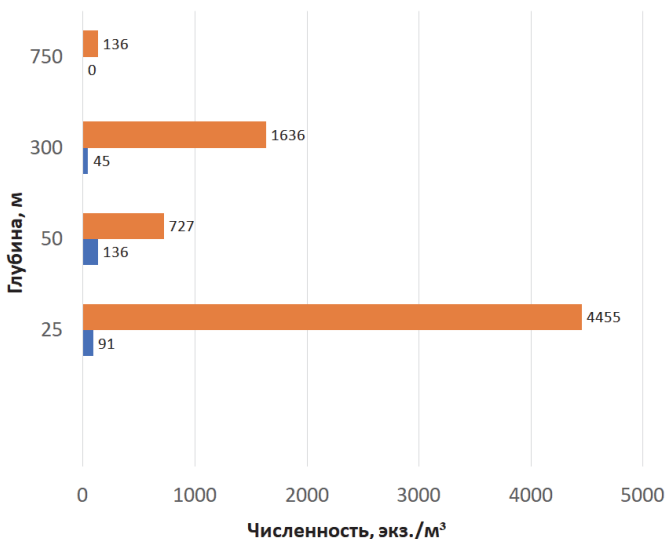


Рис. 1. Численность копепод под льдом при разной глубине, экз./м³ (сперва – особи науплиальных стадий, потом – особи копеподитных стадий)

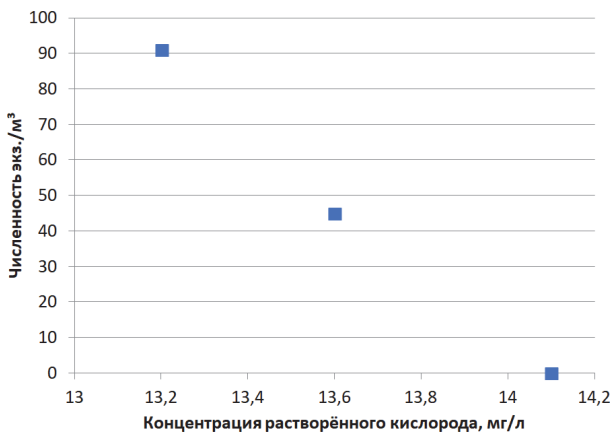


Рис. 2. Связь численности особей копеподитных стадий и растворенного кислорода

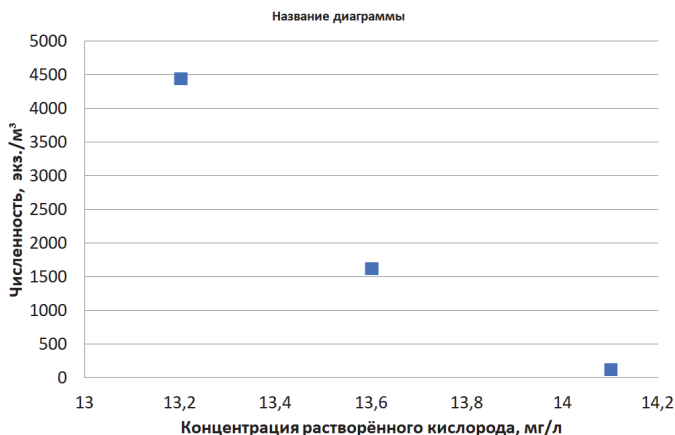


Рис. 3. Связь численности особей науплиальных стадий и растворенного кислорода

На графиках мы наблюдаем весьма высокую (согласно шкале Чеддока) отрицательную корреляцию. Мы согласны с тем, что было проанализировано небольшое количество материала и, возможно, на численность копепод у нижней стороны льда влияет удаление от берега (либо иные факторы среды). Однако на численность особей копепод, возможно, может оказывать влияние и высокое содержание растворенного кислорода, создаваемое фитопланктоном в условиях «мелозирных» лет. Данное исследование нуждается в продолжении.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ.

Список литературы

1. Галазий Г. И. Байкал в вопросах и ответах. М., 2017. 340 с.
2. *Gymnodinium baicalense* and *Gymnodinium coeruleum* (Dinophyta) outbreaks in Lake Baikal / D. Karnaukhov, N. Zausaeva, Ya. Ermolaeva, E. Dolinskaya, S. Biritskaya, M. Teplykh, N. Silenko, S. Shimaraeva, E. Silow // *Acta Biologica Sibirica*. 2019. Vol. 5, N 4. P. 109–113.

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

ВЫСОКОТРАВНЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕСТВА В НИЖНЕЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА Р. БОЛЬШОЙ МАМАЙ ХРЕБТА ХАМАР-ДАБАН

А. Д. Самусенок, В. А. Белова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

euzuchia@yandex.ru

The results of the study of tall grass plant communities in the lower part of the river basin are presented. Big Mamai, Khamar-Daban ridge, in the period from 3.08.2022–8.08.2022.

Приведены результаты исследования высокотравных растительных сообществ в нижней части бассейна р. Большой Мамай хр. Хамар-Дабан в период с 03.08.2022 по 08.08.2022.

Северный макросклон простирается вдоль берега Байкала до 35 км с перепадами высот в 1860 м [18].

Для Северного макросклона Хамар-Дабана характерны альпинотипные ландшафты, высокогорий с наличием резко выраженных гребней гор. Многочисленные боковые отроги хребта, разделённые глубоко врезаемыми речными долинами, крутыми уступами спускаются на прибайкальские террасы, а точнее – на полого наклонённые к Байкалу террасовидные ступени и участки примыкающей к озеру древней пролювиальной равнины [5].

Горно-котловинный характер рельефа и водная масса Байкала объясняют некоторые различия в климате отдельных частей Хамар-Дабана [2]. Характерная мусонность климата и большое количество атмосферных осадков на северном макросклоне, обеспечивают многоснежную зиму и ливневые дожди летом [1].

Особенности рельефа, климатических условий повлияло на состав и структуру высокотравных растительных сообществ, в том числе присутствие в сообществах некоторых неморальных реликтов и редких видов.

Геоботанические исследования проводились в первой декаде августа, в нижней части бассейна левого берега р. Большой Мамай.

Всего сделано 49 геоботанических описаний в сообществах с выраженным доминантным видом. Описания проводились на площадках 25 м². В полевых условиях общее проективное покрытие оценивались в процентах. Названия растений даются в соответствии со сводкой «Конспект флоры Иркутской области» [3].

Основными **доминантами растительных сообществ** являются (указаны в алфавитном порядке латинских названий):

Athyrium distentifolium Tausch ex Opiz – Кочедыжник расставленно-лиственный

Calamagrostis langsдорffii (Link) Trin. Вейник Лангсдорфа

Dryopteris filix-mas (L.) Schott – Щитовник мужской

Oreopteris limbosperma (All.) Holub – Горнопапоротник горный
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn – Орляк обыкновенный
Veratrum lobelianum Bernh. Чемерица Лобеля
Неморальные реликты третичных широколиственных лесов [4]:
Dryopteris filix-mas (L.) Schott – Щитовник мужской
Oreopteris limbosperma (All.) Holub – Горнопапоротник горный

Список литературы

1. Климатические ресурсы Байкала и его бассейна / гл. ред. Г. И. Галазий. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 272 с.
2. Жуков В. М. Климат// Предбайкалье и Забайкалье. М. : Наука, 1965. С. 91–138.
3. 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.
4. Краснопевцева А. С., Краснопевцева В. М. Реликты третичного неморального комплекса в Южном Прибайкалье // Труды Тигирекского заповедника. Барнаул, 2010. Вып. 3. С. 194–196.
5. Плюснин В. М. Ландшафтный анализ горных территорий. Иркутск, 2003. 257 с.

УДК 574.3

ПЕРСПЕКТИВЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ БАШМАЧКА КРУПНОЦВЕТКОВОГО (*CYPRIPEDIUM MACRANTHON*) В СРЕДНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. БОЛЬШАЯ ОЛХА (УРОЧИЩЕ «ПЛОСКИЙ ЛОГ»)

С. А. Сомов

МБОУ ДО ШР «Центр творчества», г. Шелехов, Россия
marityi5@mail.ru

Currently, the cenopopulation is estimated to be mature but approaching aging. The condition is normal, balanced. The supposed core of the growth of the cenopopulation is the eastern part.

В период 2022–2023 гг. в районе нижнего течения р. Большой Олхи (правый берег) нами осуществлено очередное исследование ценопопуляции башмачка крупноцветкового (*Cypripedium macranthron*). Площадь (*S*) исследуемой популяции – 18 м², треть склона – верхняя, экспозиция Ю, ЮЗ – 3–5°. Рельеф сглаженный. Тип рельефа – боровая терраса. Ландшафт района возможно отнести к аллювиальной комплексности [5]. Почва – умеренно влажная. Местами каменистая. Появление грунтовых вод – не глубже 3 м. Полевое определение почвы: подзолистого слоя нет, тяжело суглинистая. Характер вскипания от кислоты (10 % HCl) – умеренно карбонатная. Рисцнок разреза: отсутствует горизонт А2. Горизонт С в участке не исследовался. Глубина разреза – не более 40 см. Последовательность горизонтов: опад, лёгкий суглинок, жёлто-бурая глина, охристая глина.

Материнская и подстилаящая породы: лёссовые глины, граниты. Относятся к аридным почвам.

S ассоциации – 142 м². *S* соседних сходных ассоциаций – более 800 м². *S* пробной площади – 20×20 м. Тип леса (название ассоциации): Сосняк – папоротниково-разнотравный. Состав: 9С+1Л, ед Б+О, ПДЛ – 60–65 % (С, Л, Ос), ПДР – осина, 140 тыс. на 1 га (h-89–115), кустарниковый ярус не развит. Полнота – 0,4. Тенистость – умеренная. ОППТ – 60–70 %.

Нередки многолетние пожарища на соседних участках. На завалах порубочных остатков отмечены личинки вредителей: (пилильщик сосновый (рыжий) (*Neodiprion sertifer* G.), непарный шелкопряд (*Ocneria (Portetria) dispar*), Монашенка (шелкопряд-монашенка) (*Ocneria monacha* L.). Гусеница соснового пилильщика отмечена на соцветии *Cypripedium macranthos* [7].

Измерено 30 растений (измерения по 11 параметрам). Коррелятивных: 6 (длина соцветия, *s* листа, число жилок на листе, число цветков, длина и ширина брактей). По морфопараметрам определены онтогенетические стадии. Из средних показателей [1; 4] очевидно, что растения имеют нормальные размеры, соответствующие этому виду. Жизненность и перспективность развития оцениваются как положительные [2]. Видовое разнообразие растений: не менее 30 видов, из них 3 древесных. *S*-пробной площади – 10×10 м. Древесный ярус определён как один – «Первый». Высота – 20–23 м. Травянистый покров имеет 3 яруса. Ярусность выражена. Фаунных деревьев нет.

Форма ЦП удлинённая. Выглядит как знак ζ в «лежачем» положении, удлинённым концом вверх (рис. 24, 21а-б). Длина – 8 м. Ширина в широком месте – до 4 м, в узком – 1 м². Неполных квадратов при картировании – 4 шт. Высота в «высоком» месте – 5 м. Квадраты пронумерованы. В самом насыщенном квадрате (№ 3) – 45 растений (восточная часть (В)), это 1/4 часть особей [3].

Пространственная ориентация ЦП в длину – с запада на восток. Преобладание особей в восточной части (В), зрелые растения в большинстве – в северо-восточной (С/В) и центральной части. Молодые растения максимально – в восточной (В) и юго-восточной (Ю/В). Предполагаем, что квадрат № 3 + сопредельное – являются центром происхождения и развития популяции.

Плотность растений: opt – 18 особей/м², min – 2–3 особей/м², max – 45 особей/м². Численность особей: *j* (v) – 14 особей; *im* (Δ) – 18 особей; *v* (+m, +b) – 85 особей; *g*² (O) – 76 ос. (●) – 11 особей. За морфологическую счётную единицу взята «партикула» – особь вегетативного происхождения, в тексте мы будем обозначать единицу как «особь». *Естественные границы*: Характер расселения – континуальная популяция. По типу ареала – изолированная. Изоляционные барьеры – экологические (влияние тени, состав почвы, конкуренция с луговыми растениями вблизи вырубок).

Индекс восстановления (*I*^{*}) [3]:

$$I^g = n^j + n^{im} + n^v: n^{g1} + n^{g2} + n^{g3} \cdot 100 \%,$$

где n – число учтённых особей. $I^g = 14 + 18 + 85 : 87 \cdot 100 \% = 13,4 \%$. Из полученного результата видно, что процессы самовосстановления и сменного возобновления в ЦП удовлетворительные и слабые. Вероятно, что молодые проростки учтены не все, хотя каждый квадрат был обследован.

Коэффициент возрастности (Δ) [6]: $\Delta = \sum k^i \cdot m^i / N$. Здесь k^i – «цена» возрастности одной особи конкретного возраста. Соответственно, m^i – численность особей в этой возрастной группе; N – число особей в ЦП. Например, k^j – «цена» ювенильной группы. Было рассчитано цифровое значение возрастности, где $j - 0,0180$; $im - 0,0474$; $v - 0,1192$; $g2 - 0,5000$. Подставим значения:

Для ювенильных: $\Delta_j = 0,0180 \cdot 14 : 204 = 0,252 : 204 = 0,0012352$;

Для имматурных: $\Delta_{im} = 0,0474 \cdot 18 : 204 = 0,8532 : 204 = 0,0041823$;

Для виргинильных: $\Delta_v = 0,1192 \cdot 85 : 204 = 10,132 : 204 = 0,0496666$;

Для генеративных: $\Delta_j = 0,5000 \cdot 87 : 204 = 4,35 : 204 = 0,2132352$.

Складываем общий результат: $\Delta_j + \Delta_{im} + \Delta_v + \Delta_j = 0,02683193 = 0,27$. Проверочный расчёт: $(k^j \cdot m^j) + (k^{im} \cdot m^{im}) + (k^v \cdot m^v) + (k^g \cdot m^g) : 204 = 0,27$.

Цифра расчёта несколько ниже 0,05 – отсюда видно, что ЦП недостаточно сильно влияет на окружающую среду (например: значение 0,9–0,95 показывает, что ЦП состоит из старых и ослабленных особей). Приближение к 0,5 – благоприятно.

Средняя энергетическая активность популяции (индекс эффективности) w [6]: $W = \sum n^i \cdot e^i : \sum n^i$, где e^i – значения величин эффективности растений (эффективность растений i -го состояния); а W – её средневзвешенная; n^i – абсолютное число растений i -го возрастного состояния; $\sum n^i$ – общее (интегральное) число растений. Определена эффективность: $j = 0,0707$; $im = 0,1807$; $v = 0,4200$; $g = 1,0000$ [6].

Ювенильные: $0,0707 \cdot 14 = 0,9898$; Имматурные: $0,1807 \cdot 18 = 3,2526$;

Виргинильные: $0,4200 \cdot 85 = 35,7$; Генеративные: $1,0000 \cdot 87 = 87$.

Отсюда $\sum n^i \cdot e^i = (j) 0,9898 + (im) 3,2526 + (v) 35,7 + (g) 87 = 126,9424$. Отношение $\sum n^i \cdot e^i : \sum n^i = 126,9424 : 204 = 0,6222666 \approx 0,62$. Это достаточно, относительный показатель, нормированный к единице. Отсюда полученная величина не связана напрямую с экологическими и средовыми параметрами. Эта величина является «мостиком» для связи онтогенетических структур ЦП и плотностью (как ценопопуляционно-экологической характеристики). Итак, значение 0,62 – показывает созревание популяции, ибо показатель ещё далёк от значения «1». Сравнивая значения $\Delta = \sum k^i \cdot m^i / N$ равное 0,27 (при нормировании – «0,50») со значением $W = \sum n^i \cdot e^i : \sum n^i$ – видим (0,62 нормирование – «1»), что популяцию можно классифицировать как «зреющая» [6]. В настоящий момент, ценопопуляция оценивается как зрелая, но приближающаяся к старению; Состояние нормаль-

ное, сбалансированное. Предполагаемое ядро разрастания ценопопуляции – восточная часть.

Растительная ассоциация, включающая данную ЦП, типична для башмачка крупноцветкового, но в связи с антропогенным воздействием появляются луговые виды растений и возникает конкуренция с ними. Из всех окружающих растений особо выделим папоротник – он сосуществует с башмачком по принципу симбиоза. Папоротник можно считать эдификаторным видом.

Возможно ухудшение условий при дальнейших вырубках и пожарах. Видовое разнообразие ассоциации невысокое. Это тоже говорит о отрицательном антропогенном воздействии. В перспективе на участках ассоциации появится осиновый подлесок и куртины кустарника. Вероятнее всего, это повлияет на ценопопуляцию башмачка, вплоть до временного исчезновения растений с поверхности почвы (подземный образ жизни).

Список литературы

1. Быченко Т. М. Исследование онтогенеза башмачка крупноцветкового // Методы популяционной биологии. Ч. 2 : сб. VII Всерос. популяц. семинар. Сыктывкар : Изд. Коми науч. центра УрО РАН, 2006.
2. Быченко Т. М. Методика изучения ценопопуляций редких и исчезающих растений Прибайкалья : метод. пособие. Иркутск. : Артиздат, 2002. 90 с. : ил., табл.
3. Быченко Т. М., Березина О. В. Исследование пространственной структуры ценопопуляций орхидных Южного Прибайкалья // Методы популяционной биологии. Ч. 2 : сб. VII Всерос. популяц. семинар. Сыктывкар : Изд. Коми науч. центра УрО РАН, 2006.
4. Вахрамеева М. Г., Денисова Л. В. Орхидеи нашей страны. М. : Наука, 1990. 221 с.
5. Воронов А. Г. Геоботаника : учеб. пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд 2-е, испр. и доп. М. : Высш. шк., 1973. 384 с.
6. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. № 1. С. 3–7.
7. Суворов В. В., Воронова И. Н. Ботаника с основами геоботаники. 2-е изд. перераб. и доп. Л. : Колос, 1979. 560 с. (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

УДК 574.587

РАЗНООБРАЗИЕ И СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА ОЗ. ЯКОНДЫКОН (АМУТСКАЯ КОТЛОВИНА, СЕВЕРНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

К. В. Тараканова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
tarakanova_kv@mail.ru*

The diversity and quantitative characteristics of zoobenthos of Lake Yakondykon in the Amut Basin in the upper reaches of the Barguzin River were studied. Fifty-two species and forms of benthic invertebrates were identified. The highest indices of zoobenthos abundance and biomass were observed in the upper zone of the littoral at a depth of 1 m (5225 specimens/m² and 4. 834 g/m² respectively). At depths of 10 m and below, zoobenthos abundance and biomass are not high and do not exceed 775 eq. /m² and 0. 742 g/m² at 15 m depth.

Озеро Якондыкон, как и другие крупные озера Амутской котловины (Амут, Малан-Зурхен), является моренно-подпрудным по своему генезису и относится к профундально-литоральному морфологическому типу озер [1]. Для озера характерно смещение значительных глубин к юго-западному берегу, где максимальные глубины в 15–20 м отмечаются в 30–50 м от уреза воды. Менее крутыми являются северный и восточный подводные склоны.

Разнообразие и количественная характеристика зообентоса оз. Якондыкон ранее не исследовались. 17 августа 2008 г. в озере было отобрано 28 проб в двух повторностях во всех зонах глубин малой модели дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0,02 м². Для промывки проб использовали газ № 23. Собранный материал фиксировался 4%-ным раствором формальдегида или 70%-ным раствором этилового спирта. Обработка проб в лабораторных условиях проводилась по общепринятым в гидробиологии методикам [2].

Для анализа структуры донных биоценозов и особенностей распределения организмов зообентоса в озерах были выделены следующие зоны: литораль (0–3 м), сублитораль (3–10 м), профундаль (более 10 м).

Доминирующим типом грунта в зоне глубин от уреза до 10 м был крупный кварцевый песок с примесью перегнивающих растительных остатков. В диапазоне глубин 10–15 м преобладали заиленные пески, а глубже темно-коричневые илы.

Наиболее высокие показатели численности и биомассы зообентоса в оз. Якондекон отмечены в верхней зоне литорали на глубине 1 м, где средние показатели численности организмов составляли 5225 экз./м², а биомассы 4,834 г/м². Уже на глубине 3 м количественные показатели зообентоса снижаются более чем в 3 раза (1,45 экз./м² и 1,163 г/м² соответственно). На глубине 5 м биомасса зообентоса несколько увеличивается (2,658 г/м²), преимущественно за счет достаточно многочисленного в этой зоне глубин озёрного гаммаруса (*G. lacustris*) при снижающихся показателях численности. На глубинах 10 м и ниже показатели численности и биомассы зообентоса не высоки, от 775 экз./м² на глубине 15 м до 300 экз./м² на 20 м и от 0,742 г/м² на глубине 15 м до 0,567 г/м² на глубине 10 м.

Доминирующими группами в зоне глубин 1 м по численности были олигохеты, хирономиды и двустворчатые моллюски, а по биомассе двустворчатые моллюски, олигохеты и хирономиды. Субдоминирующей группой по биомассе в этой зоне глубин были пиявки при относительно не высокой их численности (0,95 %).

В зоне глубин 3 м по численности доминировали хирономиды (65,5 %) и двустворчатые моллюски, а субдоминантами были амфиподы (6,9 %). Доминирующую группу по биомассе составляли хирономиды, двустворчатые моллюски и амфиподы).

В зоне глубин 5 м сохраняются доминирующие группы, представленные в предыдущей зоне глубин, однако их количественные показатели в

значительной мере изменяются. По численности это хирономиды, двустворчатые моллюски и амфиподы, а по биомассе – двустворчатые моллюски, амфиподы и хирономиды. Субдоминантной группой в этой зоне глубин по численности являются олигохеты.

На глубинах 10 м и выше единственной доминирующей группой как по численности, так и по биомассе являются хирономиды. Субдоминантной группой по численности и биомассе в зоне глубин 10 м были двустворчатые моллюски.

По результатам разовых рекогносцировочных работ в фауне озера было выявлено 52 вида и формы донных беспозвоночных, относящихся к 11 таксономическим группам рангом семейства и выше. Наибольшим видовым разнообразием характеризуются семейство Chironomidae (24 вида), Oligocheta представлены 10 видами, ручейники 4 видами, Bivalvia 3 видами, остальные таксономические группы представлены 1–2 видами.

С увеличением глубины отмечается уменьшение количества таксономических групп в составе зообентоса. Максимальное их количество 11 отмечается на глубине 1 м, на глубинах 3 и 5 м отмечено восемь групп, а в более глубоких участках – три, пять и одна соответственно. Только в литоральной и сублиторальной зонах отмечены нематоды, пиявки, амфиподы, ручейники, большекрылые, мокрецы и брюхоногие моллюски. На максимальных для озера глубинах (20 м) были отмечены только личинки хирономид вида *Sergentia prima*.

В видовом отношении, так же как и в ряде других горных озёр Северного Забайкалья, наиболее разнообразна фауна литорали. Здесь отмечено 28 видов и форм водных беспозвоночных, что составило 53,8 % всего видового состава бентосных организмов озера, определенных до вида.

В зоне sublиторали (3–10 м) отмечено 15 видов и форм зообентоса (28,8 %), а в зоне профундали 9 видов (17,4 %).

Во всех зонах глубин наибольшим видовым разнообразием характеризуются хирономиды. Вторая по видовому богатству группа – олигохеты, богато представлены только в зоне литорали (9 видов).

Исследование выполнено в рамках государственного контракта с Министерством науки и высшего образования РФ «Разработка подходов к оценке воздействия колебаний уровня озера Байкал на разнообразие, качественные и количественные показатели зообентоса и рыб литоральной и прибрежно-соровой зон» (№ контракта FZZE-2021-0012).

Список литературы

1. Выркин В. Б. Морфометрия и некоторые особенности природы озёр Амурской котловины // Озёра Баргузинской долины. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1986. С. 43–46.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под рук. В. А. Абакумова. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 405 с.

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

ПЕРВЫЕ ИТОГИ РЕКОНСТРУКЦИИ ФАУНЫ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ПО КОСТНЫМ ОСТАТКАМ ИЗ ПЕЩЕРЫ ЛЕТУЧИХ КОЗ (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ)

А. А. Теницкая, А. М. Клементьев

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
anya_ten239@mail.ru*

The study of animal bones found in caves can provide scientists with a wealth of information about past climatic and species changes, animal life cycles, history, and evolution. Bone remains also can give insight into changes in the biological community and ecosystem, help to understand food chains, intraspecific interactions, and human impact on the environment.

Изучение костей животных в пещерах может предоставить множество важной информации о прошлых климатических и эволюционных изменениях, жизненных циклах животных, их ареалах и филогенетике. Костные остатки могут также помочь в понимании пищевых отношений, дать представление об изменениях в сообществах, структуре внутривидовых взаимодействий и влиянии человека.

В ходе поисковых работ 09.10.2022 А. Бариновым и А. Васильевой в 3,5 км от с. Степной Баджей в Красноярском крае была обнаружена новая пещера, в дальнейшем названная пещерой Летучих коз. Вход в пещеру имеет вид колодца высотой 11 м (рис.), вероятно, он образован при эрозии склона. Полость пещеры сформировалась в результате карстовых процессов и сочетает в себе элементы различных типов. Подход к пещере свободный. Температура воздуха внутри пещеры составляет +4 °С, а относительная влажность около 95 %. Основными обитателями пещеры являются летучие мыши. В ходе первичного обследования по днищу пещеры на всей доступной ныне протяженности было обнаружено значительное количество палеозоологического материала [1].



Рис. Вход в пещеру Летучих коз (фото: krasspeleo.ru)

Сбор палеонтологического материала проведён в ходе дальнейших исследований 25.11.2022, собрано несколько сотен костных остатков, принадлежащих восьми крупным и нескольким видам мелких млекопитающих. Определение видовой принадлежности проводилась по наиболее сохранившимся костным фрагментам (50 костей, принадлежащих 46 особям). Богаче всего в сборах представлены хищники семейства куньих – 20 особей (соболь, горноста́й, колонок, ласка, барсук), 40 % среди них принадлежало барсукам, в большей степени представленным целыми черепами. Отмечены остатки костей 12 взрослых и молодых особей медведя, 5 особей косули, 4 зайца-беляка, 3 кабарги, большое количество полёвок, кротов, бурозубок, летучих мышей. Появление крупных животных в пещере связано с падением в вертикальный колодец входа, где они погибали преимущественно не от травм (дно входного колодца выстелено толстым слоем прелого опада), а от истощения, оказавшись в ловушке.

Список литературы

1. Красноярский краевой клуб спелеологов 2007–2023. URL: <https://krassspeleo.ru/access>

УДК 598.2:(571.5)

ПОЛОВОЙ И ВОЗРАСТНОЙ СОСТАВ ГОГОЛЕЙ *BUCEPHALA CLANGULA* НА «ХОЛОДНОЙ» ЗИМОВКЕ В Г. ИРКУТСКЕ (СЕЗОН 2022–2023 ГГ.)

А. А. Тютрина, А. И. Поваринцев

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
a.tyutrina@bk.ru*

This article contains the results of a study of the sex and age structure of the Common Goldeneye on a «cold» wintering in Irkutsk in 2023. A total of 1634 birds from 23 flocks were studied. Males prevailed over females in a ratio of 3:1 (72.4 % of males and 27.6 % of females). The counts showed a significant predominance of adults over young ones.

Верхнее течение р. Ангары является ключевой орнитологической территорией международного значения [2]. Здесь сформировались две «холодные» зимовки уток: в истоке р. Ангары и на незамерзающем участке ниже Иркутской ГЭС. Более 90 % зимующих уток составляют гоголи *Bucephala clangula*. Актуальность изучения «холодных» зимовок в верхнем течении Ангары определяется тем, что в этом месте проводит зиму значительная часть региональной популяции гоголя. Для оценки численности и выживаемости птиц на зимовке ежегодно с декабря по март проводятся учёты зимующих гусеобразных. При этом половозрастному составу зимующих птиц уделяется недостаточно внимания.

Для определения половозрастного состава гоголей на зимовке между 10 января и 15 марта 2023 г. были проведены учёты птиц в 23 стаях на различных участках р. Ангары в черте г. Иркутска (район нижнего бьефа ГЭС, бульвара Гагарина и устья р. Иркут). Для фотосъёмки и последующего определения пола и возраста птиц использовалась фотосъёмка камерой Nikon P 510 с 62-кратным оптическим увеличением.

По данным общего учёта, проведенного в 24 февраля 2023 г., общая численность гоголей на незамерзающем участке Ангары ниже Иркутской ГЭС (ГЭС – пос. Боково, 12–15 км) составила не менее 6655 особей. Условия зимовки нельзя назвать экстремальными, зима была умеренно холодной. Длина основной полыньи в самый холодный период зимовки достигала 27–30 км, что не предполагает значительного ухудшения кормовых условий и гибели большого количества уток.

В процессе исследования рассмотрено 1634 особей гоголей, что составляет 24,5 % от всех зимующих гоголей. Из них у 1508 птиц удалось точно определить половую и возрастную принадлежность. В скоплениях гоголей сравнительно легко выделить группу взрослых самцов и самок. Определение молодых особей может представлять сложность по причине схожести в окраске с взрослыми самками. Однако к моменту проведения учётов многие молодые самцы уже приобрели переходную чёрно-белую окраску и белое пятно в основании клюва, то снижет вероятность ошибки в определении. С молодыми самками дело обстоит сложнее. Таких птиц включали в соответствующую группу только в случае наличия четких диагностических признаков.

Изучение 23 стай гоголей величиной от 18 до 183 особей показало, что соотношение птиц разных полов и возрастов в них может сильно варьировать. Стаи, состоящие из одних самцов или самок, либо только из взрослых или молодых особей не отмечались.

Доля взрослых самцов от общего количества гоголей составляла в разных скоплениях от 39 до 89 %. Взрослых самок было 5–30 %, молодых самцов – 3–26 %, молодых самок – 1–10 %. По суммированным результатам учётов доля взрослые самцы составила 60,1 %, взрослых самок 14,5 %, молодых самцов – не менее 12 %, молодых самок – не более 10 %. Доля медленно линяющих молодых самцов, слабо отличающихся от молодых самок, составила около 3,5 % от всех гоголей.

В целом общее соотношение самцы/самки у гоголя в пределах города оказалось равным 3:1 (72,4 % самцов и 27,6 % самок), т. е. численность самцов в пять раз выше численности взрослых самок (1245 самцов и 288 самок соответственно). Данное различие в соотношении полов статистически значимо.

Доля взрослых самцов от общего количества селезней на исследованных участках составила 64–96 % в разных скоплениях, молодых самцов – в пределах 6–36 %. Процентное соотношение взрослых самок от числа всех

самок в анализируемых скопления составило 44–94 %, молодых самок – 11–56 %. Соотношение взрослых самцов к молодым селезням на зимовке в сезон 2022/23 составило 5:1 (82,6 % взрослых и 17,6 % молодых). Общее соотношение взрослых самок и молодых самок гоголя на данной зимовке составило 3:1 (72,9 % взрослых самок и 26,5 % молодых самок).

Предыдущие исследования не выявили заметных различий в активности кормодобывательного поведения между самцами и самками гоголя [5]. Следовательно, на результаты исследования не влияет недоучёт особей какой-либо из половозрастных групп. Все птицы на данном участке зимовки кормятся с одинаковой интенсивностью и равновероятно попадают в учёт.

Также для участка зимовки ниже Иркутской ГЭС не характерна ежегодная избирательная гибель самок, приводящая к преобладанию самцов весной, что отмечалось для участка в истоке Ангары и на других холодных зимовках [1; 3]. В текущий сезон зимовка также не являлась экстремальной.

Таким образом, соотношение полов у зимующих гоголей подвержено значительным флуктуациям год от года, что, вероятно, засвидетельствует от погодных условий осени и особенностей осенних миграций разных половозрастных групп, о чем упоминалось в проведенных ранее исследованиях [4; 5].

Список литературы

1. Гулай В. И. Экология красноголового нырка в верховьях южного Буга // Орнитология. М. : Изд-во МГУ, 1995. Вып. 26. С. 62–71.
2. Мельников Ю. И. 2000. Холодные зимовки водоплавающих и околоводных птиц в верхнем течении Ангары: современный статус, состояние и охрана // Русский орнитологический журнал. 2000. Т. 9 (109). С. 16–20.
3. Мельников Ю. И. Избирательная элиминация самок гоголя *Bucephala clangula* на «холодных» зимовках в верхнем течении р. Ангары (Восточная Сибирь) // Известия Иркутского университета. Серия Биология. Экология. 2012. Вып. 2. С. 32–43.
4. Мельников Ю. И., Попов В. В., Жовтюк П. И. Особенности распределения водоплавающих птиц на «холодной» зимовке в истоке и верхнем течении р. Ангары (Южный Байкал) в современный период // Байкальский зоологический журнал. 2017. № 2(21). С. 67–74.
5. Фефелов И. В., Поваринцев А. И. Половой и возрастной состав гоголей *Bucephala clangula* на зимовке в черте Иркутска в 2013 году // Русский орнитологический журнал. 2013. Т. 22, № 883. С. 1441–1445.

СТРУКТУРА ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕРА БАКЛАНЬЕ В 1948–2022 ГГ.

В. А. Хамуева, И. В. Аров

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
vxatueva@bk.ru*

This article describes changes in the qualitative and quantitative characteristics of the zooplankton of Bucklane Lake from 1948 to 2022.

Озеро Бакланье расположено на восточном берегу оз. Байкал, на расстоянии 4,4 км к северу от Посольского сора, и отстоит от берега Байкала в восточном направлении приблизительно на 0,75 км. Озеро округлой формы; наибольшая длина около 1,1 км, ширина примерно 0,83 км. Средняя глубина 1,2 м, наибольшая – 1,6. Ложе водоема состоит из мощных иловых отложений [3]. Вода в озере почти коричневого цвета, мутная. Летом, благодаря малым глубинам озера, вода быстро прогревается и температура у берегов доходит до 22 °С (август).

Изучение озера началось в середине прошлого столетия (1948–1949 гг.), когда в работе И. К. Вилисовой появились первые данные о зоопланктоне, описаны его качественные, количественные характеристики и сезонная динамика [2].

В дальнейшем в связи с попытками разведения в озере золотого или обыкновенного карася (1985–1986 гг.), а так же эксплуатацией его для подращивания молоди омуля (с 1990 г. до настоящего времени) зоопланктон оз. Бакланье изучался не раз.

Данные о состоянии зоопланктона озера в период с 1996–1999 по 2001–2002 гг. были опубликованы в материалах региональной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Большереченского рыбоводного завода. Позднее, в 2014 г., Байкальский филиал ФГБНУ Госрыбцентр производил оценку состояния зоопланктона, как кормовой базы молоди омуля, озёр Посольского питомника – Бакланье, Лесное и Резунька [1; 3].

Материалом для данной работы послужили литературные источники и пробы, отобранные в июне 2022 г. сетью Апштейна.

Из-за отсутствия списков видового состава в исследованиях 1996–1999 и 2001–2002 гг, а также 2014 г., невозможно представить полную картину о смене или стабильности видового состава зоопланктона оз. Бакланье. В 1948–1949 гг. И. К. Вилисовой указано 24 таксона видового уровня: 6 видов Copepoda, 6 форм Cladocera и 12 видов Rotifera. В пробах за июнь 2022 г. на данный момент определено 19 форм: Copepoda – 3 вида, Cladocera – 6, Rotifera – 12 видов. Фауна облигатно планктонных ракообразных претерпела существенные изменения. Из ранее указанных

сохранились *Mesocyclops leuckarti* и *Bosmina longirostris*, произошло выклинивание *Eudiaptomus graciloides*, *Ceriodapnia pulchella*, *Daphnia galeata*. Видовой состав коловраток так же подвергся изменениям. По сравнению с 1948–1949 гг. из 12 видов сохранилось только 3, но были обнаружены и ранее не указанные *Brachionus spp.*, *K. quadrata* и некоторые другие виды (табл.).

Таблица

Сравнение видового состава зоопланктона оз. Бакланье

Виды \ Годы	1948–1949	2022
Copepoda	6 видов	3 вида
1. <i>Diaptomus graciloides</i> (Lill.)	+	–
2. <i>Eucyclops serrulatus</i> (Fisch.) var. <i>speratus</i> (Lill.)	+	+
3. <i>E. serrulatus</i> (Fisch.) var. <i>proximus</i> (Lill.)	+	–
4. <i>Microcyclops gracilis</i> (Lill.)	+	–
5. <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	+	+
6. <i>Neutrodiaptomus incongruens</i> (Poppe)	–	+
7. <i>Heterocope appendiculata</i> (Sars)	+	–
Cladocera	6 видов	6 видов
1. <i>Alona quadrangularis</i> (Müll.)	+	–
2. <i>Bosmina longirostris similis</i> (Lill.) (Sars)	+	+
3. <i>B. longirostris cornuta</i> (Jur.)	+	–
4. <i>Ceriodapnia pulchella</i> (Sars)	–	+
5. <i>Chydorus sphaericus</i> (Müll.)	+	+
6. <i>Daphnia galeata</i> (Sars)	–	+
7. <i>Eurycerus lamellatus</i> (Müll.)	–	+
8. <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fisch.)	+	–
9. <i>Limnoscidea frontosa</i> (Sars)	+	–
10. <i>Pleuroxus uncinatus</i> (Baird)	–	+
Rotatoria	12 видов	10 видов
1. <i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	–	+
2. <i>B. bakeri</i> (= <i>B. capsuliflorus</i> Pallas)	+	–
3. <i>B. quadridentatus</i> (Herm.)	–	+
4. <i>B. plicatilis</i> (Müll.)	–	+
5. <i>B. urceolaris</i> Müll. var. <i>rubens</i> (Ehrb.)	+	–
6. <i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrb.)	+	+
7. <i>Filinia longiseta</i> (Ehrb.) var. <i>limnetica</i> (Zach.)	+	+
8. <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	+
9. <i>K. quadrata</i> (Müll.)	–	+
10. <i>Monostyla lunaris</i> Ehrb.	+	–
11. <i>Mytilina spinifera</i> (Ehrb.)	+	–
12. <i>M. mucronata</i> (Müll.)	–	+
13. <i>Polyarthra trigla</i> (Ehrb.)	+	–
14. <i>P. dolichoptera</i> (Idels.)	–	+
15. <i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrb.)	+	–
16. <i>Trichotria tetractis</i> (Ehrb.)	+	–
17. <i>Trichocerca cylindrica</i> (Imh.)	+	–
18. <i>T. longiseta</i> (Sch.)	–	+
19. Своеобразная шиповатая коловратка	+	–

Численность зоопланктона в июне 2022 г. колеблется в пределах 21,1–92,8 тыс. экз./м³, что на порядок меньше чем в 1996–1999, 2001–2002 г. г. и 2014 г. [1; 3]. Так, к примеру, размах колебаний количественных показателей в конце июня 2014 г. был в пределах 305,3–870,5 тыс. экз./м³ [1]. Биомасса в июне 2022 г. варьирует в пределах 0,145–0,61 г/м³, что значительно меньше показателей за июнь 1996–1999 и 2001–2002 гг. (1,08–21,5 г/м³), но приближено к значениям за июнь 2014 г. (0,607–1,016 г/м³) [1; 3]. Доминирующими видами, в различные года исследований, были коловратки родов *Brachionus*, *Keratella*, *Synchaeta*, ракообразные *M. leuckarti*, *C. vicinus*, а также *C. sphaericus*, *D. longispina* и *D. pulex* [1–3]. В июне 2022 г. к системообразующим видам можно отнести доминанта по численности и биомассе *M. leuckarti* (23–51 % биомассы), а также субдоминантов *N. incongruens*, *D. galeata*, *B. longirostris* и *C. pulchella*. В ротаториоценозе пелагиали озера доминирующее положение сохраняют *K. cochlearis* и *F. longiseta*.

В зоопланктоне наблюдается смена видового состава и изменение численности отдельных видов, что может определяться их выедаемостью молодью омуля и другими рыбами, а также изменением абиотических условий вследствие массового размножения в конце июня термофильных видов фитопланктона.

Список литературы

1. Боков А. И. Отчет о научно-исследовательской работе «Оценка эффективности подращивания молоди байкальского омуля в питомниках большереченского рыбоводного завода» / Гос. науч.-произв. центр рыб. хозяйства ; Байкал. фил. Улан-Удэ, 2014. 27 с.
2. Вилисова И. К. Сравнительный обзор зоопланктона Посольского сора и прибрежных районов открытого Байкала // Труды Байкальской лимнологической станции АН СССР. Иркутск, 1954. Т. 14. С. 190–262.
3. Подращивание молоди омуля в водоемах Посольского питомника / Н. Ф. Дзюменко, В. П. Павлицкая, З. М. Дзюменко, В. Ю. Матанцев // Большереченскому рыбоводному заводу – 70 лет : материалы регион. науч.-практ. конф. Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2003. С. 53–60.

УДК 57.087

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПАВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДРОЖЖЕЙ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА

Е. В. Бушина, С. Э. Мурик

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
katya_bushina@inbox.ru*

In the paper is considered the possibility of assessing the functional state (FS) of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* according to the data of the redox potential (ORP) under the action of the surface-active agent (surfactant) cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) on them. The overall pattern of changes in ORP accompanying the growth and development of yeast over five days – an increase in the reduction potential, took place both in the control and in the experience, but the lag in dynamics against the background of the toxicant was compensated by its higher final amplitude on the fifth day. The results show that this approach can be used to assess the FS of microorganisms.

Оценка функционального состояния (ФС) биологических систем – актуальная проблема для многих отраслей человеческой деятельности, в том числе для биотехнологических производств, медицины, экологии и др. [1–3]. Актуальным вопросом при этом является поиск новых эффективных и недорогих методов оценки действия различных неблагоприятных факторов на рост и развитие живых организмов. В настоящей работе проводится исследование возможности оценки влияния поверхностно-активного вещества (ПАВ) цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ) на рост и развитие дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae* путем измерения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП).

Методика: Исследование ОВП производилось анализатором жидкости Эксперт-001 с помощью редокс-электрода ЭРП-105. Для культивирования дрожжей приготавливался и стерилизовался питательный раствор УЕРД. ОВП регистрировали в питательном растворе после внесения дрожжей в концентрации 0,5 г/100 мл – контрольные исследования, а также при добавлении ЦТАБ (0,01 г/100 мл) – опыт. Всего было проведено 6 контрольных и 6 опытных серий экспериментов. Каждая серия занимала 5 дней, регистрация проводилась по 6 ч. Математическая и статистическая обработка данных производилась в программе Microsoft Excel. Для статистического анализа был использован *t*-критерий Стьюдента. Данные представлены в виде $m \pm S$, где m – среднее арифметическое, S – ошибка среднего.

Результаты и обсуждение: ОВП питательного раствора без дрожжей ($n = 6$) равнялся $87,7 \pm 14,3$ мВ. Внесение в него ЦТАБ увеличило потенциал до 154 ± 6 мВ ($p < 0,01$, $n = 6$). Добавление дрожжей ($n = 6$) снизило ОВП до $31,7 \pm 23,3$ мВ ($p < 0,001$). Значения потенциалов в суспензии с дрожжами и с ПАВ, и в стаканах с дрожжами, но без ПАВ оказались близкими ($30,4 \pm 9,5$ мВ, $p > 0,05$), что также видно на рисунке (см. значение потенциалов за первый час). В течение первых двух часов наблюдения также отсутствовали достоверные отличия ОВП в контроле и опыте. Спустя примерно 2,5 ч (см. 4-я точка на графике, см. рис.) в стаканах с дрожжами без ЦТАБ ОВП становится достоверно меньше, чем в случае с ПАВ ($p < 0,01$).

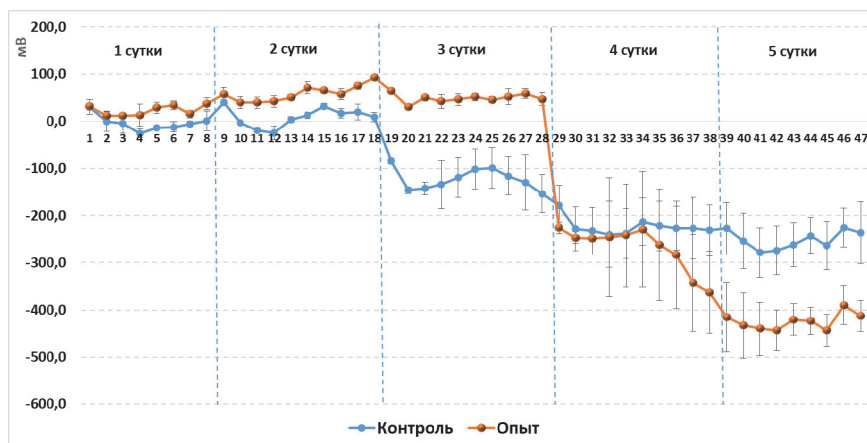


Рис. Изменение ОВП (мВ) на протяжении 5 сут после внесения дрожжей в питательный раствор (контроль, $n = 6$) и после внесения дрожжей в питательный раствор с ЦТАБ (опыт, $n = 6$). На горизонтальной оси обозначены периоды от 30 до 80 мин

Анализ в целом за первые сутки показывает, что в опыте к концу первых суток потенциал существенно не изменился, тогда как в контрольной группе наблюдалось достоверное его уменьшение с $30,4 \pm 9,5$ до $0,9 \pm 4,9$ мВ ($p < 0,05$). На вторые сутки в контроле потенциал оставался примерно на том же уровне, что и к концу первых суток. В опытной же группе наблюдалось его достоверное увеличение в течение второго дня. Среднее значение потенциала за сутки в опытной группе также было достоверно выше, чем в контроле (соответственно $59,2 \pm 5,8$ мВ и $9 \pm 7,3$ мВ $p \leq 0,001$). Увеличение положительного значения ОВП указывает на повышение окислительного потенциала в стаканах с дрожжами и ПАВ. В третий опытный день в контроле потенциал ещё больше упал по сравнению с опытом (соответственно, $-122,4 \pm 44,6$ и $49,1 \pm 9,4$ мВ, $p \leq 0,01$).

В целом наблюдаемый характер изменения ОВП в опытной и контрольной группе позволяет думать, что в контроле латентная фаза занима-

ла двое суток, тогда как в опыте – трое (см. рис.). Экспоненциальный рост восстановительного потенциала в контроле начался на третьи сутки, а в опыте – только на четвертые, когда ОВП достиг уровня контроля. В контроле выход ОВП на плато наблюдался на четвертые сутки, тогда как в опыте на пятые, когда потенциал достиг максимальных отрицательных значений, которые были даже больше, чем в контроле (соответственно $424,5 \pm 34,4$ и $-257,2 \pm 43$ мВ, $p \leq 0,01$).

Наблюдаемая динамика ОВП за время его регистрации позволяет предполагать, что за ней стоят процессы роста и развития дрожжевых микроорганизмов. В таком случае задержка роста восстановительного потенциала на фоне ЦТАБ свидетельствует об определенной его токсичности, а наблюдаемый в конечном итоге его рост на пятые сутки и превышение контрольных значений указывает на определенное биостимулирующее действие ПАВ в исследуемой дозировке.

Таким образом, наше исследование показало, что использованный нами метод позволяет получить данные о динамике ОВП, которая может служить показателем ФС взвеси микроорганизмов.

Список литературы

1. Шигаева Т. Д., Поляк, Ю. М., Кудрявцева, В. А. Окислительно-восстановительный потенциал как показатель состояния объектов окружающей среды // Биосфера. 2020. № 3. С. 111–124.
2. Янко М. В. Изменение окислительно-восстановительного потенциала среды при аэроионной активации продуктивности хлебопекарных дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* // Молодежь в науке. Минск : Белорус. наука, 2020. С. 108–110.
3. Using redox potential as a feasible marker for banked blood quality and the state of oxidative stress in stored red blood cells / R. C. Daniels, H. Jun, R. D. Davenport, M. M. Collinson, K. R. Ward // J Clin Lab Anal. 2021. N 35. P. 1–6.

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПРЕКОНДИЦИОНИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СИГОВЫХ РЫБ К СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКЕ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

А. А. Волкова^{1,2}, В. М. Яхненко², А. Г. Королева²,
Ю. П. Сапожникова²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
alexa.volkova8@gmail.com

In this work, the relationship between temperature pre-adaptation and the production of more resistant aquaculture species, such as whitefish (*Coregonus pidschian*) and its hybrid with Baikal whitefish – (*Coregonus baicalensis*) is revealed.

Температура является одним из основных абиотических движущих факторов роста и выживания водных организмов [2]. Роль температуры у рыб определяется пределами термоустойчивости особей, пластичностью границ толерантности и их реакциями на изменения внешней среды, особенно в условиях аквакультуры. При слишком высоких или низких температурах окружающей среды организмы могут достичь своих физиологических пределов, в результате чего возникает окислительный стресс [2]. Фенотипическая адаптация к длительным колебаниям температуры, называемая термической акклимацией, или прекондиционированием, позволяет организмам сохранять физиологическую устойчивость при изменении условий окружающей среды.

Работа посвящена изучению влияния термического прекондиционирования рыб на последующее воздействие высоких температур. В исследовании используется молодь перспективных для выращивания в аквакультуре форм сиговых рыб, сига-пыжьяна *Coregonus pidschian* (Gmelin, 1789) и его гибрида с байкальским сигом – *Coregonus baicalensis* (Dybowski, 1874) [1]. Термический стресс по-разному влияет на маркерные органы и ткани – кровь, печень и жабры. Нами установлена связь между ключевыми процессами, непосредственно лежащими в основе теплового стресса: энергетическим потенциалом функционально-активных митохондрий, продуцирующих активный кислород, изменением активности теломерызы и длины теломер.

Преадаптированные особи сига-пыжьяна демонстрируют более высокий порог индукции функционально-активных митохондрий и длительную достоверную реакцию теломеразной активности в печени. В свою очередь, преадаптированные особи гибридов показывают менее выраженный ответ теломеразной активности на воздействие теплового шока, но сильный долговременный ответ на уровне теломер в жабрах. Индуцированное тепловым шоком укорочение длины теломер в разных тканях сиговых рыб мож-

но объяснить постепенным увеличением потребности в энергии при окислительном стрессе, что ведет к снижению защитной теломеразной активности и эрозии теломер под воздействием активных форм кислорода. Таким образом, работа выбранных биомаркеров стресса видо- и тканеспецифична у проанализированных форм сиговых рыб: маркерной тканью для пыжьяна является печень, для гибрида – жабры. Данные исследования говорят о том, что термическая история и пластичность исследованных форм сиговых рыб взаимосвязаны и порог индукции этой адаптации может смещаться в ответ на термическую историю (тепловое предварительное кондиционирование).

Экспериментальная работа выполнена на базе УНУ ПАК ЛИН СО РАН и ЦКП «Ультрамикроанализ» при финансовой поддержке проекта РНФ № 23-24-00644.

Список литературы

1. Атлас пресноводных рыб России. В 2 т. Т. 1 / под ред. Ю. С. Решетникова. М. : Наука, 2002. 379 с.
2. Thermal acclimation alters both basal heat shock protein gene expression and the heat shock response in juvenile lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) / Manzon L. A., Zak M. A., Agee M., Boreham D. R. // J. of Thermal Biology, 2022. Vol. 104. P. 103–185.

УДК 581.141:577.175.1

ПОКОЙ СЕМЯН И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

О. В. Гребенщикова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Olya5107@mail.ru*

A brief description of the types of rest of seeds and the causes that cause it is briefly given. Options for the use of different types of seed rest in the biology and practice of crop production are considered.

Современная биология накопила обширные знания о причинах и факторах, вызывающих покой семян, как способ сохранять жизнеспособность и устойчивость вида при неблагоприятных факторах. Для жизненного цикла многолетников покой характерен для клубней, корнеплодов, почек и семян. В процессе роста и развития однолетних растений жизненный цикл, в частности, зерновых, рассматривается через семена, которыми начинается и заканчивается само существование конкретного живого организма.

В производственной практике растениеводства, селекции и семеноводства рост и развитие зерновых культур рассматривается чередой сменяющих друг друга фаз развития, каждой из которых присвоен код,

например, кодом 00 отмечена фаза растения «сухие семена» [5]. Проходя этапы онтогенеза растений после формирования урожая и завершения жизненного цикла, живой организм проходит стадии с кодировкой от 00 до 99 (табл.).

Таблица

Код стадий развития зерновых культур [1]

Номер кода	Фаза развития
00	Сухие семена
...	...
94	Сверхспелость, солома стареет и разрушается
95	Семена находятся в состоянии покоя
96	Жизнеспособные семена дают 50 % всхожесть
97	Семена не в состоянии покоя
98	Наступление вторичного покоя
99	окончание вторичного покоя

Таким образом, на долю с той или иной стадией покоя приходится пять фаз развития вегетационного периода растения, а по времени этот период кратно превосходит время роста и развития самого растения, так как проходит при пониженных температурах или других неблагоприятных факторах, характерных для зоны умеренного или континентального климата. Данные стадии развития семян с наличием той или иной формы покоя семян следует рассматривать как важнейшую функцию жизнестойкости вида, так как в этом состоянии будущие растения могут сохраняться жизнеспособными на протяжении от года-двух до нескольких десятилетий.

Физиологический покой как первичный, так и вторичный обусловлены биохимической природой самого семени и соотношением в нем ингибиторов (абсцизовая кислота, этилен и др.) и активаторов прорастания, таких как гиббереллины, ауксины, цитокинины и многие др.

Вторичный покой семян однолетних растений зачастую обусловлен перепадами температур и снижением ее ниже 10 °С и является более длительным и надежным защитным механизмом растений (семян) при дальнейших перепадах температур и влажности окружающей среды. При снижении температуры ниже +2 – 0 °С все основные жизненные функции в семени резко затормаживаются, что приводит к появлению вынужденного покоя семян. Наличие вторичного покоя учитывается при производстве семенного зерна, в пивоварении при солодоращении. Так, ГОСТ 5060-86 предусмотрено определение прорастаемости зерна не ранее чем через 45 сут после уборки урожая. Для пивоваренного ячменя этого времени должно быть достаточно для прохождения всех фаз покоя семян.

При более глубоком рассмотрении покоя семян ученые выделили экзогенный покой семян (обусловленный слабой проницаемостью факторов жизни за счет тканей, окружающих зародыш) и эндогенный покой, обусловленный анатомией, морфологией и биохимией самого зародыша [4].

Генеративные органы некоторых растений обладают, по мнению ученых, комбинированным покоем, механизм которого включает как экзогенный, так и эндогенный виды покоя. Определение видов покоя семян того или иного вида растений позволяет определить методику выведения семян из состояния покоя при проращивании труднопрорастающих семян. В арсенале ученых большой спектр как физических приемов (скарификация, стратификация, тепловой обогрев, освещенность), так и химических стимуляторов роста.

С практической точки зрения наличие покоя семян позволяет сохранять ученым генофонд видов и сортов растений длительное время. Примером тому являются работа и коллекции семенного материала ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова. В практике сельского хозяйства и обороноспособности страны хранение семян в хранилищах при естественной низкой температуре в сухом состоянии обеспечивает сохранность посевного материала на протяжении нескольких лет и используется в производстве как переходящие фонды семян культурных растений. С другой стороны, наличие покоя у семян сорных растений создают дополнительные проблемы и затраты при возделывании сельскохозяйственных культур за счет сложности борьбы с сорными растениями.

Понимание механизма физиологического и вынужденного покоя дает ключ в решении ряда прикладных задач в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур в резко-континентальных условиях Восточной Сибири [3; 4].

Список литературы

1. Николаева М. Г. Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л. : Наука, 1985. –347 с.
2. Гребенщикова О. В., Гребенщиков В. Ю. Подзимний посев, перспективы использования в Восточной Сибири // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы Всерос. студ. науч.-практ. конф., Иркутск, 17–18 марта 2022 г. Молодежный : Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского, 2022. С. 49–54.
3. Патент № 2223649 С2 Российская Федерация, МПК А01N 55/10, А01C 1/06, А01N 43/16. Средство ингибирования прорастания семян яровой пшеницы при пониженной температуре: № 2001114970/04: заявл. 31.05.2001: опубл. 20.02.2004 / Ю. С. Корзинников, А. Г. Абрамов, Д. Д. Троязиков [и др.].
4. Патент № 2045148 С1 Российская Федерация, МПК А01C 7/00. Способ выращивания пшеницы: № 5050682/15: заявл. 02.07.1992: опубл. 10.10.1995 / А. П. Муравлев, А. В. Соболев.
5. Zadoks J. C., Chang T. T., Konzak C. F. A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals // Eucarpia Bulletin, 1974 Vol. 14, N 6. P. 415–421 ref. 15

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент Гребенщиков В. Ю.

**МОЛЕКУЛЯРНО-ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИДОВ ВНУТРИ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО
ВИДА ГЛУБОКОВОДНЫХ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД
OMMATOGAMMARUS CARNEOLUS (DYBOWSKY, 1874)**

А. А. Дягилева, А. Е. Саранчина, Е. В. Мадьярова, П. Б. Дроздова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
theanast.dyagileva@gmail.com*

This work is devoted to the study of genetic relationships of amphipods within the species *Ommatogammarus carneolus*. Our results show a marked difference between subspecies, which is consistent with that between morphological species of the genus *Ommatogammarus*.

Байкал – это уникальный по ряду характеристик водоем, а также единственное в мире озеро с глубоководной пресноводной фауной. Амфиподы являются одним из распространённых отрядов высших ракообразных в бентосных сообществах оз. Байкал и самой таксономически разнообразной группой байкальской фауны, которая представлена более чем 350 эндемичными видами и подвидами [1].

Глубоководная фауна озера представлена преимущественно родами *Ommatogammarus* Stebbing, 1899 и *Acanthogammarus* Stebbing, 1899.

Большая часть исследований, касающихся определения видовой принадлежности и таксономического положения глубоководных, байкальских амфипод, была направлена на изучение различий в морфологических признаках, в то же время их филогенетическая принадлежность остается слабо изученной. Глубоководные представители амфипод рода *Ommatogammarus* обитают в большом диапазоне глубин и морфологически отличаются от других родов амфипод. Вид *Ommatogammarus carneolus* (Dybowski, 1874) включает в себя 3 подвида: *O. carneolus melanophthalmus* Dor., *O. carneolus carneolus* (Dyb.), *O. carneolus amethystinus* (Dyb.) [2], которые описаны только морфологически, однако их филогенетическая принадлежность не изучена.

Основной задачей нашего исследования стало определение генетического родства подвигов *O. carneolus melanophthalmus*, *O. carneolus carneolus*, *O. carneolus amethystinus* между собой и определение их положения внутри рода *Ommatogammarus*.

В ходе исследования была выделена ДНК из амфипод подвигов *O. carneolus* и проведено секвенирование по методу Сэнгера [4] по участку митохондриального гена цитохром с-оксидазы (COI). Анализ данных секвенирования проводили в программе UGENE. В качестве референсной последовательности использовали фрагмент гена COI *O. flavus* (Dyb.) из базы данных NCBI. Затем полученные данные объединяли с известными последовательностями и выравнивали алгоритмом MAFFT. На основе по-

лученных данных в программе IQ-TREE было построено и в программе Interactive Tree Of Life (iTOL) визуализировано филогенетическое дерево, отражающее родство подвидов *O. carneolus* между собой, а также их филогенетическое отношение к другим видам *Ommatogammarus*. Датировка возникших филогенетических различий проведена в программе BEAST2 методом ослабленных молекулярных часов по известной скорости накопления мутаций, которая для COI амфипод определена как 0,01773, т. е. 1,773 % за миллион лет [3].

Таким образом, впервые выявлено, что амфиподы вида *O. carneolus* делятся на две генетические линии, предположительно соответствующие *O. carneolus melanophthalmus* и *O. carneolus carneolus*. Различие между этими группами составляет 65 пар нуклеотидов в гене COI, что сравнимо с таковым между морфологическими видами рода *Ommatogammarus*. Согласно полученной датировке, общий предок анализируемых животных существовал около 3 млн. лет назад, а всего рода *Ommatogammarus* – около 4,6 млн. лет назад.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 22–14–00128.

Список литературы

1. Байкаловедение : в 2 кн. / отв. ред. О. Т. Русинек [и др.]. Новосибирск : Наука, 2012. 1112 с. (Кн. 1. С. 1–468; Кн. 2. С. 469–1112).
2. Тахтеев В. В. Очерки о бокоплавах озера Байкал (систематика, сравнительная экология, эволюция). Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 355 с.
3. Copilaș-Ciocianu D., Sidorov D., Gontcharov A. Adrift across tectonic plates: molecular phylogenetics supports the ancient Laurasian origin of old limnic crangonyctid amphipods // Org Divers Evol. 2019. Vol. 19. P. 191–207 (2019).
4. Prosser S., Martínez-Arce A., Elías-Gutiérrez M. A new set of primers for COI amplification from freshwater microcrustaceans // Molecular ecology resources. 2013. Vol. 13, N 6. C. 1151–1155.

ИЗУЧЕНИЕ УЧАСТИЯ ТРАНСЛОКАЗЫ ВНУТРЕННЕЙ МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ МЕМБРАНЫ В ПРОЦЕССЕ ИМПОРТА НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В МИТОХОНДРИИ АРАБИДОПСИСА

К. Д. Елизова^{1,2}, Т. А. Тарасенко¹

¹Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
elizova-k@mail.ru

The study of the mechanisms of DNA and RNA import processes into mitochondria will allow us to develop a method for the effective transformation of the mitochondrial genome. This research was carried out using mitochondria isolated from *Arabidopsis thaliana* knockout lines for genes coding the key components of the translocase of the inner mitochondrial membrane TIM17:23 – Tim17 и Tim23.

Главными участниками процесса импорта ДНК в растительные митохондрии являются VDAC (от англ. *Voltage-Dependent Anion Channel*) во внешней и ANT (от англ. *Adenine Nucleotide Translocator*) во внутренней митохондриальных мембранах [2]. Показано, что пути импорта белков и тРНК в растительные митохондрии пересекаются [1; 5], а также были получены косвенные данные о пересечении путей транслокации тРНК и ДНК [7]. В связи с этим в качестве перспективных кандидатов на роль участников аппарата импорта ДНК рассматривались компоненты трансмембранного комплекса TIM/TOM (от англ. *Translocase of the Inner Membrane / Translocase of the Outer Membrane*), отвечающего за импорт белков и участвующего в процессе импорта тРНК [5]. В рамках работы исследовались изоформы ключевых белковых компонентов комплекса TIM17:23 – Tim23-2 [6] и Tim17-1 [3], а также Tom9.2, мажорная изоформа центрального компонента рецепторной области комплекса TOM [4].

Нами проведен импорт ДНК малой (265 п. н.) и средней (2,7 т. п. н.) длины в митохондрии из растений арабидопсиса, мутантных по исследуемым белкам (рис. 1). При исследовании возможного участия Tim23-2 в импорте ДНК разной длины наблюдалось значительное снижение уровня импорта фрагмента 265 п. н. в сравнении с линией дикого типа (Col-0), в то время как уровень импорта фрагмента 2,7 т. п. н. не имел достоверных различий (рис. 1, а). Снижение эффективности импорта ДНК в митохондрии нокаут-мутанта *tim17-1* для фрагментов ДНК обоих размерных классов было равным (рис. 1, б). Полученные данные демонстрируют участие как Tim23-2, так и Tim17-1 в транслокации ДНК в растительные митохондрии.

В присутствии антител к VDAC1 или Tom9.2, ингибирующих их транспортную активность, уровень импорта ДНК в линиях Col-0 и *tim23-2* одинаково снижается в отличие от импорта в *tim17-1*, для которого

отмечено сильное снижение в сравнении с Col-0 и ещё более выраженное в сравнении с контролем (*tim17-1* без антител) (рис. 2). Эти результаты показали, что белок Tim17-1 совместно с VDAC1 и Tom9.2 вовлечены в трансмембранный перенос ДНК через митохондриальную мембрану и представляют альтернативный, ранее неизвестный, путь импорта этих макромолекул.

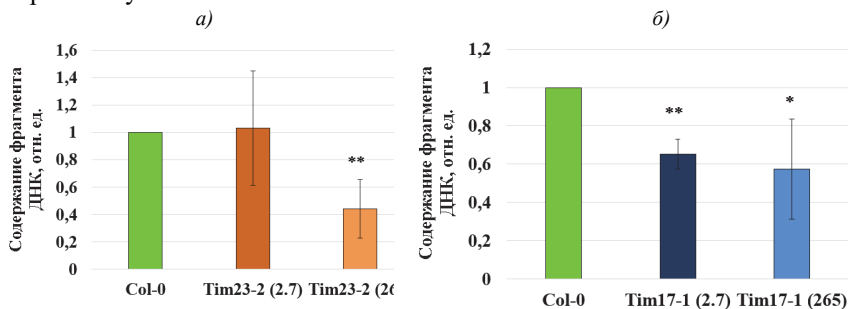


Рис. 1. Анализ эффективности импорта ДНК размером 2,7 т. п. н. и 265 п. н. в изолированные митохондрии *A. thaliana* линии дикого типа (Col-0) и нокаут-мутантов *tim23-2* (a) или *tim17-1* (б) с использованием ПЦР в реальном времени. Уровень импорта в линии Col-0 принят за условную единицу. Допуски на диаграммах обозначают стандартное отклонение; * и ** – статистически значимые различия при $p \leq 0,05$ и $p \leq 0,001$ соответственно

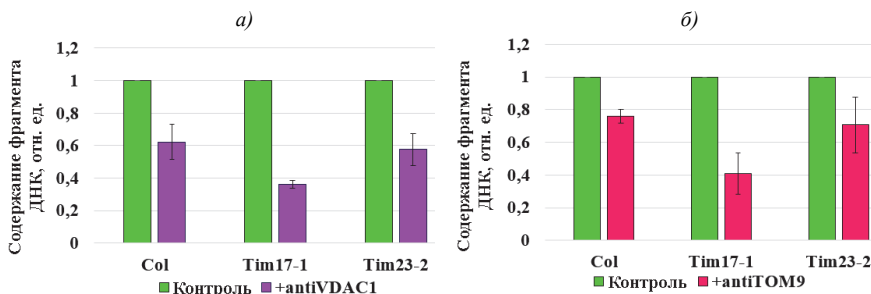


Рис. 2. Анализ эффективности импорта ДНК размером 265 п. н. в изолированные митохондрии *A. thaliana* линии дикого типа (Col-0) и нокаут-мутантов *tim23-2* или *tim17-1* в присутствии антител к VDAC1 (a) или Tom9.2 (б) с использованием ПЦР в реальном времени

Также к настоящему времени были получены предварительные данные исследований эффективности импорта тРНК аланина в митохондрии из растений арабидопсиса дикого типа (Col-0) и мутантов *tim23-2* и *tim17-1*. Согласно полученным результатам эффективность импорта в митохондрии *tim23-2* снижается незначительно, в то время как сильное снижение наблюдается при импорте тРНК аланина в митохондрии *tim17-1* (данные не приведены). Эти результаты позволяют предположить, что белок

Tim17-1 может быть важным участником аппарата транслокации в митохондрии не только ДНК, но и тРНК. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 20-44-383003.

Список литературы

1. Campo M. L., Peixoto P. M., Martinez-Caballero S. Revisiting trends on mitochondrial mega-channels for the import of proteins and nucleic acids // J. Bioenerg. Biomembr. 2017. Vol. 49, N 1. P. 75–99.
2. Koulintchenko M., Konstantinov Y., Dietrich A. Plant mitochondria actively import DNA via the permeability transition pore complex // EMBO J. 2003. Vol. 22, N 6. P. 1245–1254.
3. Identification, expression, and import of components 17 and 23 of the inner mitochondrial membrane translocase from *Arabidopsis* / M. W. Murcha [et al.] // Plant Physiol. 2003. Vol. 131. P. 1737–1747.
4. Parvin N. TOM 9. 2 is a calmodulin-binding protein critical for tom complex assembly but not for mitochondrial protein import in *arabidopsis thaliana* / N. Parvin [et al.] // Molecular Plant. 2017. Vol. 10, N 4. P. 575–589.
5. Import of proteins and nucleic acids into mitochondria / N. A. Verechshagina [et al.] // Biochemistry (Moscow). 2018. Vol. 83, N 6. P. 643–661.
6. The mitochondrial protein import component, translocase of the inner membrane17–1, plays a role in defining the timing of germination in *Arabidopsis* / Y. Wang [et al.] // Plant Physiol. 2014. Vol. 166, N 3. P. 1420–1435.
7. Nucleic acid import into mitochondria: new insights into the translocation pathways / F. Weber-Lotfi [et al.] // Biochim. Biophys. Acta. 2015. Vol. 1853, N 12. P. 3165–3181.

УДК 579.2:54

ВЛИЯНИЕ НАНОПОЛИСАХАРИДОВ НА РОСТ ШТАММА *BACILLUS THURINGIENSIS* SUBSP. *KURSTAKI*

К. М. Залуцкая, Н. А. Рубаненко, А. М. Епишкина, О. Ф. Вятчина

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Иркутский институт химии имени А. Е. Фаворского СО РАН, г. Иркутск, Россия
nikita-rubanenko@mail.ru

It was shown that in the presence of carrageenan and arabinogalactan in the LB medium, the growth of the *B. thuringiensis* strain was enhanced.

Bacillus thuringiensis представляет большой интерес для биотехнологии средств защиты растений. Эти энтомопатогенные бактерии являются промышленными продуцентами микробиологических препаратов, используемых в защите растений от насекомых-вредителей.

В качестве стимуляторов роста были выбраны природные полисахариды, такие как арабиногалактан, каррагинан. Каррагинаны (КГ) – сульфатированные полисахариды красных водорослей, в основе химической структуры которых находится дисахаридное повторяющееся звено, состоящее из остатков Д-галактозы, соединенных регулярно чередующимися β-1–4 и α-1–3 гликозидными связями [1]. Арабиногалактаны (АГ) – поли-

сахариды, входящие в состав камедей покрытосеменных и некоторых голосеменных (в особенности его много в камеди лиственницы), также является исключительным компонентом клеточной стенки микобактерий [2].

Цель данной работы: изучить влияние каррагинана и арабиногалактана на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*.

В качестве объекта исследования использовали штамм *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* 7–14 кс (коллекция культур *Bacillus thuringiensis* кафедры микробиологии биолого-почвенного факультета ФГБОУ ВО «ИГУ») и полисахариды: каррагинан и арабиногалактан.

Культивирование проводили в среде LB, в которой содержание пептона и дрожжевого экстракта снижали до 0,1 %, а концентрация полисахаридов составляла 10^{-4} – 10^{-8} % масс. Контролем служила среда LB без добавления каррагинана и арабиногалактана. Культивирование проводили в лабораторном шейкере при 30 °С. Рост исследуемого микроорганизма оценивали по изменению оптической плотности, определяли удельную скорость роста.

Показано, что добавление каррагинана в концентрации 10^{-6} % масс. в среду LB, в которой содержание пептона и дрожжевого экстракта было снижено до 0,1 %, способствовало увеличению скорости роста и биомассы культуры *B. thuringiensis*. При этом удельная скорость роста была выше, чем в контроле, на 45 % (рис. 1).

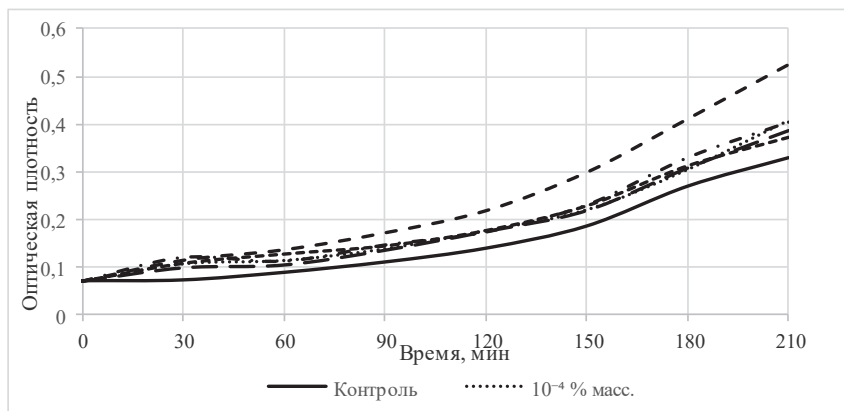


Рис. 1. Влияние каррагинана на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* в среде с 0,1 % пептона и 0,1 % дрожжевого экстракта

Исследование влияния арабиногалактана проводили в такой же модифицированной среде LB. При культивировании штамма *B. thuringiensis* в присутствии АГ скорость роста была больше, чем в контроле на 28 – 40 %. Следует отметить, что в присутствии каррагинана и арабиногалактана в

средах культура сразу переходила в экспоненциальную фазу роста, в то время как в контроле была выражена лаг-фаза (рис. 2).

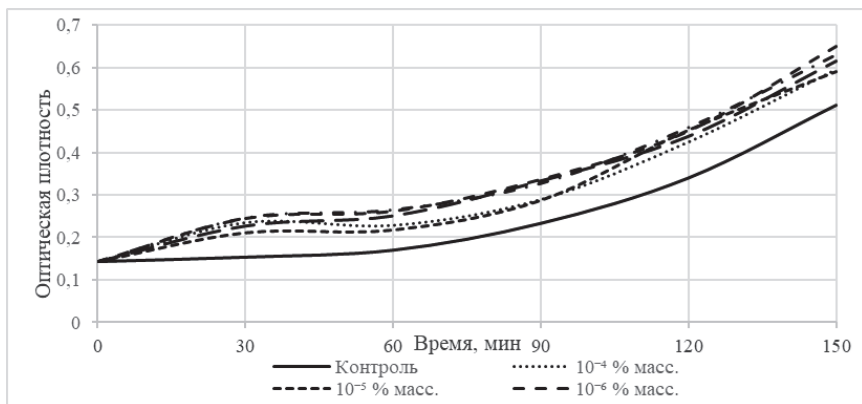


Рис. 2. Влияние арабиногалактана (АГ) на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* в среде с 0,1 % пептона и 0,1 % дрожжевого экстракта

Таким образом, добавление каррагинана и арабиногалактана в среду способствовало усилению роста *B. thuringiensis*.

Список литературы

1. Соколова Е. В. Взаимосвязь структуры и биологической активности каррагинанов красных водорослей Японского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.01.04. Владивосток, 2012. 23 с.
2. Clarke A. E., Anderson R. L., Stone B. A. Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins // *Phytochemistry*. 1979. Vol. 18. P. 521–540.

АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ ИЗОЛЯТОВ *ESCHERICHIA COLI*, ВЫДЕЛЕННЫХ ОТ ПАЦИЕНТОВ С БОЛЕЗНЬЮ КРОНА И НЕСПЕЦИФИЧЕСКИМ ЯЗВЕННЫМ КОЛИТОМ

Р. Е. Зугеева^{1,2}, К. О. Ситникова¹, К. Ю. Костюнин³, Н. Л. Белькова¹

¹Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

³Иркутский областной клинический консультативно-диагностический центр,
г. Иркутск, Россия
raya.zugeeva@mail.ru

The use of antibiotics in inflammatory bowel disease, allows to control their symptoms, so the assessment of the sensitivity of the intestinal microbiota to antibacterial drugs is necessary to prescribe effective therapy. Isolates of *Escherichia coli* isolated from patients with inflammatory bowel disease showed high resistance to penicillins and fluoroquinolones.

Введение. Воспалительные заболевания кишечника (ВЗК) – группа хронических заболеваний, поражающих желудочно-кишечный тракт; включает в себя язвенный колит (ЯК) и болезнь Крона (БК), этиология которых на сегодняшний день не до конца установлена. По уровню распространенности ВЗК значительно уступают другим гастроэнтерологическим заболеваниям, но по тяжести течения, частоте осложнений и летальности они занимают во всем мире одно из ведущих мест в структуре болезней желудочно-кишечного тракта. Эпидемиологические исследования свидетельствуют о неуклонном росте числа больных ВЗК, особенно в экономически развитых странах. Для лечения обострений ВЗК часто применяются антимикробные препараты (АМП). По мнению многих исследователей, антибиотики помогают контролировать симптомы ВЗК, ослабляя кишечные бактерии и опосредованно подавляя иммунную систему кишечника.

Таким образом, целью настоящего исследования стала оценка антибиотикорезистентности изолятов *E. coli*, выделенных от пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника.

Материалы и методы. Объектом исследования стали 58 изолятов *E. coli* из «Коллекции микробиоты человека Иркутской области» лаборатории микробиома и микрoэкологии НЦ ПЗСРЧ. Из них 35 изолятов было выделено от пациентов с диагнозом неспецифический язвенный колит (НЯК), 15 – от пациентов с установленным диагнозом болезни Крона и с подозрением на него (БК), 8 – от пациентов, которым был установлен диагноз без указания на ВЗК. Бактериологическую идентификацию изолятов осуществляли с использованием стандартизованных бактериологических алгоритмов, с учетом морфологических, культуральных и биохимических свойств и подтверждали методом MALDI-TOF прямого белкового профилирования неспорообразующих микроорганизмов.

Для всех изолятов *E. coli* диско-диффузионным методом согласно «Европейским рекомендациям по определению чувствительности к антимикробным препаратам; Таблицы пограничных значений для интерпретации значений МПК и диаметров зон подавления роста. Версия 12.0, 2022» определяли чувствительность к следующим группам антибиотиков: пенициллины (ампициллин, амоксициллин-клавулановая кислота, пиперациллин-тазобактам), цефалоспорины (цефтазидим, цефепим, цефокситин), карбапенемы (имипенем, меропенем), фторхинолоны (пefлоксацин, ципрофлоксацин, левофлоксацин, моксифлоксацин), аминогликозиды (амикацин, гентамицин, тобрамицин) и другие антимикробные препараты (хлорамфеникол, триметоприм-сульфаметоксазол).

Для оценки чувствительности суточные культуры *E. coli*, которые культивировали на мясопептонном агаре (МПА) при 37 °С, использовали для приготовления инокулюма методом прямого суспендирования колоний в стерильном изотоническом растворе до плотности 0,5 по стандарту мутности МакФарланда. Диски с антибиотиками наносили на поверхность агара не позже, чем через 15 мин после инокуляции бактериальной суспензии на агар Мюллера – Хинтона. Чашки культивировали в термостате при 37 °С в течение 24 ч. Оценивали зону подавления роста и интерпретировали результаты согласно рекомендациям.

Результаты. Из 35 изолятов *E. coli*, выделенных от пациентов с НЯК, к антибиотикам пенициллинового ряда резистентность к ампициллину проявляли 17 изолятов, 4 к амоксициллин-клавулановой кислоте (табл.). К пиперациллин-тазобактаму все изоляты были чувствительны. Из 15 изолятов, выделенных от пациентов с болезнью Крона, 7 были резистентны к ампициллину, 4 к пиперациллину и 4 к амоксициллину. У *E. coli*, выделенных от пациентов с диагнозом без указания на ВЗК 6 из 8 изолятов проявили устойчивость к ампициллину, 1 к амоксициллин-клавулановой кислоте и все изоляты были чувствительны к пиперациллин-тазобактаму. Таким образом, из группы пенициллинов выделенные изоляты проявили наибольшую резистентность к ампициллину, а наибольшую чувствительность показали к пиперациллину-тазобактаму.

Среди препаратов цефалоспоринового ряда все выделенные *E. coli* наибольшую устойчивость проявляли к цефтазидиму и цефепиму.

К карбапенемам резистентных изолятов не регистрировали.

К фторхинолонам изоляты *E. coli*, выделенные от пациентов с НЯК, проявили наибольшую резистентность: к пefлоксацину – 13 изолятов, к ципрофлоксацину и левофлоксацину по 6 изолятов, а к моксифлоксацину – 14. Среди других групп пациентов эти значения были ниже: к пefлоксацину было резистентно 4 изолята, полученных от пациентов с БК, к ципрофлоксацину и левофлоксацину по 3, а к моксифлоксацину – 6.

К аминогликазидам все выделенные изоляты, в основном, были чувствительны.

В группе «другие АМП» доля резистентных к хлорамфениколу изолятов *E. coli* была значимо выше ($\chi^2 = 9,235, p < 0,05$) у пациентов с БК.

Изменение кишечного микробиома может рассматриваться в качестве одного из триггеров формирования аутоиммунного воспаления при ВЗК. Наши исследования показали, что *E. coli*, выделенная от пациентов с НЯК и БК, была чувствительна к большинству использованных в работе АМП, что создает благоприятный прогноз для лечения и контроля проявления симптомов ВЗК.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 121022500179-0.

Таблица

Чувствительность изолятов *E. coli*, выделенных от пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника, к антимикробным препаратам

Группа пациентов	Пенициллины			Цефалоспорины			Карбапенемы		Фторхинолоны				Аминогликозиды			Другие АМП	
	Ампициллин	Амоксициллин-клавулановая кислота	Пиперациллин-тазобактам	Цефтазидим	Цефепим	Цефокситин	Имипенем	Меропенем	Пефлоксацин	Ципрофлоксацин	Левовфлоксацин	Моксифлоксацин	Амикацин	Гентамицин	Тобрамицин	Хлорамфеникол	Триметоприм-сульфаметоксазол
Резистентные																	
НЯК	17	4	0	7	7	2	0	0	13	9	11	14	0	4	5	1	17
Крон	7	4	4	5	4	1	0	0	4	3	4	6	0	4	5	5	6
Другие	6	1	0	5	5	0	0	0	1	2	2	2	1	0	1	1	1
Чувствительные																	
НЯК	18	31	35	28	28	33	35	35	22	26	24	21	35	31	30	34	18
Крон	8	11	11	10	11	14	15	15	11	12	11	9	15	11	10	10	9
Другие	2	7	8	3	3	8	8	8	7	6	6	6	7	8	7	7	7

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГИДРОФОБНОСТИ *MICROCOCCUS LUTEUS* U-1

С. И. Иванченко

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
cvetlanaivanhenko@mail.ru*

Determination of the hydrophobicity of *Micrococcus luteus* u-1 in relation to hexadecane was investigated. Determining the effect on hydrophobicity of culture age, exposure of a suspension of microorganisms with hexadecane, pH, temperature was studied.

В 1980 г. бактериальное прилипание к углеводородам (bacterial adhesion to hydrocarbon, BATH) было предложено как простой и удобный метод для измерения бактериальной гидрофобности. Согласно этому методу, отмытые бактериальные суспензии смешиваются при контролируемых условиях с алифатическими (гексадекан) или ароматическими (ксилен) жидкими углеводородами. Высоко гидрофобные бактерии адгезируются на масляных капельках после смешивания. Эта техника и различные ее модификации использовались для изучения бактериальной гидрофобности у широкого круга бактериальных видов и клеточных взвесей при различных условиях роста бактериальных популяций и при других контролируемых параметрах [1].

Сведения об адгезивной активности бактериальных клеток в отношении жидких гидрофобных соединений немногочисленны и касаются, в основном, представителей грамотрицательных бактерий родов *Pseudomonas* и *Acinetobacter* [3].

Реализация потенциала бактерий *Micrococcus luteus* u-1 в микробных топливных элементах (МТЭ) предусматривает изучение их адгезии к гидрофобным соединениям, а также влияние некоторых физико-химических факторов, регулирующих данный процесс.

Целью работы явилось уточнение условий определения гидрофобности *Micrococcus luteus* u-1 в отношении жидких углеводородных соединений. В задачи входило определение влияния на гидрофобность возраста культуры, экспозиции суспензии микроорганизмов с гексадеканом, pH, температуры.

Гидрофобность микроорганизмов оценивали по относительному распределению клеток между водной фазой и фазой органического растворителя (гексадекана) [2; 4].

Влияние возраста *Micrococcus luteus* u-1 на гидрофобность с гексадеканом определяли через 19, 24 и 48 ч выращивания культуры на твердой питательной среде при 30 °С. Определяли гидрофобность при экспозиции суспензии микроорганизмов с гексадеканом 15 мин, 30 мин, 1 и 24 ч; при pH суспензии в диапазоне от 6,4 до 7,4 и температуре 25–30 °С.

Выявлены следующие оптимальные условия методики определения гидрофобности для данного штамма *Micrococcus luteus* u-1: возраст культуры – 24 ч; pH суспензии на фосфатном буфере 7,4–7,8; время выдерживания с гексадеканом 30 мин, при температуре 30 °С.

Таким образом, можно сделать заключение, что при определении гидрофобности любого штамма *Micrococcus luteus* следует учитывать возраст культуры, экспозицию с гексадеканом, температуру и pH суспензии.

Список литературы

1. Шлегель Г. Общая микробиология: пер. с нем. М. : Мир, 1987. 567 с.
2. Catalytic filamentous carbons for immobilization of biologically active substances and non-growing bacterial cell / G. A. Kovalenko [et al.] // Carbon. 2001. Vol. 39. P. 1033–1043.
3. Rosenberg M. Adherence of bacteria to hydrocarbons: A simple method for measuring cell, surface hydrophobicity / M. Rosenberg, D. Gutnik. E. Rosenberg // FEMS Microbiol. Lett. 1980. Vol. 9. P. 29–33.
4. Rosenberg M. Bacterial adherence to polystyrene: a replica method of screening for bacterial hydrophobicity // Appl. Environ. Microbiol. 1981. Vol. 42, N 2. P. 375–377.

УДК 616-056.52+577.112.856

СОСТОЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛИПОПЕРОКСИДАЦИИ У ДЕВОЧЕК-ПОДРОСТКОВ С ОЖИРЕНИЕМ

В. С. Казанцева¹, О. А. Никитина, Д. Б. Балжирова²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск, Россия
valeriakazantseva75@gmail.com

Obesity in adolescents is often accompanied by oxidative stress. This changes the parameters of the antioxidant system and lipid peroxidation.

Ожирение у детей и подростков является актуальной проблемой современной медицины. Оно характеризуется хроническим нарушением обмена веществ и сопровождается избыточным отложением жировой ткани в организме. Исследования молекулярных механизмов формирования ожирения в подростковом возрасте демонстрируют взаимосвязь расстройств метаболизма и развития реакций окислительного стресса [3].

Антиоксиданты – это вещества, ингибирующие свободнорадикальное окисление и защищающие клетки, и ткани организма от токсического действия свободных радикалов. Они также принимают участие в различных видах метаболизма и построении клеточных элементов [1]. Процессы свободнорадикального окисления при достаточно низкой интенсивности относятся к нормальным метаболическим процессам. Однако, если уровень свободных радикалов повышается или антиоксидантная система организма выходит из строя, то развивается окислительный стресс. Свободнора-

дикальные процессы индуцируют перекисное окисление липидов (ПОЛ). В условиях ожирения отмечается повышенная активность процессов липопероксидации [2].

Объектом исследования явились 65 девушек-подростков. В качестве материала для лабораторных исследований использовали сыворотку, плазму крови, а также гемолизат, приготовленный из эритроцитов.

Таблица 1

Сравнительный анализ показателей липидного обмена у девочек-подростков с экзогенно-конституциональным ожирением

Показатели	Контрольная группа (n = 26)	Группа с ожирением (n = 39)	p
ОХС, ммоль/л	3,64±0,65	4,15±0,71	< 0,001
ТАГ, ммоль/л	0,62±0,3	1,37±0,64	< 0,0001
ХС ЛПВП, ммоль/л	1,36±0,38	1,21±0,37	
ХС ЛПНП, ммоль/л	2±0,46	2,29±0,71	
ХС ЛПОНП, ммоль/л	0,28±0,14	0,62±0,29	< 0,0001
КА	1,78±0,56	3,59±3,16	< 0,0001

Как видно из табл. 1, все показатели липидного обмена у девушек из группы с ожирением, за исключением липопротеидов высокой плотности, были повышены. Содержание липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) в норме должно быть выше, чем при ожирении. Это может говорить об избыточном поступлении с пищей эндогенного холестерина, т. е. о возможных метаболических нарушениях и сердечно-сосудистых заболеваниях.

Таблица 2

Содержание продуктов липопероксидации у девочек-подростков с экзогенно-конституциональным ожирением

Показатели	Контрольная группа (n = 26)	Группа с ожирением (n = 39)	p
Соединения с Дв. св., усл. ед.	1,34±0,9	1,88±0,74	0,0226
ДК, мкмоль/л	1,05±0,47	1,57±0,6	0,0018
КД и СТ, усл. ед.	0,54±0,41	0,64±0,42	
ТБК-активные продукты, мкмоль/л	1,32±0,5	1,31±0,59	

Установлено, что у девочек-подростков с ожирением статистически значимо увеличена концентрация первичных продуктов липопероксидации – диеновых конъюгатов, относительно контрольной группы, при отсутствии статистически значимых изменений содержания конечных ТБК-активных продуктов и вторичных продуктов липопероксидации – кетодиенов (КД) и сопряженных триенов (СТ).

В системе антиоксидантной защиты изменения касались достоверно сниженных концентраций ретинола, окисленного глутатиона, активности глутатион-S-трансферазы и уровня общей антиокислительной активности (АОА) крови у девочек-подростков с ожирением по сравнению с контрольной группой.

Таблица 3

Показатели антиоксидантной защиты у девочек-подростков
с экзогенно-конституциональным ожирением

Показатели	Контрольная группа (n = 26)	Группа с ожирением (n = 39)	p
Общая АОА, усл. ед.	14,91±5,74	11,16±5,57	0,0252
α-токоферол, мкмоль/л	7,34±3,94	6,16±3,23	
Ретинол, мкмоль/л	2,01±0,89	0,52±0,28	< 0,0001
Глутатион восстановленный, ммоль/л	1,91±0,54	2,08±0,59	
Глутатион окисленный, ммоль/л	2,38±0,57	1,95±0,56	0,0043
Активность СОД, усл. ед.	1,76±0,35	1,62±0,25	
Активность глутатионперокси- дазы, усл. ед.	900,711±196,711	1509,968±593,89	0,0044
Активность глутатион-S- трансферазы, нг/мл	947,99±26,97	556,08±152,327	0,0002
Активность глутатионредукта- зы, усл. ед.	71,07±13,48	84,796±26,74	

Таким образом, результаты исследования говорят о повышении активности процессов липопероксидации на фоне снижения ряда компонентов антиоксидантной защиты в крови у девушек-подростков с ожирением. Это может быть связано со снижением поступления в организм экзогенных антиоксидантов и с избытком поступления жиров и углеводов при недостаточном их расходовании.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (НШ-3382. 2022. 1. 4).

Список литературы

1. Бекезин В. В. Окислительный стресс на фоне ожирения – ранний маркер метаболического синдрома у детей и подростков (обзорная статья) // Смоленский медицинский альманах. 2016. № 3. С. 6–13.
2. Состояние процессов липопероксидации у мальчиков-подростков с ожирением / М. А. Даренская [и др.] // Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal). 2017. Т. 2, № 5–2(117). С. 28–32.
3. Солнцева А. В. Ожирение у детей : учеб.-метод. пособие. Минск : БГМУ, 2019. 24 с.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА СОДЕРЖАНИЕ ПРОТЕИНА В ГОРОХЕ ПОСЕВНОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЧЕРНОЗЁМЕ

С. С. Карташев

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Semyonrus357@gmail.com

The content of protein in peas when cultivated on ordinary carbonate chernozem is given. It has been established that foliar treatment of pea crops with the humic preparation BIO-Don and Potassium Humate practically does not affect such an indicator as protein content.

Горох – это одна из самых популярных и полезных бобовых культур, которые выращиваются в мире. В степных районах он является одним из главных поставщиков растительного белка, содержание которого в среднем 26 % [1]. Однако, как и любые другие растения, горох нуждается в правильном уходе и питании для полноценного роста и развития. В последнее время все больше и больше внимания уделяется применению гуминовых удобрений для улучшения качества посевов гороха.

Применение гуминовых удобрений является актуальным и перспективным направлением в сельском хозяйстве. Гуминовые вещества содержат в себе множество микроэлементов, витаминов, аминокислот и других важных элементов, что способствует повышению урожайности, улучшению качества продукции, стимуляции физиологических процессов растений, увеличению их сопротивляемости к заболеваниям, пестицидам и стрессовым условиям. Гуминовые удобрения улучшают структуру почвы, способствуют удержанию влаги и питательных веществ, снижают эрозию, повышают биологическую активность почвы, усиливая ее ферментативную и микробную активность. Это позволяет уменьшить число обработок поля и количество использованных химических удобрений и пестицидов, что в свою очередь положительно влияет на экологическую обстановку. Также гуминовые удобрения имеют преимущества по экономическим показателям, так как уменьшают расходы на приобретение и использовании химических удобрений и пестицидов, а также повышают доходность посевов за счет увеличения урожайности и качества продукции.

С целью изучения комплексного применения гуминовых удобрений в баковой смеси с пестицидами при возделывании гороха посевного на стационаре агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФРАНЦ был заложен полевой опыт. Схема опыта представлена в таблице 1. Почва опытного участка – чернозём обыкновенный карбонатный. Содержание гумуса – 3,6 %; подвижных форм фосфора – 23,5 мг/кг; обменного калия – 354 мг/кг; нитратного азота – 3,2 мг/кг; аммонийного азота – 20,4 мг/кг. Объект исследования – горох, сорт Альянс, оригинатор сорта ФГБНУ

ФРАНЦ. В качестве гуминовых удобрений использовали Гумат Калия производства “Флексом” и ВЮ-Дон. Определение сырого протеина проводилось по методу Къельдаля [3].

Таблица 1

Схема опыта

Вариант	Горох					
	I повторность		II повторность		III повторность	
Фон N40P40K40	К	К + Г	К	К + Г	К	К + Г
	Х	Х + Г	Х	Х + Г	Х	Х + Г
Контроль: без удобрений	К	К + Г	К	К + Г	К	К + Г
	Х	Х + Г	Х	Х + Г	Х	Х + Г

К – контроль без применения гербицидов; Х – химическая система защиты растений; Г – гуминовый препарат

Внесение гуминовых удобрений проводилось посредством опрыскивания вегетирующих растений. При таком способе внесения влияние гуминовых препаратов проявляется непосредственно через листовой аппарат, что повышает поступление в неё азота, фосфора, калия, железа, а также повышает устойчивость культуры к различным неблагоприятным факторам [2].

Содержание сырого протеина в горохе сорта Альянс при возделывании на чернозёме обыкновенном карбонатном представлено в таблице 2.

Как видно из результатов, содержание белка в горохе незначительно изменяется при применении гуминовых препаратов. В большей степени при внесении гумата калия, в меньшей степени при внесении ВЮ-Дона. Можно заметить, что при применении химической системы защиты, содержание белкового протеина наоборот понижается в сравнении без неё. Вероятно, это можно объяснить стрессом растений на применение пестицидов.

Таблица 2

Влияние гуминовых препаратов и средств химической защиты на содержание гумуса в горохе

Фон	Варианты	Протеин на сухое вещество, %	Фон	Варианты	Протеин на сухое вещество, %
Без применения удобрений	Контроль	25,01	N40P40K40	Контроль	26,10
	Контроль + Флексон	26,11		Контроль + Флексон	26,91
	Контроль + Bio-Don	25,38		Контроль + Bio-Don	26,50
	ХимСЗ	23,18		ХимСЗ	22,87
	ХимСЗ + Флексон	23,51		ХимСЗ + Флексон	23,90
	ХимСЗ + Bio-Don	23,01		ХимСЗ + Bio-Don	23,01

Можно сделать вывод, что фолиальная обработка гороха гуминовыми препаратами практически не влияет на такой показатель, как содержание белкового протеина. Возможно, при внесении гуминовых веществ непо-

средственно в почву содержание протеина будет увеличиваться значительно. Внесение в почву препаратов повышает биологическую активность почвы, увеличивает потребление органических и минеральных субстратов.

Список литературы

1. Сравнительная оценка питательности зерна гороха и нута в условиях засухи / А. Г. Мещеряков [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (49). С. 180–183.
2. Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горовцов А. В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 11–14.
3. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Безуглова О. С.

УДК 577.2

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ mTERF34 В РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОРГАНЕЛЛАХ РАСТЕНИЙ АРАБИДОПСИСА И АДАПТАЦИИ К ТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ

Н. Б. Катыхева, А. И. Катыхев

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
mitanova2014@yandex.ru*

Arabidopsis plants with altered expression of the mTERF34 gene, the product of which probably plays an important role in the implementation of genetic processes in mitochondria responded differently to heat stress and differed in expression of a number of mitochondrial genes. Therefore, this study is of great scientific and applied importance.

Митохондрии растений обладают сложной и своеобразной генетической системой. Митохондриальные гены растений транскрибируются РНК-полимеразами фагового типа, специфических транскрипционных факторов для которых пока не выявлено. В последнее время в качестве кандидатов на роль транскрипционных факторов в органеллах растений рассматриваются так называемые митохондриальные факторы терминации транскрипции mTERF. Гены mTERF *Arabidopsis thaliana* L. Неунн кодируют хлоропластные, митохондриальные, или имеющие двойную локализацию белки. На сегодняшний день охарактеризована роль в реализации генетических процессов в органеллах растений только для нескольких mTERF. При этом было показано, что гены mTERF оказываются, вовлечёнными в реализацию различных клеточных процессов, в том числе в развитие ответа на стресс [1].

Цель работы – изучение влияния измененной экспрессии гена mTERF34 на экспрессию митохондриальных генов и устойчивость арабидопсиса к температурному стрессу.

Объект исследования – растения арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana* L. Neunh), линии Col-0 (растения дикого типа, экотип *Columbia*), а также две линии трансгенных растений, трансформированных плазмидой pBI121, несущей транслируемые последовательности кДНК гена mTERF34 (гиперэкспрессоры) арабидопсиса в прямой или обратной ориентации (гипоэкспрессоры mTERF34I) под контролем 35S промотора. Семена высаживали в стерильных условиях на твердую питательную среду (½ соли Мурасиге-Скуга, 0,7 % фитогель и 1,5 % сахароза, pH 5,8–6). Чашки с семенами выставляли в климатическую камеру с температурой 22/24 °C, ночь/день, 16-часовым освещением. Термообработку 15-суточных растений проводили по схеме: 1,5 ч закаливания при 38 °C, затем 2 ч выдерживания при 22 °C, далее – 2 ч при 45 °C.

Методы исследования. Тотальную клеточную РНК из примерно 100 мг растений выделяли с помощью реактивов из набора GeneJET Plant RNA согласно инструкции производителя. Синтез первой цепи кДНК осуществляли с использованием набора реактивов ThermoScientific согласно рекомендациям фирмы производителя. Для проведения обратной транскрипции использовали 1 мкг тотальной клеточной РНК и 40 мкМ праймера олиго (dT)18. Для предотвращения деградации матриц РНК в реакционную смесь вносили ингибитор РНКаз RNAsin в концентрации 1 ед/мкл реакционной смеси. Проведение полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-PB) проводили на приборе CFX96™ Real-Time PCR Detection System, используя набор реактивов qPCR mix-HS SYBR (Евроген), согласно инструкции производителя. Анализ данных ПЦР-PB проводили с помощью программного обеспечения SFX Manager (Bio-Rad). Все эксперименты проводились в двух аналитических и трех биологических повторностях. В качестве референсного гена использовали ген, кодирующий глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназу – GAPD.

Для анализа было выбрано две группы митохондриальных генов, транскрибируемых, вероятно различными РНК-полимеразами фагового типа арабидопсиса – RpoTm и RpoTmr. В первую группу вошли гены *cob* и *scmFc*, во вторую – *cox1* и *matR* [2]. Результаты анализа экспрессии этих генов показали, что в линии растений mTERF34I достоверно снижено количество транскриптов двух генов, транскрибируемых разными РНК-полимеразами митохондрий – *cox1* и *cob* (рис.). Чуть менее снижено количество транскриптов этих генов в том числе и в линии с гиперэкспрессией mTERF34. При этом наиболее существенное отличие оказавшейся наименее устойчивой к температурному стрессу линии mTERF34 в экспрессии мт-генов от таковой в нетрансформированных растениях наблюдается на этапе закаливания при 38 °C, но не при 45 °C. В целом наблюдается тен-

денция для всех исследованных линий в повышении экспрессии митохондриальных генов на этапе закаливания, и снижении – на следующем этапе обработки при 45 °С.

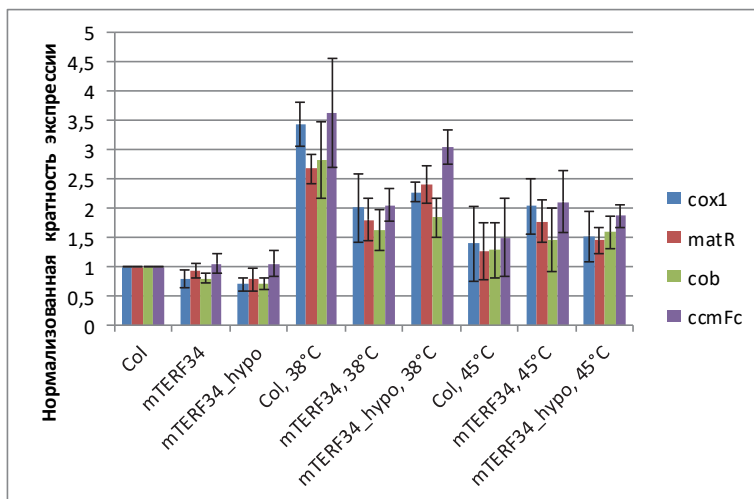


Рис. Дифференциальная экспрессия митохондриальных генов в растениях с измененной экспрессией гена mTERF34 в условиях теплового стресса. Col – контрольные растения, mTERF34 – растения-гиперэкспрессоры гена mTERF34, mTERF34_hypo – растения с пониженной экспрессией mTERF34. Cox1, matR, cob и ccmFc – митохондриальные гены

Наблюдаемые нами изменения транскрипции митохондриальных генов на разных этапах тепловой обработки могут приводить к изменению баланса субъединиц митохондриальных дыхательных комплексов, и, как следствие, изменению потенциала на митохондриальной мембране, а также уровню продукции АФК митохондриями. Известно, что тепловой стресс сопровождается окислительным стрессом [3], поэтому не удивительно показанное в данной работе изменение экспрессии митохондриальных генов арабидопсиса как ответная реакция на действие повышенной температуры.

Список литературы

1. Robles P., Quesada V. Research Progress in the Molecular Functions of Plant mTERF Proteins // Cells. 2021. Vol. 10, N 2. P. 205.
2. Phage-type RNA polymerase RPOTmp performs gene-specific transcription in mitochondria of *Arabidopsis thaliana* / Kühn K., Richter U., Meyer E. H., Delannoy E., de Longevialle A. F., O'Toole N., Börner T., Millar A. H., Small I. D., Whelan J. // Plant Cell. 2009. Vol. 21, N 9. P. 2762–2779. DOI: 10.1105/tpc.109.068536.
3. Tripathy B. C., Oelmüller R. Reactive oxygen species generation and signaling in plants // Plant Signal Behav. 2012. N 7 (12). P. 1621–1633. DOI: 10.4161/psb.22455.

АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТЬ КЛИНИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ИЗОЛЯТОВ *ESCHERICHIA COLI*

Е. С. Клименко¹, А. Е. Кудрявцева², Н. Л. Белькова¹

¹Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

kudr.aalina@gmail.com

The resistance of pathogenic *Escherichia coli* isolated from inpatients in Irkutsk to various groups of antibacterial drugs makes it difficult and slows down the treatment process. Therefore, the study of isolated strains is of scientific and applied importance.

Escherichia coli – один из возбудителей внутрибольничных инфекций, в том числе инфекций мочевыводящих путей и внутрибольничной пневмонии. Повышение устойчивости штаммов этого вида к противомикробным препаратам вызывает беспокойство в связи с высокой частотой инфицирования больных и вариативностью распространения в организме. Информация о чувствительности условно-патогенных микроорганизмов к антибактериальным препаратам позволяет обоснованно подойти к назначению эмпирической терапии и сформировать формуляр антибактериальных средств для медицинской организации [1]. Целью настоящего исследования стало установление полирезистентного потенциала клинических изолятов, а также определение их генетических различий, что позволит составить более полную картину по устойчивости *E. coli* в г. Иркутск.

Материалы и методы. В исследование вошли данные 43 изолятов, полученных от Ивано-Матренинской детской клинической больницы (ИМБ) и Областной детской клинической больницы (ОДКБ) за 2018, 2019 и 2021 гг. из БД «Условно-патогенные микроорганизмы: характеристика антибиотикорезистентности и фагочувствительности». Материалом исследования служили различные локусы организма человека: моча, смывы с трахеобронхиального дерева, жидкость брюшной полости, мазки из зева и носа, ликвор, эндотрахеальная трубка, раневое отделяемое и выпот. Первичную антибиотикограмму изолятов определяли сотрудники бактериологических лабораторий ИМБ и ОДКБ. Были использованы такие группы антибиотиков, как пенициллины (амоксциллин-клавулановая кислота, ампициллин, пиперациллин-тазобактам), цефалоспорины (цефазолин, цефепим, цефотаксим, цефтазидим, цефуроксим, цефтриаксон, цефоперазон/сульбактам), аминогликозиды (амикацин, гентамицин, тобрамицин), карбапенемы (имипенем, меропенем, эртапенем), фторхинолоны (налидиксовая кислота, цiproфлоксацин), тетрациклины (тигексиклин) и другие АБП (антибиотические препараты) (нитрофурантоин, антимицин, триметоприм). Изоляты вошли в «Коллекцию микробиоты человека Иркутской области» лаборатории микробиома и микрoэкологии НЦ ПЗСРЧ. После

криохранения изолятов от трех до шести месяцев, определяли диско-диффузионным методом их чувствительность к следующим антибиотикам: амоксициллин-клавулановая кислота, пиперациллин-тазобактам (группа пенициллины), цефепим, цефтазидим 10, цефтазидим 30, цефоперазон/сульбактам (цефалоспорины), амикацин, гентамицин, тобрамицин (аминогликозиды), имипенем, меропенем (карбапенемы) и тигециклин (тетрациклины). Дополнительно использовали SENSILA тесты с такими АБП, как: пиперациллин-тазобактам (пенициллины), цефепим, цефтазидим, цефтазидим/клавуанат, цефоперазон/сульбактам (цефалоспорины), нетилмицин (аминогликозиды), меропенем (карбапенемы), тигециклин (тетрациклины) и азтреонам (монобактамы). Полногеномное секвенирование восьми изолятов выполняли с использованием набора NextSeq 500/550 High Output Kit (300 циклов) с платформой Illumina NextSeq 550 в соответствии с инструкциями производителя в ЦКП «Центр разработки прогрессивных персонализированных технологий здоровья» НЦ ПЗСРЧ. Сборку геномов проводили с использованием программы SPAdes, функциональную аннотацию осуществляли с помощью Prokka. Поиск генов осуществлялся в программе MS Excel.

Результаты. Установлено, что значительная часть изученных изолятов *E. coli* (88,4 %) оказалась устойчива хотя бы к одной из 6 групп антибактериальных препаратов, в том числе к цефалоспорином (88,4 %), монобактамам (72,1 %), аминогликозидам (46,5 %), пенициллинам (41,9 %), карбапенемам (9,3 %) и тетрациклинам (2,3 %) (рис., а). Выявлена множественная резистентность – устойчивость более чем к двум группам АБП у 33 изолятов (76,7 %). Чаще всего ассоциативная резистентность проявлялась к цефалоспорином и монобактамам (72,09 %).

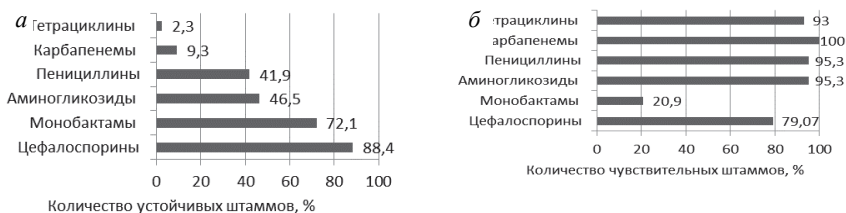


Рис. а – антибиотикоустойчивость штаммов (*E. coli*) (%);
б – чувствительность штаммов (*E. coli*) к АБП (%)

Все 43 изолята *E. coli* оказались чувствительны ко всем группам АБП (тетрациклины, карбапенемы, пенициллины, аминогликозиды, монобактамы, цефалоспорины) (рис., б). Наибольшую активность в отношении *E. coli* проявляли АБП группы карбапенемов (100 %), пенициллинов и аминогликозидов (95,3 %), тетрациклинов (93 %). Сохраняли активность также цефалоспорины (79,07 %) и монобактамы (20,9 %).

Используя данные полногеномного секвенирования четырех изолятов (95, 100, 37, 22), были найдены различия в присутствии определенных генов бета-лактамазной активности, полирезистентности и транспорта лекарственных препаратов (табл.).

Таблица

Наличие генов у четырех изолятов *E. coli*

Признак гена	Название гена	Целевой продукт	Номер изолята			
			95	100	37	22
Бета-лактамазная активность	<i>bla</i>	Beta-lactamase CTX-M-1	+	-	+	-
	<i>bla 1</i>	Beta-lactamase CTX-M-1	-	+	-	-
	<i>bla 2</i>	Beta-lactamase SHV-1	-	+	-	-
	<i>bla</i>	Beta-lactamase TEM	-	-	-	+
Полирезистентность	<i>mexA</i>	Multidrug resistance protein MexA	-	+	-	+
	<i>mexB</i>	Multidrug resistance protein MexB	-	+	-	+
Транспорт препаратов	<i>tap 2</i>	Multidrug efflux pump Tap	-	-	+	-
	<i>mepA 1</i>	Multidrug export protein MepA	-	+	-	+

Таким образом, по результатам проведенных исследований в структуре устойчивости клинических изолятов *E. coli* отмечен высокий процент множественной резистентности (76,7 %) к АБП, низкая эффективность препаратов группы цефалоспорины и высокая эффективность группы карбапенемы. Изоляты имеют отличия по генам, отвечающим за антибиотикорезистентность, что говорит о разнообразии механизмов устойчивости к АБП. Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 121022500179–0.

Список литературы

1. Антибиотикорезистентность возбудителей генерализованных гнойно-септических инфекций у детей / О. А. Носкова [и др.] // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2020. Т. 19, № 6. С. 56–61.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА POWHUMUS НА РОСТ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Д. А. Кочетыгова, О. Ф. Вятчина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
dasha.kochetygova1@yandex.ru*

The Powhumus preparation (concentrations of 0.01, 0.1 and 1 %) inhibited the growth of the hydrocarbon-oxidizing strain 3–1-1 in a liquid medium with oil and diesel fuel.

Углеводороды нефти являются стойкими органическими загрязнителями, которые могут нанести необратимый ущерб экосистемам. Одним из основных путей решения вопросов загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами является биоремедиация. Несмотря на успехи, достигнутые в этой области, по-прежнему существуют проблемы, связанные с повышением эффективности нефтеокисляющих препаратов [6].

В литературе имеются сведения об использовании препаратов гуматов в процессах биоаугментации и биостимуляции. В ряде исследований показано стимулирующее воздействие гуматов на рост нефтеокисляющих микроорганизмов и их биодеструктивную способность [1; 2]. В то же время в других работах отмечается, что гуматы оказывали незначительное действие на активность углеводородоокисляющих микроорганизмов [3; 4].

Цель данной работы: изучить влияние препарата Powhumus на динамику роста штамма нефтеокисляющей бактерии 3-1-1 на нефти и дизельном топливе.

В качестве объекта исследования использовали культуру углеводородоокисляющей бактерии 3-1-1, выделенную из печного топлива (коллекция углеводородоокисляющих микроорганизмов доцента Вятчиной О. Ф., кафедре микробиологии, ФГБОУ ВО «ИГУ»).

Для проведения исследований в качестве фоновой среды применяли синтетическую среду (№ 1) следующего состава (%): KNO_3 – 0,40; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,08; KH_2PO_4 – 0,06; Na_2HPO_4 – 0,14; pH 7,2–7,3. В качестве единственного источника углерода и энергии в среду вносили 1 % (от общего объема) дизельное топливо (летний сорт) или нефть (Марковское нефтегазоконденсатное месторождение, Россия).

Для оценки влияния гумата на рост исследуемого микроорганизма в среду добавляли 0,01; 0,1; 1 % препарата Powhumus (Humintech Ltd., Дюссельдорф, Германия). Контролем служила среда № 1 с нефтью / дизельным топливом без добавления гумата. Культивирование проводили в течение 28 сут при температуре 30 °C в стационарных условиях. Количество клеток в среде определяли, используя метод серийных разведений с последующим высевом на плотную среду № 1 с гексадеканом.

Проведенные исследования показали, что добавление 0,01; 0,1 и 1 % препарата Powhumus в среду с дизельным топливом приводило к угнетению роста штамма 3–1-1 (рис. 1).

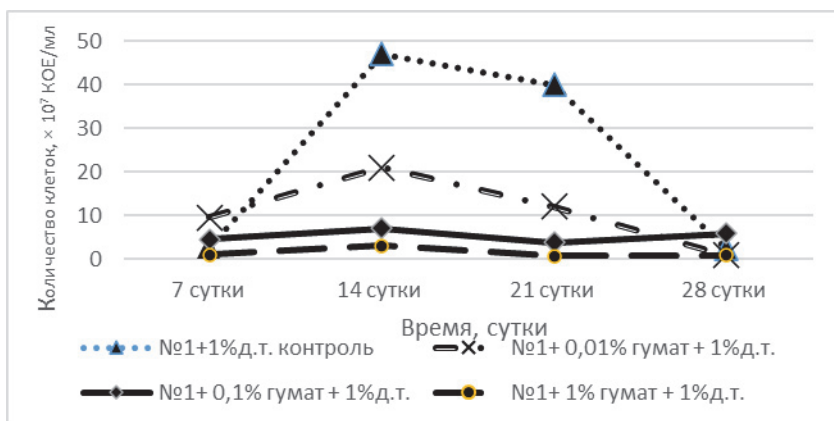


Рис. 1. Влияние различных концентраций препарата гумата «Powhumus» на рост штамма 3-1-1 в среде № 1 с 1 % дизельного топлива

Так, в среде с дизельным топливом и 0,01 % гумата на 7 сутки количество клеток в испытуемой среде было ниже, чем в контроле в 2,8 раза и составляло $(9,5 \pm 0,4) \cdot 10^7$ КОЕ/мл; на 14-е сут – в 2,2 раза $((2,1 \pm 0,3) \cdot 10^8$ КОЕ/мл); на 21-е сут – в 3,3 раза $((1,2 \pm 0,2) \cdot 10^8$ КОЕ/мл); на 28-е сут – в 2,6 раза $((9,0 \pm 0,2) \cdot 10^6$ КОЕ/мл). При повышении содержания гумата в среде до 0,1 и 1 % эффект подавления был более выраженным, чем в среде с 0,01 % гумата (см. рис. 1).

При инкубировании штамма 3-1-1 в среде с нефтью и добавлением препарата Powhumus также происходило угнетение роста культуры. Так, на 7-е сут количество клеток в контроле составляло $(1,38 \pm 0,21) \cdot 10^{10}$, в среде с 0,01 % гумата – $(1,88 \pm 0,04) \cdot 10^9$, 0,1 % гумата – $(2,62 \pm 0,7) \cdot 10^9$, 1 % гумата – $(2,1 \pm 0,2) \cdot 10^9$ КОЕ/мл. При дальнейшем культивировании более сильное негативное воздействие на рост изучаемого микроорганизма оказывал гумат в концентрации 1 %. Так, на 28-е сут численность клеток в этой среде была в 17 раз ниже, чем в контроле $((6,5 \pm 0,7) \cdot 10^9$ и $(3,75 \pm 0,2) \cdot 10^8$ КОЕ/мл соответственно) (рис. 2).

Таким образом, препарат гумата Powhumus оказывал негативное влияние на рост углеводородокисляющего штамма 3-1-1 в синтетической среде с нефтью и дизельным топливом. Полученные результаты могут быть связаны с тем, что гуматы, с одной стороны, проявляя свойства ПАВ, усиливают транспорт углеводородов в клетку, а с другой стороны, образуют аддитивный слой на поверхности клеток микроорганизмов. Образовав-

шийся слой, вероятно, может служить транспортным барьером и, таким образом, влиять на рост микроорганизмов [5].

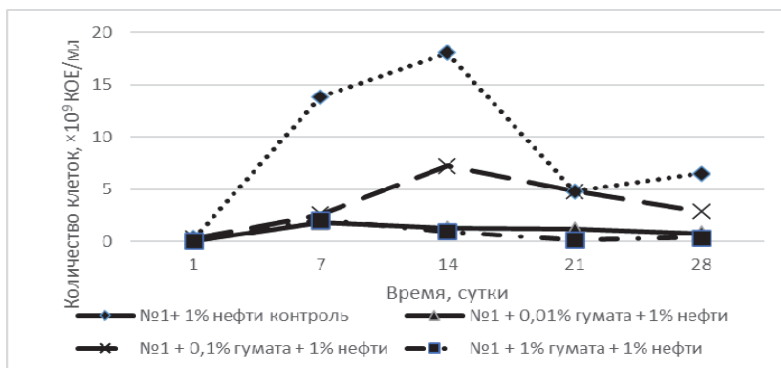


Рис. 2. Влияние различных концентраций препарата гумата Powhumus на рост штамма 3-1-1 в среде №1 с 1 % дизельного топлива

Список литературы

1. Действие гуминовых кислот на рост бактерий / В. В. Тихонов [и др.] // Почвоведение, 2010. № 3. С. 333–341.
2. Салим К. М. Использование гуминовых препаратов для детоксикации и биodeградации нефтяного загрязнения : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 03.00.16; 02.00.13. М., 2004. 20 с.
3. Biodegradation of Spilled Diesel Fuel in Agricultural Soil: Effect of Humates, Zeolite, and Bioaugmentation / P. Kurán [et al.] // The Scientific World Journal. 2014. Art. ID 642427. <https://doi.org/10.1155/2014/642427>.
4. Humate effect on oil-oxidizing activity of hydrocarbon-oxidizing microorganisms / E. Faizulina [et al.] // International Journal of Engineering Research and Applications. 2015. Vol. 5, N.10.P. 09–12.
5. Influence of Humic Acids on the Growth of the Microorganisms Utilizing Toxic Compounds (Comparison between Yeast and Bacteria) / D. Feifířová [et al.] // Chimia. 2005. Vol. 59, N 10. P. 749–752.
6. The role of microorganisms in petroleum degradation: Current development and prospects / X. Chunyan [et al.] // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 865. Art. ID 2023161112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161112>.

БИОИНФОРМАТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗНООБРАЗИЯ CRISPR-CAS СИСТЕМ В ГЕНОМАХ ДВУХ ВИДОВ РОДА *BIFIDOBACTERIUM* И АДАПТИРУЕМЫХ ИМИ ФАГОВЫХ ПРОТОСПЕЙСЕРОВ

Е. Е. Куприенко¹, Ю. П. Джиев², Н. А. Арефьева^{1,2}

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный медицинский университет, г. Иркутск, Россия
shadowelen13@mail.ru

The two species of *Bifidobacterium* with the largest number of strains are *B. breve* and *B. longum*. In this study, we analyzed which strains they are resistant to.

Актуальность. *Bifidobacterium* – важная часть микробиома кишечника человека, поэтому снижение численности этих микроорганизмов может негативно сказаться на здоровье человека. Фагеом кишечника оказывает значительное селективное давление на прокариотических хозяев, снижая численность этих микроорганизмов в микробиоте. Для сохранения здорового микробиома необходимо оценить устойчивость представителей *Bifidobacterium* к фагам, для оценки общего иммунитета бактерий.

Цель. Оценить устойчивость штаммов двух наиболее распространенных видов бактерий рода *Bifidobacterium* к фагам на основе данных биоинформатического анализа их CRISPR-Cas систем.

Материалы и методы. Оценка разнообразия CRISPR-Cas систем и интерферируемых ими фагов была выполнена для геномов 92 штаммов бактерий рода *Bifidobacterium* (*B. breve* и *B. longum*), доступных для скачивания в базах данных NCBI GenBank и CRISPRCasdb. Открытые рамки считывания были проаннотированы при помощи алгоритма GeneMarkS. Для аннотации генов, которые не были проаннотированы при помощи данной программы, но находились в CRISPR-Cas локусе, был использован алгоритм hmmsearch, входящий в программный пакет HMMER 3.3.2 и НММ-профили известных Cas-белков. CRISPR последовательности были найдены при помощи алгоритма CRISPRCasFinder. Спейсеры были извлечены из CRISPR последовательностей и при помощи алгоритма BLASTn в вирусной базе данных RefSeq-Viral были найдены фаги с соответствующими протоспейсерами.

Результаты. По анализу штаммов были получены следующие данные. *B. breve* – штаммы этого вида имеют CRISPR-Cas систему типа I-C. Все известные штаммы *B. breve* были изолированы из желудочно-кишечного тракта человека, фекалий грудного ребенка и окружающей среды. Местами выделения бактерий являются Нидерланды, США, Китай, Южная Корея, Ирландия, Италия и Швеция. Количество использованных в работе штаммов – 41. Список фагов, к которым *B. breve* имеет устойчи-

вость: *Rhodococcus phage*, *Yersinia phage*, *Xanthomonas phage*, *Cronobacter phage*, *Pseudomonas phage*, *Gordonia phage*, *Erwinia phage*, *Bacteriophage*, *Streptococcus phage*, *Lactococcus phage*, *Microbacterium phage*, *Sphingomonas phage*, *Caulobacter phage*, *Agrobacterium phage*, *Salmonella phage*

B. longum – штаммы этого вида имеют CRISPR-Cas системы типа II-C, I-C, I-E, I-G. Все известные штаммы были изолированы из желудочно-кишечного тракта человека, фекалий взрослого человека, грудного ребенка и даже собак. Местами выделения бактерий являются Италия, Россия, Китай, Япония, Ирландия, Южная Корея, Англия, Германия, США, Канада, Швеция и Ирландия. Количество использованных в работе штаммов – 51. Список фагов, к которым *B. longum* имеет устойчивость: *Vibrio parahaemolyticus phage*, *Aeromonas phage*, *Microbacterium phage*, *Mycobacterium phage*, *Nocardia phage*, *Streptomyces phage*, *Synechococcus phage*, *Deep-sea thermophilic phage*, *Caulobacter phage*, *Salmonella phage*, *Escherichia phage*, *Gordonia phage*, *Pseudomonas phage*, *Ralstonia phage*, *Bacteriophage*, *Burkholderia phage*, *Tsukamurella phage*, *Bacillus phage*, *Rhodococcus phage*, *Enterobacteria phage*, *Xylella phage*, *Erwinia phage*, *Klebsiella phage*, *Rhizobium phage*, *Ruegeria phage*, *Ralstonia phage*, *Propionibacterium phage*, *Citrobacter phage*, *Lactobacillus phage*, *Serratia phage*, *Arthrobacter phage*, *Cronobacter phage*, *Enterobacter phage*, *Xanthomonas phage*, *Pectobacterium phage*.

Заключение. Общие фаги, к которым оба вида имеют устойчивость: *Rhodococcus phage*, *Xanthomonas phage*, *Cronobacter phage*, *Pseudomonas phage*, *Gordonia phage*, *Erwinia phage*, *Bacteriophage*, *Streptococcus phage*, *Microbacterium phage*, *Caulobacter phage*, *Salmonella phage*.

Несмотря на сходство, штаммы видов имеют различия в спектре устойчивости к фагам.

Так *B. breve*, помимо общих для обоих видов фагов, также устойчив к *Yersinia phage*, *Agrobacterium phage*, *Lactococcus phage*, *Sphingomonas phage*.

А *B. longum* устойчив еще и к *Vibrio parahaemolyticus phage*, *Aeromonas phage*, *Mycobacterium phage*, *Nocardia phage*, *Synechococcus phage*, *Deep-sea thermophilic phage*, *Escherichia phage*, *Ralstonia phage*, *Bacteriophage*, *Burkholderia phage*, *Tsukamurella phage*, *Bacillus phage*, *Enterobacteria phage*, *Xylella phage*, *Klebsiella phage*, *Rhizobium phage*, *Ruegeria phage*, *Ralstonia phage*, *Propionibacterium phage*, *Citrobacter phage*, *Lactobacillus phage*, *Serratia phage*, *Arthrobacter phage*, *Enterobacter phage*, *Xanthomonas phage*, *Pectobacterium phage*.

ПОИСК И АНАЛИЗ ЛОКУСОВ И СТРУКТУР CRISPR-CAS СИСТЕМ В ГЕНОМЕ *LIMOSILACTOBACILLUS FERMENTUM* ПОСРЕДСТВОМ МЕТОДОВ БИОИНФОРМАТИКИ

С. Е. Кустова¹, Н. А. Арефьева^{1,2}, Г. А. Тетерина², Ю. П. Джиоев¹

¹Иркутский государственный медицинский университет, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kustova.sofia@mail.ru

Strengthening the resistance of lactobacilli to various bacteriophages is the most promising direction in improving the properties of probiotic drugs. In this connection, it becomes relevant to conduct a search and comparative analysis of the structures of CRISPR-Cas systems, as well as an assessment of phage resistance by world regions of strains of *Limosilactobacillus fermentum* by bioinformatics methods.

Актуальность. Потенциальное использование биотехнологических методов на основе CRISPR-Cas систем бактерий для разработки наиболее качественных и эффективных, и фагоустойчивых пробиотических препаратов. Одним из важных пробиотических бактерий, используемых в медицине, являются штаммы *Limosilactobacillus fermentum* [1; 2].

Материалы. В ходе исследования была сформирована выборка, состоящая из 35 штаммов *Limosilactobacillus fermentum*. В выборку включались штаммы, для которых были описаны такие параметры как, тип CRISPR-Cas системы, количество спейсеров и регион, в котором были выделены штаммы. Полногеномные последовательности *L. fermentum*, использованные в данной работе, были скачаны из базы NCBI NT.

Методы:

1. Биоинформационный поиск локусов CRISPR-Cas систем в геномах исследуемых штаммов *Limosilactobacillus fermentum*. Поиск CRISPR-Cas систем осуществлялся с помощью программ CRISPRCasFinder, CRISPRimmunity.

2. Анализ спейсеров. Для изучения различий в составе спейсеров в зависимости от исследуемого использовался многофакторного дисперсионного анализа PERMANOVA. Уровень значимости (p-value) принимался равным 0,05. Если p-value $\geq 0,05$, то влияние фактора на спейсерный состав отсутствовало. Для каждого анализа была создана таблица, содержащая частоты встречаемости уникальных спейсеров в зависимости от исследуемого фактора.

С помощью функции *ggplot* пакета *ggplot2* были построены графики, отражающие основные характеристики распределения длин спейсеров в зависимости от региона и подтипа CRISPR-Cas систем.

Результаты. При исследовании штаммов *L. fermentum* было обнаружено четыре подтипа CRISPR-Cas систем (I-C, I-E, II-A, III-A), относящих-

ся к разным классам (рис. 1). При исследовании зависимости разнообразия спейсерного состава штаммов *L. fermentum* от региона выделения и подтипа CRISPR-Cas системы получены результаты, указывающие на статистически достоверное различие спейсерного состава для данных параметров.

Для штаммов *L. fermentum* характерна вариабильность длин спейсеров в пределах от 29 до 39 нуклеотидов. Наибольшая вариабельность по длине спейсеров обнаружена у CRISPR-Cas систем штаммов, выделенных в Австралии (рис. 2). Для регионов Азии, Австралии и Европы характерно несимметричное распределение для длин спейсеров, что свидетельствует о том, что чаще всего встречаются менее длинные спейсеры. Наиболее длинные спейсеры встречаются у штаммов, выделенных в Азии (рис. 2).

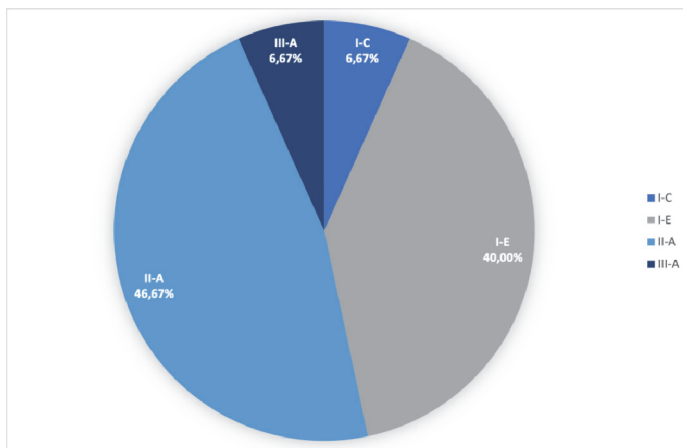


Рис. 1. Распределение подтипов CRISPR-Cas систем в исследуемых штаммах *L. fermentum*

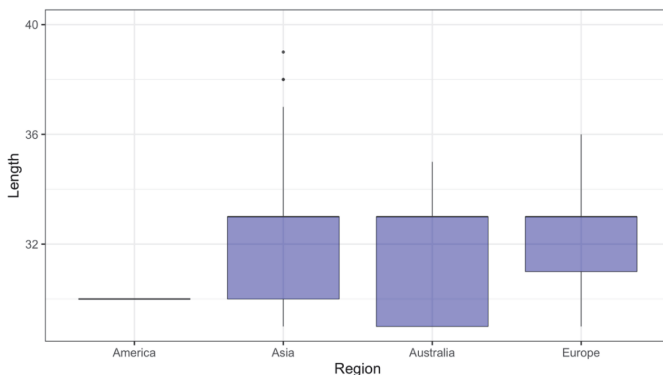


Рис. 2. Боксплот, отражающий распределение длины спейсера для каждого региона

Заключение. Усиление устойчивости штаммов бактерий, используемых в качестве пробиотиков, к различным бактериофагам является наиболее перспективным направлением в совершенствовании свойств данных препаратов. Использование технологии биоинформационного поиска и анализа локусов и структур CRISPR-Cas систем, апробированных на пробиотическом виде *L. fermentum* дает возможность использовать этот же алгоритм методов и на других бактериях как пробиотических, так и патогенных.

Список литературы

1. Характеристика CRISPR-CAS систем бактерий рода *Lactobacillus* – наиболее перспективное направление в процессе создания пробиотиков / Г. А. Тетерина, А. И. Носова, В. П. Саловарова, Ю. П. Джиоев // Оценка качества и безопасность потребительских товаров : материалы IV Всеросс. науч.-практ. конф. мол. ученых. Иркутск, 25–26 нояб. 2021 г. / редкол.: В. Я. Андрухова, В. П. Саловарова. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022. С. 31–38.

2. Kahraman Ilikkan Ö. Analysis of Probiotic Bacteria Genomes: Comparison of CRISPR/Cas Systems and Spacer Acquisition Diversity. *Indian J Microbiol.* 2022. Vol. 62, N 1. P. 40–46. DOI: 10.1007/s12088-021-00971-1.

УДК 591.1

ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТА СЕЛЕНА НА ЦЕНТРАЛЬНУЮ НЕРВНУЮ СИСТЕМУ БЕЛЫХ КРЫС

В. И. Никитина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
viktoria5nikitina@gmail.com*

In this work we evaluated the neurotoxicity of selenium nanocomposite encapsulated in a polymeric matrix of arabinogalactan and studied the occurrence and development of the pathological process in the tissue of the sensorimotor cortex of the brain.

В настоящее время рассматриваются различные сферы применения селена в наноформе, это связано, в первую очередь, со способностью наночастиц селена к флюоресценции, что позволяет проводить прямую идентификацию наночастиц в биологических тканях, это в свою очередь успешно используется в диагностике различных типов онкозаболеваний. Кроме флюоресцентных свойств наночастицы селена также обладают профилактическим и онкотерапевтическим эффектом. Несмотря на это, производство и внедрение наноконкомпозитов селена невозможно без полной оценки их безопасности на тканевом и клеточном уровнях для организма.

Данное исследование было проведено в целях оценки токсического воздействия наноконкомпозита селена на центральную нервную систему белых беспородных крыс. Животные были распределены по 10 особей в две группы: контрольную и опытную. В ходе эксперимента было проведено

подострое пероральное введение нанокompозита Se, инкапсулированного в полимерную матрицу арабиногалактана (Se+АГ), содержание в препарате от 0,54 до 0,55 %. Животные опытной группы в течение 10 дней получали раствор нанокompозита Se+АГ в дозе 500мкг, в перерасчете на килограмм массы тела. Крысам контрольной группы перорально с помощью зонда вводили дистиллированную воду. При проведении данного эксперимента животные содержались на стандартном рационе вивария ФГБНУ ВСИМЭИ, со свободным доступом к воде.

Для микроскопического анализа было произведено извлечение головного мозга посредством декапитации под лёгким эфирным наркозом. После чего орган фиксировали в 10%-ном нейтральном забуференном формалине (pH 7,4, BioVitrum, Россия), затем проводили обезживание в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафиновые блоки. С помощью санного микротомы МС-1 (Россия) изготавливали срезы толщиной 3–5 микрон, для последующей визуализации препарат окрашивали гематоксилином и эозином по общепринятой методике [1]. С помощью программы ImageScore M (Россия) в окрашенных препаратах сенсомоторной коры головного мозга был произведен подсчет общего числа нейронов, числа клеток астроглии, числа актов нейронофагии, а также подсчитано число дегенеративно измененных клеток (деформированные темно-окрашенные нейроны).

В ходе гистологического анализа ткани головного мозга в опытной группе исследуемых животных было обнаружено уменьшение количества неизмененных нейронов и клеток астроглии на единицу площади в сравнении с контрольной группой ($p = 0,05$) (рис.). Помимо этого, отмечалось статистически достоверное увеличение числа дегенеративно измененных нейронов и актов нейронофагии.

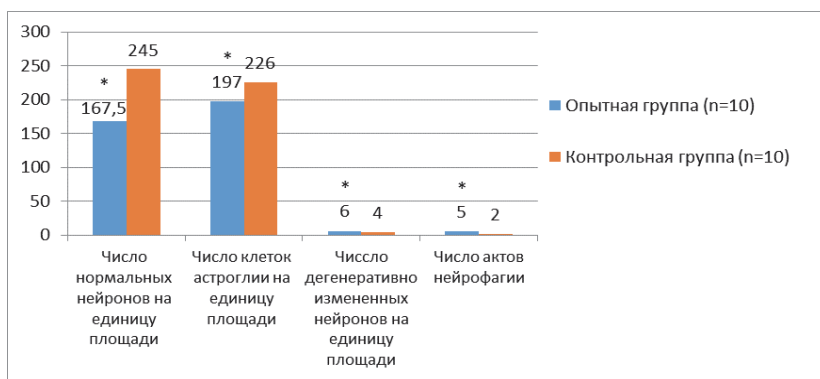


Рис. Показатели гистологического анализа ткани сенсомоторной коры головного мозга в двух группах испытуемых животных. Примечание: различия статистически значимы при $p \leq 0,05$

В результате проведенного исследования было обнаружено, что воздействие нанокompозита селена на орган центральной нервной системы экспериментальных животных характеризовалось изменением соотношения клеточных элементов сенсомоторной зоны коры. Также в сенсомоторной зоне было отмечено снижение общего числа нейронов, клеток астроглии на единицу площади, вместе с тем наблюдалось увеличение дегенеративно измененных нейронов и числа актов нейронофагии, что свидетельствует как о проникновении данного вещества через гематоэнцефалический барьер, так и о его выраженном нейротоксическом действии. Вместе с тем наблюдаемое увеличение дегенеративно измененных клеток и их атрофия, вероятно, указывают на ограничение афферентной импульсации, или же на прекращение эфферентной импульсации самой клетки [2]. Существуют данные о том, что избыточный уровень селена приводит к нарушению нормального функционирования нейромедиаторных систем, а также является фактором развития нейродегенеративных и психоневрологических нарушений [3]. Выявленное в ходе данного исследования сокращение числа нормальных нейронов и клеток астроглии в нервной ткани может явиться причиной нарушения межклеточного взаимодействия, это объясняется тем, что одним из механизмов токсического действия селена и его соединений является способность ингибировать передачу межклеточных сигналов [4].

Список литературы

1. Коржевский Д. Э. Краткое изложение основ гистологической техники для врачей и лаборантов-гистологов. СПб. : Кроф; 2005.
2. Структурно-функциональная характеристика нейронов сенсомоторной коры головного мозга у крыс с различной устойчивостью к эмоциональному стрессу / Н. Н. Боголепов, Е. В. Коплик, Г. Н. Кривицкая, Э. Н. Попова, К. В. Судаков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 2001. Vol. 132, N 8. P. 124–128.
3. A comprehensive review on the neuropathophysiology of selenium / M. Naderi, P. Puar, M. Zonouzi-Marand, D. P. Chivers, S. Nlyogi, R. Kwong // Sci Total Environ. 2021. Vol. 767. Art. 144329. DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.144329
4. Selenite inhibits notch signaling in cells and mice / M. Powers [et al.] // Int J Mol Sci. 2021. Vol. 22, N 5. Art. 2518. DOI: 10.3390/ijms22052518

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *PINUS SIBIRICA*: ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ ДРЕВЕСИНЫ

А. В. Новиков, И. С. Драница, Е. А. Тупикова, А. А. Орлова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
artem.ru88@mail.ru*

This research reviewed the dependence of pine sawdust size and temperature on the production of aqueous extracts. Statistical data processing was carried out using principal component analysis.

В древесине содержится много полезных соединений (арабиногалактан, флавоноиды и др.), которые используются в таких отраслях, как медицина, фармацевтика. Для получения в промышленных масштабах требуется оптимизация технологии их извлечения. В настоящее время для этого чаще используются органические растворители разной полярности – гексан, этанол, хлороформ и т. д. Однако при этом требуется отделить целевые вещества от растворителей, и возникает необходимость регенерации экстрагентов, что может сопровождаться загрязнением окружающей среды. Кроме этого, заметная стоимость растворителей снижает технологическую эффективность процесса. Таким образом, изучение эколого-технологических аспектов переработки древесных отходов с целью получения пригодных для использования экстрактивных веществ все еще остается актуальной.

Цель: определить зависимость содержания веществ в водных экстрактах древесины от температуры экстракции и размера частиц древесного субстрата.

Материал и методы. В работе использовались опилки *Pinus sibirica*, полученные на деревоперерабатывающем предприятии «Мануфактура Велес». Опилки фракционированы на ситах на 5 размерных фракций: 0,25 мм, 1 мм, 2 мм, 3 мм и 5 мм. Экстракцию провели дистиллированной водой при содержании воздушно-сухого субстрата 10 % (W/V) при температурах: 20, 40, 60, 85 °C в термостате в течение 1 и 6 ч. Кроме этого, использовалась экстракция при 120 °C и давлении 1 атм в автоклаве в течение 1 ч. Полученные экстракты отделялись от нерастворимого осадка центрифугированием (2 мин при 13000 об./мин) и исследовались спектрофотометрически на приборе NanoPhtomater P330 (Implen). Для каждого экстракта зарегистрирован спектр поглощения при диапазоне длин волн от 200 нм до 950 нм, максимум поглощения (при 278 нм) использовался для сравнительного анализа условий и результатов экстракции. Статистическая обработка данных проводилась с использованием многомерного анализа методов главных компонент.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований представлены на рисунке. Каждая точка в пространстве главных компонент характеризует температурную зависимость оптической плотности экстрактов при 278 нм для конкретной размерной фракции и конкретного времени экстракции. Видно, что имеется определённая взаимосвязь между содержанием экстрактивных веществ, размером фракции древесных частиц, температурой и временем экстракции.

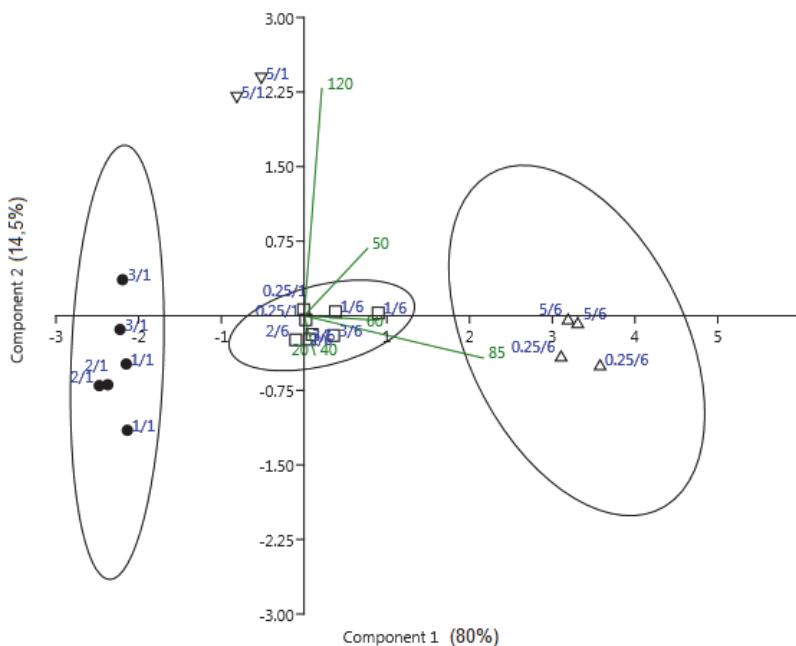


Рис. Распределение температурных зависимостей водной экстракции сосновых опилок разного диаметра в пространстве первых двух главных компонент. Первая цифра в обозначении точки – размер частиц, мм; вторая – время экстракции, ч

Все точки распределяются на 4 группы, которые различаются по содержанию водорастворимых экстрактивных веществ. В первую (круглые маркеры) входят среднеразмерные фракции (1–3 мм), подвергнутые экстрагированию в течение часа. Для этих растворов характерно самая низкая оптическая плотность, слабо зависящая от температуры экстракции. Вторая группа (квадратные маркеры) включает как среднеразмерные фракции (1–3 мм), экстрагируемые в течение 6 ч, так и самую мелкодисперсную (0,25 мм), но полученную в результате быстрой экстракции (1 ч). Третья группа (треугольный маркер) неожиданно включает как самую мелкодисперсную, так и самую крупноразмерную (5 мм) фракции, полученные ше-

стичесовой экстракцией. Четвертая группа (инвертированный треугольник) состоит только из самой крупноразмерной фракции (5 мм) полученной при экстракции в самых жестких условиях – 120 °С.

Таким образом, при повышении температуры с 20 до 120 °С количество экстрагируемых водорастворимых веществ увеличивается в 8 раз, а при увеличении до 85 °С – 7 раз. При этом эффективность экстракции нелинейно зависит от размера частиц древесины – лучше всего вещества извлекаются из самой мелкой фракции и самой крупной. Средний размер опилок снижает эффективность экстракции на 20–30 %. Такая зависимость, с одной стороны, повышает технологичность процесса извлечения экстрактивных веществ (не требуется сильное измельчение сырья, более легкое отделение крупных частиц после экстракции), а с другой, не имеет очевидного теоретического обоснования, поэтому требуется проведение дополнительных как практических, так и теоретических исследований.

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

УДК 579.61

АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОБИОТИЧЕСКИХ КОНСОРЦИУМОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫМ МИКРООРГАНИЗМАМ И НОРМОБИОТЕ ЧЕЛОВЕКА

**А. С. Пеньдюхова^{1,2}, Н. М. Воропаева¹, Ю. С. Савинова¹,
Н. Л. Белькова¹**

¹Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
annapend@yandex.ru

The study investigated the antagonistic activity of five probiotic consortia based on *Streptococcus* spp. and *Enterococcus* spp. strains against opportunistic microorganisms and human normal microbiota. Both inhibition and stimulation of the growth of test microorganism cultures were observed.

Актуальным способом восстановления микробиоты ЖКТ является использование микроорганизмов-пробиотиков. Чаще всего коммерческий интерес имеют представители таких родов, как *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Propionibacterium* и *Enterococcus*. Наиболее перспективным и эффективным считается применение биопрепаратов, состоящих из нескольких видов микроорганизмов [1]. В пищевой и фармацевтической промышленности наиболее широко используются штаммы *Streptococcus thermophilus*, которые, в составе консорциумов, обладают устойчивыми свойствами и оказывают бактерицидный эффект в отноше-

нии условно-патогенных микроорганизмов (УПМ) [2]. Вместе с тем известно, что бактерии рода *Enterococcus* вырабатывают специфические энтероцины, обладающие высокой антагонистической активностью. При этом такие штаммы лишены генов патогенности и представляют биотехнологический интерес [3; 4]. В связи с этим целью настоящего исследования стало изучение антагонистической активности консорциумов микроорганизмов на основе пробиотических штаммов *Streptococcus* spp. и *Enterococcus* spp.

Определение антагонистической активности пяти пробиотических консорциумов на основе выбранных штаммов проводили диско-диффузионным методом, не менее чем в двух повторностях. В качестве тест-культур были взяты 56 штаммов микроорганизмов из «Коллекции микробиоты человека Иркутской области» НЦ ПЗСРЧ: 22 штамма, относящихся к нормобиоте кишечника, и 34 штамма УПМ с множественной антибиотикорезистентностью (АБР). Штаммы засекали на агар Мюллера-Хинтона сплошным газдоном, затем раскладывали стерильные бумажные фильтры, на которые наносили 15 мкл суспензии тестируемых консорциумов. Контролем являлся фильтр с добавлением аналогичного объема стерилизованной молочной сыворотки. Чашки культивировали при 37 °С в течение 24 ч. Измерение зоны задержки роста тест-культуры проводили в пакете ImageJ (ver. 1.5.3). Для определения статистической значимости результатов использовали *U*-критерий Манна – Уитни при уровне значимости $p < 0,05$.

Исследование антагонистической активности показало (табл.), что все исследуемые пробиотические консорциумы подавляли рост двух тест-культур: УПМ – *Klebsiella pneumoniae* (№ 493) и представителя нормобиоты кишечника – *Escherichia coli* (№ 495). Консорциумы № 1, 2, 4 и 5 проявляли антагонистическую активность в отношении *Enterobacter hormaechei* № 372; консорциумы № 1, 3 и 5 – в отношении *Staphylococcus aureus* № 4 и консорциум № 3 в отношении *Pseudomonas aeruginosa* № 25 ИМБ. Максимальные зоны подавления роста отмечены у изолята *E. coli* № 495 – $8,2 \pm 0,3$ мм с консорциумом № 3, и с консорциумами № 1, 2, 4 и 5 – $7,2 \pm 0,3$, $7,9 \pm 0,2$, $7,4 \pm 0,4$ и $7,3 \pm 0,2$ мм соответственно.

Стимулирование роста при использовании всех тестируемых пробиотических консорциумов наблюдали у *K. pneumoniae* № 509 и *E. coli* ATCC 25922. У *P. aeruginosa* № 3 ИМБ наблюдали стимулирование роста консорциумами № 1, 2, 3 и 4 (см. табл.).

Для остальных тест-культур микроорганизмов достоверного эффекта подавления/стимуляции роста не наблюдалось.

Таким образом, установлено, что исследуемые пробиотические консорциумы проявляли разную активность в отношении тест-культур микроорганизмов. Отмечено как подавление, так и стимулирование роста тестовых культур УПМ и нормобиоты кишечника. Наиболее выраженная анта-

гонистическая активность наблюдалась по отношению к *E. coli* № 495. Ростстимулирующим эффектом обладали все исследуемые консорциумы по отношению к *K. pneumoniae* № 509 и *E. coli* ATCC 25922, и консорциумы № 1, 2, 3 и 4 к *P. aeruginosa* № 3 ИМБ.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 121101300054-4.

Таблица

Антагонистическая активность пробиотических консорциумов по отношению к УПМ и нормобиоте человека

№ п/п	Детализация коллекционных штаммов	Вид микроорганизма (№ изолята)	Зона подавления роста (среднее значение), мм				
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
1	УПМ, АБР	<i>Proteus mirabilis</i> (№ 371)	0	5,5	5,5	0	0
2	УПМ, АБР	<i>Enterobacter hormaechei</i> (№ 372)	6,7*	6,2*	5,7	6,3*	7,0*
3	УПМ, АБР	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (№ Г)	5,4	5,7	5,6	5,4	5,5
4	УПМ, АБР	<i>Enterobacter cloacae</i> (№ 394)	5,2	5,2	5,2	0	5,2
5	УПМ, АБР	<i>Klebsiella oxytoca</i> (№ 439)	5,2	5,2	5,3	5,2	5,2
6	УПМ, АБР	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (№ 493)	6,8*	6,4*	6,8*	6,9*	6,6*
7	УПМ, АБР	<i>Klebsiella variicola</i> (№ 672)	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
8	УПМ, АБР	<i>Staphylococcus aureus</i> (№ 672)	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
9	УПМ, АБР	<i>Staphylococcus aureus</i> (№ 4)	6,2*	5,9	6,3*	5,2	6,5*
10	УПМ, АБР	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (№ 41ХЭ)	5,4	5,6	5,4	5,6	5,3
11	УПМ, АБР	<i>Staphylococcus aureus</i> (№ 846)	0	5,4	5,2	0	5,2
12	УПМ, АБР	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (№ 381)	5,2	5,2	5,2	5,4	5,2
13	УПМ, АБР	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (№ 25 ИМБ)	0	5,8	6,3*	0	5,9
14	УПМ, АБР	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (№ 54 ИМБ)	5,2	5,2	5,3	5,7	5,2
15	УПМ, АБР	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (№ 82 ИМБ)	5,2	0	5,2	5,2	5,2
16	УПМ, АБР	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (№ 3 ИМБ)	+	+	+	+	5,2
17	УПМ, АБР	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (№ 5 ИМБ)	5,2	5,2	5,2	5,3	5,3
18	УПМ, АБР	<i>Enterobacter cloacae</i> (№ 25)	5,2	5,2	5,2	5,5	5,2
19	УПМ, АБР	<i>Klebsiella pneumoniae</i> (№ 509)	+	+	+	+	+
20	Нормобиота, АБР	<i>Escherichia coli</i> (№ 473)	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
21	Нормобиота, АБР	<i>Escherichia coli</i> (№ 495)	7,2*	7,9*	8,2*	7,4*	7,3*
22	Нормобиота	<i>Escherichia coli</i> (№ 6Г)	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
23	Нормобиота	<i>Escherichia coli</i> (№ 133ХЭ)	5,2	5,2	5,2	0	5,2
24	Нормобиота	<i>Escherichia coli</i> (ATCC 25922)	+	+	+	+	+

Примечание: 0 – нет влияния; + – стимуляция роста; * – достоверное отличие от контроля при $p < 0,05$.

Список литературы

1. Плотникова Е. Ю., Захарова Ю. В. Иммуномодулирующие эффекты пробиотиков // Медицинский совет. 2020. № 15. С. 135–144.

2. Harnessing the metabolic potential of *Streptococcus thermophilus* for new biotechnological applications / S. Markakiou [et al.] // Current Opinion in Biotechnology. 2020. Vol. 61. P. 142–152. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.019>

3. Перспективы использования бактериоцинов нормальной микрофлоры в антибактериальной терапии (обзор) / М. И. Заславская [и др.] // Современные технологии в медицине. 2019. Т. 11, № 3. С. 136–144. <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.3.17>

4. Перспективы пробиотических штаммов бифидобактерий и энтерококков в лечении и профилактике заболеваний гастроэнтерологического профиля / Е. В. Ших [и др.] // Вопросы питания. 2021. Т. 90, № 2 (534). С. 15–25.

УДК 581.19

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЯ ЭКЗОГЕННЫХ АУКСИНОВ 2,4-Д И НУК У ЭТИОЛИРОВАННЫХ И ЗЕЛЕННЫХ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

И. В. Полянская¹, И. В. Любушкина^{1,2}, М. С. Полякова²

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

²*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
irina.polyanskaya.01@mail.ru*

Synthetic auxins, such as 2,4-D, are widely used in agriculture as herbicides for the treatment of grain crops, since weeds, represented mainly by dicotyledonous plants, are more sensitive to this group of substances. However, in recent years, information has appeared on the accumulation of preparations based on synthetic auxins in the soil, which makes it relevant to study their effect on the physiology of cereals at the early stages of plant development.

Ауксины обладают высокой физиологической активностью – стимулируют деление и растяжение клеток, участвуют в дифференциации клеток и тканей, образовании корней, участвуют в фото- и гравитропизмах. Синтетические ауксины, такие как 2,4-дихлорофеноксиуксусная кислота (2,4-Д), применяются в сельском хозяйстве для обработки посевов зерновых в составе широкого ряда промышленных гербицидов, поскольку более чувствительными к данной группе препаратов являются сорные травы, представленные по большей части двудольными растениями. Тем не менее, устойчивость злаков, в частности, пшеницы к синтетическим ауксинам во многом определяется системным ответом растений на стадии кущения, когда полностью сформирован фотосинтетический аппарат, а также защитные и механические ткани [4]. В то же время в последние годы появляются сведения о накоплении гербицидов на основе синтетических ауксинов в почве, что делает актуальным вопрос изучения их влияния на физиологические показатели злаковых на ранних этапах развития. Данные, имеющиеся в литературе в данной области, немногочисленны и весьма противоречивы. Так, некоторые авторы указывают на возможный положительный эффект экзогенных ауксинов, проявляющийся, например, в повышении устойчивости растений к действию высоких температур [1]. Ре-

зультаты работ других исследователей свидетельствуют о том, что высокие концентрации ауксинов ингибируют развитие корневой системы и вызывают развитие окислительного стресса [2].

В данной работе в качестве основного действующего вещества применяли 2,4-Д, поскольку это соединение является компонентом многих промышленных гербицидов. Для выявления общих ответных реакций на действие экзогенных ауксинов и специфических реакций на действие 2,4-Д использовали вещество сравнения – нафтилен-3-уксусную кислоту (НУК). Работа проводилась на 4-х суточных проростках яровой пшеницы сорта Новосибирская-29. Проростки выращивались на воде или растворах 1 или 10 мкМ 2,4-Д и НУК без освещения или при 16-часовом фотопериоде в климатических камерах BINDER при температуре 22–26 °С. Замену раствора осуществляли через 2 сут. Определение содержания АФК и продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) осуществляли согласно методу, описанному ранее [2]. Оптическую плотность полученных растворов определяли спектрофотометрически при 560 нм. Оценку содержания продуктов ПОЛ проводили по накоплению в тканях продуктов, вступающих в реакцию с тиобарбитуровой кислотой (ТБК-РП). Экстракцию фотосинтетических пигментов (хлорофиллов а и b и каротиноидов) проводили в 70 % ацетоне, и их содержание определяли спектрофотометрически при 650, 649 и 440 нм. Гваякол-зависимые растворимые пероксидазы экстрагировали 50 мМ Na, К-фосфатным буфером (рН 7,8). Их активность оценивали по изменению оптической плотности реакционной смеси, содержащей 50 мМ Na,К-фосфатный буфер (рН 5,0), H_2O_2 и гваякол, при 470 нм через каждые 10 с на протяжении 3 мин. Содержание белка в образцах проводили по методу Лоури. Определение содержания α -линоленовой кислоты осуществляли методом газожидкостной хроматографии.

В нашей предыдущей работе было показано, что НУК и 2,4-Д в концентрациях 1 и 10 мкМ ингибировали рост побегов яровой пшеницы, причем на степень ингибирования влияла не только концентрация веществ, но и наличие освещения [3]. Было установлено, что ингибирование роста не было следствием ингибирования процесса дыхания, но могло быть вызвано изменениями в углеводном обмене. Поскольку в литературе имеются сведения о влиянии ауксинов на редокс-статус клетки, мы изучили изменения содержания H_2O_2 в тканях этиолированных и зеленых побегов яровой пшеницы. Было показано, что НУК и 2,4-Д в концентрации 1 мкМ не оказывали значительного влияния на уровень H_2O_2 в тканях этиолированных проростков. В то же время обработка проростков НУК и 2,4-Д в концентрации 10 мкМ приводила к снижению содержания H_2O_2 в тканях этиолированных побегов в 3,6 и 1,6 раз соответственно. В тканях зеленых проростков снижение содержания H_2O_2 было более выраженным – в 1,3 и в 2 раза после обработки НУК в концентрации 1 и 10 мкМ соответственно. Снижение уровня АФК в тканях проростков при обработке НУК и 2,4-Д

могло быть следствием активации антиоксидантных ферментов, либо угнетением метаболических процессов, являющихся основными поставщиками АФК, например, фотосинтеза. Так, было выявлено, что активность гваякол-зависимых пероксидаз возрастала как у зеленых, так и у этиолированных проростков. У зеленых проростков наиболее выраженное увеличение активности данных ферментов (в 1,6 раза) происходило при обработке 2,4-Д в концентрации 10 мкМ, а у этиолированных проростков было отмечено увеличение активности пероксидаз не менее чем в 1,5 раза при всех видах обработки. О степени угнетения фотосинтеза при обработке проростков синтетическими ауксинами судили, главным образом, по содержанию фотосинтетических пигментов. Было установлено, что при обработке зеленых проростков яровой пшеницы 10 мкМ 2,4-Д происходило снижение содержания хлорофиллов а и b, что указывает на снижение фотосинтетической активности побегов в данных условиях. Интересно отметить, что наряду с изменениями в содержании хлорофиллов, нами было зарегистрировано снижение содержания каротиноидов при всех изученных обработках в тканях не только зеленых, но и этиолированных побегов яровой пшеницы. Об угнетении фотосинтеза свидетельствовало также и снижение содержания α -линоленовой кислоты в тканях зеленых проростков при обработке 10 мкМ 2,4-Д. Отметим, что данная жирная кислота является одним из ключевых структурных липидов мембран хлоропластов. Таким образом, мы можем заключить, что угнетение роста при обработке проростков яровой пшеницы 2,4-Д было вызвано в значительной мере нарушением структуры фотосинтетического аппарата, которое затрагивало и состав пигмент-белковых комплексов фотосистем, и структуру мембран хлоропластов. В то же время действие НУК в изученных концентрациях ограничивалось активацией некоторых антиоксидантных ферментов, в частности гваякол-зависимых пероксидаз, что вызывало снижение уровня АФК в клетках и незначительно сказывалось на ростовых параметрах.

Список литературы

1. Аллагулова Ч. Р., Ласточкина О. В. Снижение уровня окислительного стресса в растениях пшеницы под влиянием эндофитных бактерий в условиях засухи // Экобиотех. 202. Т. 3, № 2. С. 129–134.
2. Стрессовый разобщающий белок БХШ 310 индуцирует перекисное окисление липидов в митохондриях при гипотермии / В. В. Зыкова [и др.] // Доклады РАН. 2000. Т. 372, № 4. С. 562–564.
3. Влияние синтетических ауксинов на дыхательный метаболизм проростков яровой пшеницы сорта Новосибирская-29 / И. В. Полянская, Г. А. Арбузова, М. С. Полякова, Н. В. Семенова // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий / редкол.: А. Н. Матвеев [и др.]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2022. С. 87–88.
4. Таланова В. В. Фитогормоны как регуляторы устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.04; 03.00.12. Петрозаводск, 2009. С. 33–35.

СРАВНЕНИЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ *DAPHNIA MAGNA* И БАЙКАЛЬСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

Т. П. Ржепка¹, Е. Ю. Наумова²

¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
tasyarjpk@gmail.com

The work is devoted to an experiment comparing the reaction of Baikal hydrobionts and *Daphnia magna* to formation fluid.

Озеро Байкал является древним пресноводным водоемом на Земле с необычайно чистой водой. Экосистема озера имеет несколько уникальных особенностей, которые делают озеро исключительным природным явлением. Природа Байкала до сих пор недостаточно изучена для того, чтобы ответственно заявлять, что именно может нанести ей наибольший ущерб. Но существуют основные, абсолютно точно установленные источники таких проблем. Химические загрязняющие вещества поступают в оз. Байкал из вод р. Селенги, работа Байкальского целлюлозно-бумажного комбината загрязняла озеро в течение 50 лет [1]. Неконтролируемые туристские потоки, направленные на береговую часть Байкала, вызывают негативный ответ природного сообщества, заваленного мусором и испытывающего неравномерное антропогенное влияние. На побережье возводятся объекты размещения, не соответствующие экологическим нормам. Активно развивающиеся круизные и экскурсионные маршруты проводятся часто на судах, не имеющих специального разрешительного документа и, следовательно, сливающих подсланевые воды и канализационные отходы прямо в озеро.

Зоопланктон – наиболее мобильный индикатор процессов, происходящих в водной экосистеме. Это тот трофический уровень, который первым ощущает любые изменения, поэтому мониторинг планктона, диагностика изменений и установление причин экологической динамики, может иметь самостоятельное значение для построения систем предупреждения. Ранее исследователями проводились работы по определению класса опасности отходов методами биотестирования с использованием *Daphnia magna* и байкальских гидробионтов [2]. Но считаем, что наши опыты дополняют и расширяют понимание проблемы и дадут толчок к наиболее объективной оценке возможного воздействия промышленных объектов, сферы туризма и деятельности местного населения на экосистему озера.

Цель работы состоит в оценке воздействия возможных токсикантов на байкальских гидробионтов.

Для биотестирования нами были использованы стандартная культура *Daphnia magna* из ФГУ Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория

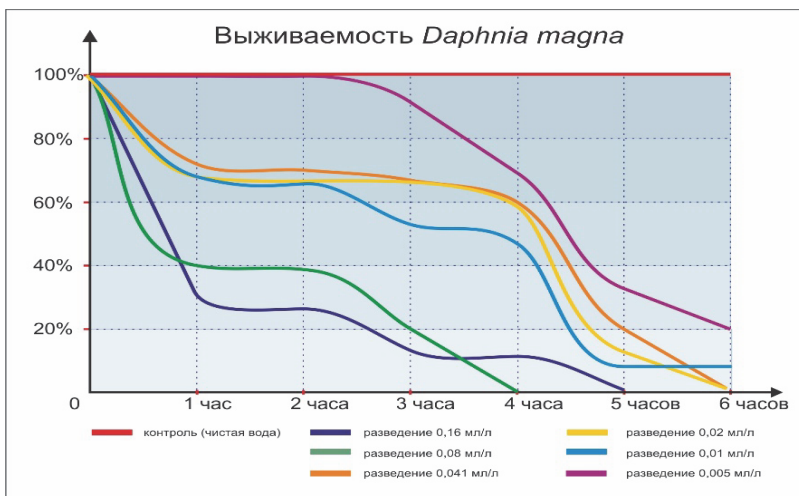
рия, и байкальские гидробионты (науплиусы *Epischura baikalensis* и коловратки рода *Synchaeta*). Применяли токсикант – пластовый флюид газового месторождения (предоставлен ИРНITU). Плотность раствора составляла 1,33 г/см³. Дата добычи 27.06.2022, с глубины 2350 м, Христофоровского горизонта, Нижнесреднебельской свиты. Объем экспериментальных сосудов 7 мл. Использовалась фильтрованная байкальская вода. Эксперимент проводился в трех повторностях, в контроль помещались тест-объекты без токсиканта. Эксперименты с байкальскими гидробионтами проводились при температуре 2 °С, с дафниями – при комнатной температуре. Байкальские гидробионты были собраны 10 марта и 30 марта 2023 г. в пос. Листвянка на глубине 3 м в термос и использовались в эксперименте в тот же день.

Эксперимент 1. Байкальские гидробионты. Разбавление токсиканта составляло: 0,512; 0,256; 0,128; 0,64; 0,32 и 0,16 мл/л.

Эксперимент 2. Байкальские гидробионты. При концентрациях 0,16; 0,08; 0,041; 0,02; 0,01 и 0,005 мл/л в течение суток.

Эксперимент 3. эксперимент проходил с синхронизированной культурой *Daphnia magna*. При концентрациях 0,16; 0,08; 0,041; 0,02; 0,01 и 0,005 мл/л в течение суток.

Результаты показали, что при концентрации от 0,16 мл/л и выше наблюдалась очень высокая летальность в течение первого часа эксперимента. В отличие от 1-го эксперимента с байкальскими гидробионтами, во 2-м и 3-м эксперименте дафнии оказались более устойчивы к условиям флюида при концентрации 0,005 мл/л (рис.).



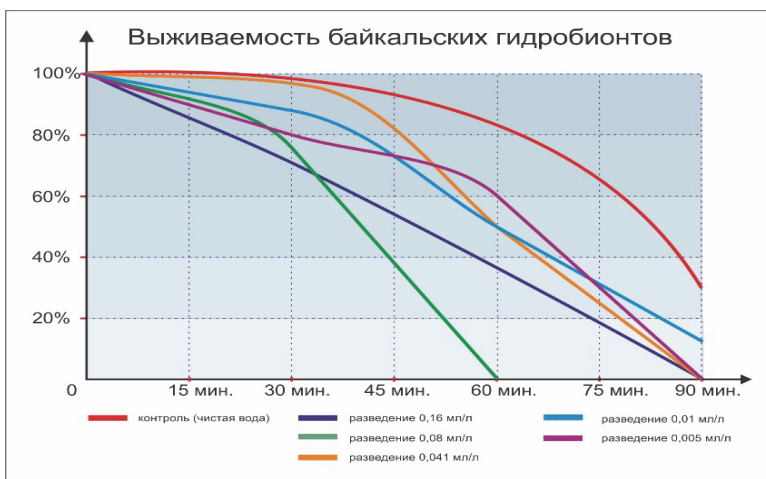


Рис. Сравнение выживаемости *Daphnia magna* и байкальских гидробионтов

Полученные данные о токсичности флюида в различных разбавлениях позволяют устанавливать опасность данного яда для окружающей среды.

Список литературы

1. Барабанщиков Д. А., Сердюкова А. Ф. Экологические проблемы озера Байкал // Молодой ученый. 2017. № 25 (159). С. 104–107.
2. Саксонов М. Н., Балаян А. Э., Бархатова О. А. Определение класса опасности отходов методами биотестирования // Стратегические направления устойчивого развития Байкальского региона : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Иркутск : БГУЭП, 2010. С. 229–233.

УДК 631.4

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ ПРОТАТРАНОВ НА РОСТ ШТАММА *BACILLUS THURINGIENSIS* SUBSP. *KURSTAKI*

Н. А. Рубаненко, К. М. Залуцкая, А. М. Епишкина, О. Ф. Вятчина

¹ Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nikita-rubanenko@mail.ru

Protatran 3 stimulated the growth of the *Bacillus thuringiensis* strain subsp. *kurstaki* in a synthetic environment with 0.1 % sodium citric acid and environment LB with 0.1 and 0.05 % peptone. Protatran 1 had a growth-stimulating effect in a «full-fledged» LB environment.

Bacillus thuringiensis – энтомопатогенная бактерия, широко используемая во всем мире в качестве продуцента биоинсектицидов. При производстве биопрепаратов важным аспектом является повышение скорости роста

культуры и выхода биомассы. В качестве стимуляторов роста использовали протатраны, которые отличаются высокой биологической активностью [1].

Цель: изучить влияние протатранов на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* 7–14 кс.

Для исследования были взяты протатраны под номерами **1** ($X = 2\text{-CH}_3\text{-C}_6\text{H}_4\text{OCH}_2\text{COO}^-$) и **3** ($X = 4\text{-Cl-C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{CH}_2\text{COO}^-$). Культивирование проводили в синтетической среде № 1 с 0,5 и 0,1 % натрия лимоннокислого, а также в среде LB, в которой варьировали содержание пептона (1; 0,1; 0,05 %), приготовленных на основе растворов протатранов с концентрацией 10^{-4} – 10^{-8} % масс. Контролем служили среды без протатранов. Инкубирование проводили в лабораторном шейкере при 30 °С. Рост культуры *B. thuringiensis* оценивали по изменению оптической плотности, определяли удельную скорость роста.

Ростостимулирующий эффект протатрана **3** по отношению к исследуемому штамму *B. thuringiensis* проявлялся в синтетической среде № 1 при снижении натрия лимоннокислого до 0,1 %, что может свидетельствовать о мембранотропном действии протатранов (рис. 1).

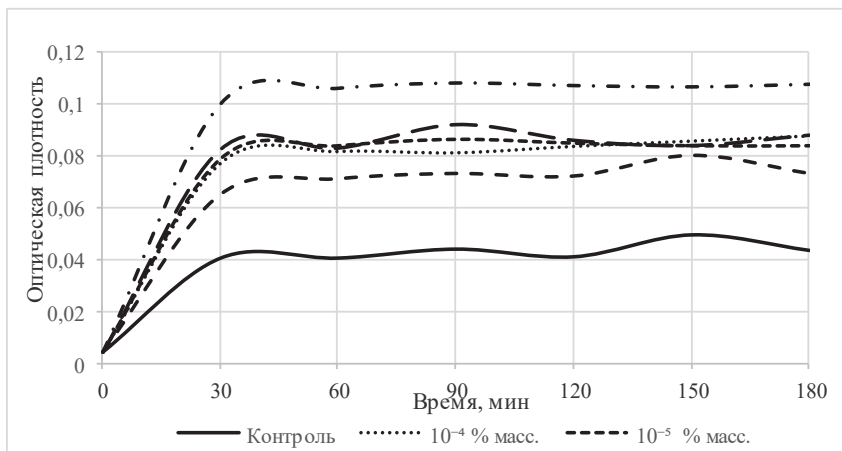


Рис. 1. Влияние протатрана **3** (10^{-4} – 10^{-8} % масс.) на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* в среде № 1 с 0,1 % натрия лимоннокислого

Аналогичный эффект протатрана **3** отмечали при культивировании штамма *B. thuringiensis* в «обедненной» среде LB, содержащей 0,1 % и 0,05 % пептона (рис. 2).

Протатран **1** стимулировал рост *B. thuringiensis* в полноценной среде LB, тогда как при снижении пептона до 0,1 и 0,05 % такого эффекта не наблюдали (рис. 3).

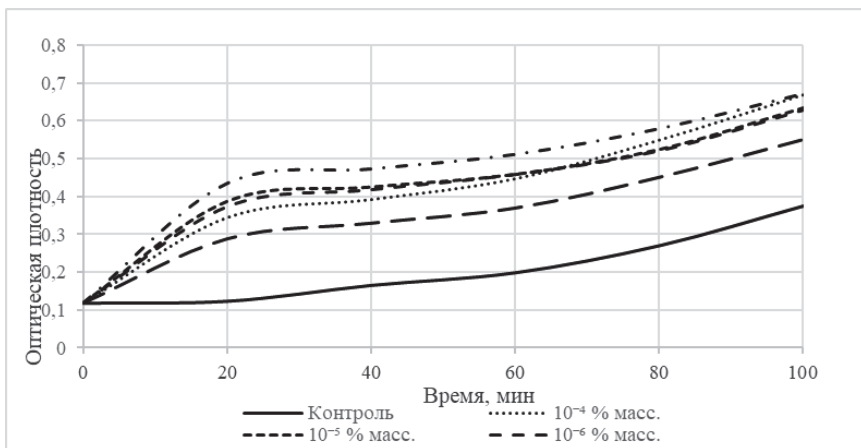


Рис. 2. Влияние протатрана **3** (10^{-4} – 10^{-8} % масс.) на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* в среде LB с 0,1 % пептона и 0,5 % дрожжевого экстракта

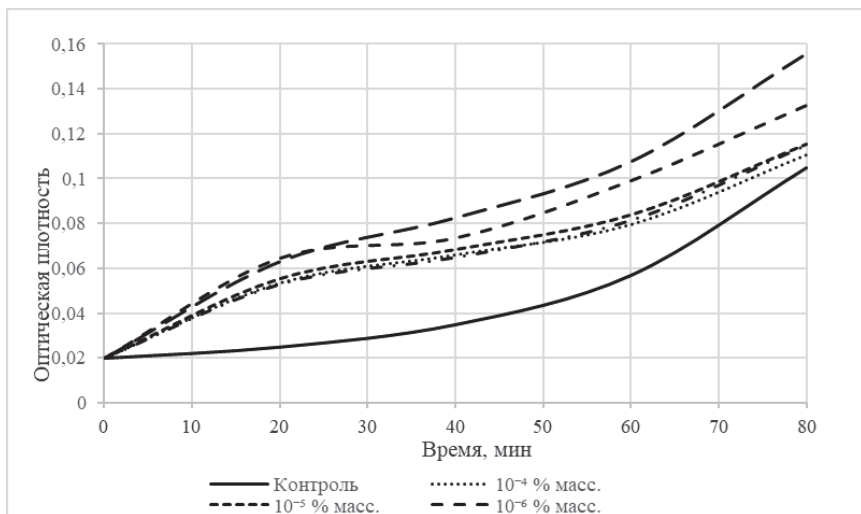


Рис. 3. Влияние протатрана **1** (10^{-4} – 10^{-8} % масс.) на рост штамма *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* в среде LB с 1 % пептона и 0,5 % дрожжевого экстракта

Таким образом, исследуемые протатраны перспективны для дальнейшего изучения в качестве стимулятора роста *B. thuringiensis*.

Список литературы

1. Adamovich S. N. New atranes and similar ionic complexes. Synthesis, structure, properties // Applied Organometallic Chemistry. 2019. Vol. 33. e4940. <https://doi.org/10.1002/aoc.4940>.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРИТЕЛЕЙ НА УФ-ВИДИМЫЕ СПЕКТРЫ МОДЕЛЬНЫХ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И УГЛЕВОДОВ

А. А. Сигова, А. А. Орлова, А. А. Приставка

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
sigovaann02@gmail.com*

In this research we analyzed the effect of some organic and inorganic solvents to the optical characteristics aromatic and carbohydrates solution in UV/visible area.

Актуальность. Древесина – источник различных полезных компонентов, которые широко используются в самых разных отраслях: в качестве пищевых добавок, лекарственных препаратов, косметических продуктов и других сферах деятельности. Наибольший интерес представляют углеводы (арабиногалактан, арабиноза, ксилоза и др.), и некоторые соединения фенольной природы, такие как флавоноиды (например, дигидрокверцетин), который находит широкое применение благодаря своим антиоксидантным свойствам. Для идентификации этих соединений обычно проводится предварительное разделение компонентов смеси, включающее экстракцию разными растворителями, различные виды хроматографии, ИК- и хромато-масс спектрометрию. Эти методы громоздки, требуют специализированного и дорогостоящего оборудования. Поэтому разработка более простых и экспрессных методов идентификации древесных экстрактивных веществ остается актуальной проблемой.

Цель работы. Исследовать влияние растворителей на УФ/видимые спектральные характеристики модельных углеводов и ароматических соединений в зависимости от особенностей их строения.

Методы исследования. Исследуемые соединения: 1) ароматические вещества, различающиеся расположением функциональных групп (гидрохинон, резорцин, нафтиламин, пирокатехин) и растительный флавоноид дигидрокверцетин (ДГК); 2) моносахара (галактоза, арабиноза, глюкоза, ксилоза), дисахарид мальтозу и растительный полимер арабиногалактан (АГ). Ароматические соединения растворяли в воде (рН 7), слабых растворах щелочи (NaOH, рН 8), кислоты (HCl, рН 5), а также в органических растворителях разной полярности – этилацетате (ЕАС) и гексане. Углеводы растворяли только в водных растворах. Для всех растворов были зарегистрированы УФ/видимые спектры в диапазоне 200–950 нм на спектрофотометр nanophotometr Implen P330.

Результаты и обсуждение. О влиянии растворителей на спектральные свойства соединений судили по изменению значения оптической плотности (D) и величине сдвига максимума поглощения (нм) (рис. 1 и 2).

Моносахара не обладают оптической активностью даже при высокой концентрации (до 100 мг/мл). Небольшой оптической плотностью (ОП) с максимумом при 281 нм обладает дисахарид мальтоза в концентрации 10 мг/мл, причем спектральные характеристики не зависят от pH. Заметные изменения оптических показателей в разных растворах зарегистрированы для арабиногалактана при концентрации 1 мг/мл: ОП раствора увеличивается в 2,4 раза с батохромным сдвигом на 33 нм при переходе от водного раствора к щелочным условиям. Предполагается, что это происходит вследствие образования комплексов АГ с Na^+ , где металл окружён оболочкой из АГ [1].

В гексане и ЕАС сахара не анализировались, так как углеводы практически не растворимы в неполярных растворителях.

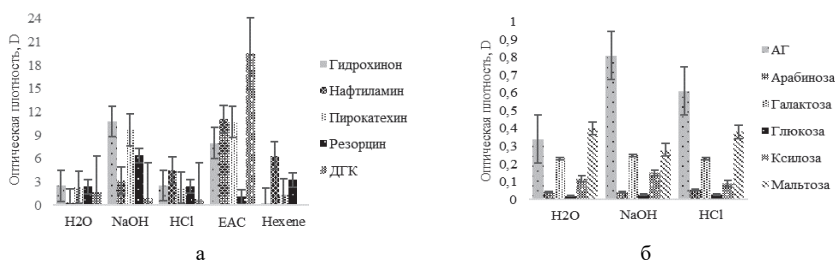


Рис. 1. Оптическая плотность растворов в максимуме поглощения: а – ароматические соединения, б – углеводы

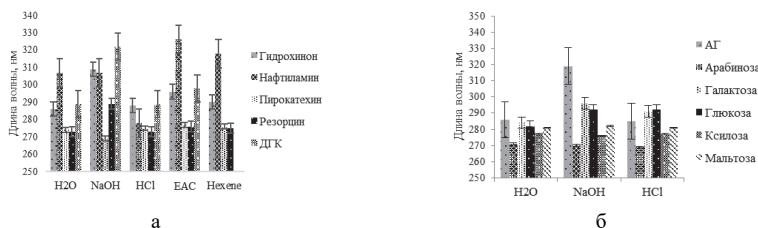


Рис. 2. Длины волн, при которых регистрировался максимум поглощения а – ароматические соединения, б – углеводы)

В щелочной области все ароматические соединения, за исключением ДГК, характеризуются увеличением ОП – более чем в 5 раз, – по сравнению с водным раствором. Заметный рост ОП наблюдается в ЕАС для всех аренов (в 2,5–30 раз относительно воды), кроме резорцина. Вероятно, это связано с более высокой растворимостью этих соединений в относительно полярном этилацетате ($\epsilon = 6,11 \text{ F/m}$) (рис. 1, а).

В щелочной области гидрохинон, резорцин и ДГК подвергаются батохромному сдвигу на 23, 16 и 33 нм соответственно (рис. 2, а). У пирокатехина такого сдвига не обнаружено. Учитывая, что орто-положение ОН-групп имеется только у этого соединения (пара – гидрохинон и мета – резорцин), вероятно, диапазон сдвига максимумов ОП зависит от конфигурации гидроксильных радикалов. Для ДГК рН-зависимый батохромный сдвиг рассматривается как следствие взаимодействия с Na^+ и образования комплексов типа фенолятов или хелатов [2]. Возможно, что для других соединений механизм такой же. В отличие от соединений с ОН-группами, у нафиламина наблюдается гипсохромный сдвиг 30 нм в кислой среде, вероятно, обусловленный наличием аминокруппы.

Список литературы

1. Радчук Н. Б., Ушаков А. Ю. Оптические свойства нанокомпозитов переходных металлов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. СПб., 2012. Вып. 16. С. 31–35.
2. Мельникова Н. Б., Иоффе И. Д. Взаимодействие дигидрохверцитина с ионами металлов в водных растворах их солей и в изотонических медицинских средах // Химия растительного сырья. Барнаул, 2001. С. 25–33.

УДК 581.1

ИЗУЧЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА В РАЗНЫХ ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ, ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ ГЕН ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ *GOX*

С. Р. Скрыбыкина¹, Е. А. Полякова²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
sonyaskrybykina2002@gmail.com

Hydrogen peroxide can have a direct stimulating effect on plant growth. Transgenic potato plants expressing the *gox* glucose oxidase gene are under constant oxidative stress and can be used to study the mechanisms of ROS formation and detoxification in plant cells and tissues.

Одним из последствий стрессовых воздействий на растительные организмы является увеличение в их клетках количества высокореакционных активных форм кислорода (АФК). К ним относят супероксид анион радикал $\text{O}_2^{\cdot-}$, гидропероксидный радикал $\text{HO}_2^{\cdot}$, пероксид водорода H_2O_2 , гидроксильный радикал $\text{HO}^{\cdot}$, а также синглетный кислород $^1\text{O}_2$ и озон O_3 [1].

Пероксид водорода является наиболее стабильной и долгоживущей формой АФК (время жизни около 1 мс), что позволяет данной молекуле проникать через мембраны и преодолевать значительные расстояния между различными клетками и органами растений. В связи с этим H_2O_2 является наиболее подходящим кандидатом на роль как внутриклеточного, так и

межорганного мессенджера [2]. Также пероксид водорода может оказывать прямое стимулирующее действие на рост растений. По литературным данным известно, что выход клубней картофеля из состояния покоя сопровождается увеличением содержания H_2O_2 , а обработка клубней экзогенным пероксидом водорода, ингибиторами каталазы или генетическая репрессия гена, кодирующего каталазу, способна ускорить прорастание клубней и увеличить количество ростков на клубень [5].

Увеличение содержания пероксида водорода в клетках может быть достигнуто путем введения гена глюкозооксидазы *gox* в геном растения [3; 4]. Глюкозооксидаза катализирует реакцию окисления β -D-глюкозы до β -D-глюконо- δ -лактона и сопряженное восстановление молекулярного кислорода O_2 до пероксида водорода H_2O_2 . Трансгенные растения, экспрессирующие ген глюкозооксидазы *gox*, находятся в условиях постоянного окислительного стресса, что делает их хорошим объектом для изучения механизмов образования и детоксикации АФК в растительных клетках и тканях.

Целью данной работы было сравнить содержание пероксида водорода в разных органах растений картофеля сорта Скарб дикого типа и экспрессирующих ген глюкозооксидазы *gox* из *Penicillium funiculosum*. В задачи исследования входило: изучить активность глюкозооксидазы и содержание пероксида водорода в листьях, стеблях, корнях, а также среде выращивания растений картофеля с различной экспрессией гена *gox*; провести сравнительный анализ зависимости содержания пероксида водорода от активности глюкозооксидазы.

В качестве объекта исследования были использованы растения картофеля сорта Скарб пяти линий: СК – растения дикого типа; pBI – растения, трансформированные «пустым» вектором, не содержащим целевой ген *gox*; L – растения с нативным геном *gox*; M8.3 и M10.4 – растения с модифицированным геном *gox-mod* [4]. Трансгенные растения были получены в Институте генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси методом агробактериальной трансформации растений картофеля штаммом *Agrobacterium tumefaciens* AGL0 с векторными конструкциями pBI-L-GOX (линия L) и pBI-GOX-mod (линии M8.3 и M10.4). Нативный ген *gox* был выделен из высокоактивного грибного штамма 46.1 *Penicillium funiculosum*. В лаборатории физиологической генетики СИФИБР СО РАН растения картофеля культивировали в условиях *in vitro* на средах Мурасиге-Скуга в течение 1 месяца на твердой среде, затем побеги длиной 3–4 см срезали и культивировали в течение 2 недель на жидкой среде. Выращивали при 23°C, освещении $25 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ и фотопериоде 16/8 ч день/ночь.

Качественное определение активности глюкозооксидазы в тканях картофеля проводили с помощью чашечного теста на способность растений образовывать H_2O_2 в присутствии глюкозы. Для этого листья, стебли и корни помещали на чашки Петри с 1%-ным агарозным гелем, содержащим

50 мМ йодида калия, 5 % крахмала, 200 мМ D-глюкозы. Для количественного определения глюкозооксидазы супернатант из листьев, стеблей и корней, а также питательную среду добавляли к раствору, содержащему 25 мМ йодида калия, 0,5 % крахмала и 100 мМ D-глюкозы, затем инкубировали при комнатной температуре в течение 1 ч и определяли оптическую плотность при длине волны 595 нм.

Для гистохимического анализа на определение супероксидного радикала листья инфильтровали при помощи шприца и инкубировали в растворе нитросинего тетразолия (0,05 мг/мл) в 10 мМ K_2HPO_4 (pH 7,8) в темноте в течение 2 ч. Количественное содержание пероксида водорода в листьях, стеблях, корнях и питательной среде определяли с ксиленоловым оранжевым. Раствор инкубировали в комнатных условиях в течение 30 мин и определяли оптическую плотность при 560 нм. Для определения содержания ТБК-реактивных продуктов измеряли абсорбцию супернатанта из листьев, стеблей и корней при 532 и 600 нм. Содержание ТБК-РП рассчитывали с использованием коэффициента экстинкции ТБК $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ после вычитания неспецифического поглощения при 600 нм.

В ходе исследования было показано, что наибольшая активность глюкозооксидазы и наибольшее содержание пероксида водорода и ТБК-реактивных продуктов в листьях, меньше в стеблях и корнях. При этом несмотря на активность глюкозооксидазы содержание супероксидного аниона и пероксида водорода является примерно одинаковым у экспрессирующих и неэкспрессирующих ген *gox* растений.

Обнаружено, что при выращивании на жидкой среде у экспрессирующих *gox* растений происходит выход пероксида водорода в питательную среду, небольшое увеличение концентрации которого в среде на начальном этапе роста растений вызывает стимуляцию роста корней, при дальнейшем повышении концентрации сменяющуюся ингибированием. Уменьшение биомассы корней было наиболее выражено у растений картофеля, обладающих наибольшей глюкозооксидазной активностью (линия М 8.3).

Таким образом, выявлены различия в содержании пероксида водорода между органами растений картофеля и показана зависимость между активностью глюкозооксидазы в органах и содержанием пероксида водорода в питательной среде. Сделано заключение, что накапливаясь в среде роста, пероксид водорода проявляет двойную функцию: вначале стимулирует, а затем замедляет рост корней.

Список литературы

1. Загоскина Н. В., Назаренко Л. В. Активные формы кислорода и антиоксидантная система растений // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки. 2016. № 2 (22). С. 9–23.
2. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений / В. Д. Креславский [и др.] // Физиология растений. 2012. Т. 59, № 2. С. 163–178.

3. Савчин Д. В., Панюш А. С., Картель Н. А. Генетическая трансформация растений векторными конструкциями с геном *gox Penicillium funiculosum* // Молекулярная и прикладная генетика. 2011. Т. 12. С. 49–55.

4. Оптимизация кодового состава грибного гена *gox Penicillium funiculosum* для эффективной экспрессии в растениях *Solanum tuberosum* / Д. В. Савчин [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. 2015. № 1. С. 50–55.

5. Catalase inhibition accelerates dormancy release and sprouting in potato tubers / M. Bajji [et al.] // Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2007. Vol. 11. P. 121–131.

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

Научный консультант: канд. биол. наук Степанов А. В.

УДК 579.61

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНЫХ КОНСОРЦИУМОВ С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Н. Е. Смурова^{1,2}, А. С. Пеньдюхова^{1,2}, Е. С. Клименко¹, Н. Л. Белькова¹

¹Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nadinasmurova@mail.ru

The biological properties of individual strains are mutually enhanced in a symbiotic consortium with probiotic capacity, which makes it possible to create a biological system with protective potential. Several species of the genera *Enterococcus* and *Streptococcus* with probiotic properties have been identified in tested microbial consortia by molecular analysis of variable regions of 16S rRNA gene.

Изменения баланса в кишечном микробиоценозе не только приводят к расстройствам желудочно-кишечного тракта, но и увеличивают риск развития сердечно-сосудистых и эндокринных заболеваний, вызывают нарушения психоэмоционального состояния. Для восстановления, коррекции и поддержания микробиоты кишечника рекомендуют пробиотические препараты [1]. В последнее время большое внимание уделяется консорциумам пробиотических микроорганизмов, использование которых усиливает терапевтический эффект. Сложности в создании таких препаратов заключаются в необходимости учета совместимости штаммов, специфичном подборе антагонистов к возбудителю инфекций и корректном подборе штаммов микроорганизмов, продуцирующих биологически активные вещества. В симбиотическом консорциуме происходит взаимное усиление биологических свойств отдельных штаммов, что дает возможность создать единую биологическую систему, обладающую защитными свойствами от влияния других микроорганизмов. Исследования по определению видового состава и структуры консорциумов бактерий, обладающих пробиотическими свойствами, актуальны и имеют большое фундаментальное и практическое значение.

Целью данного исследования являлось изучение состава и структуры пробиотических консорциумов современными молекулярно-генетическими методами, основанными на анализе переменных фрагментов гена 16S рРНК.

Материалы и методы. На первом этапе проведен анализ структуры бактериальных консорциумов методом высокопроизводительного секвенирования V3-V4 переменных фрагментов гена 16S рРНК. На втором этапе проводили идентификацию бактерий, входящих в консорциум с помощью рибосомной филогении, использован участок, включающий V3-V8 переменные районы гена 16S рРНК. ДНК из накопительных культур выделяли коммерческим набором Quick-DNA Miniprep Kits (Zymo Research, США). Амплификацию консервативных районов проводили на высоко консервативных бактериальных праймерах 500F и 806R (в первом варианте) и 500F и 1350R (во втором варианте). В первом случае использовали адаптеры для дальнейшего индексирования образцов и секвенирования целевых ампликонов по технологии Иллюмина в ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБНУ ВНИИСХМ. Обработку результатов секвенирования и таксономическую аннотацию проводили с использованием платформы QIIME2 v2022. 2 и базы данных нуклеотидных последовательностей SILVA 132. Во втором случае целевые ампликоны клонировали в вектор pJET, кольцевую плазмиду трансформировали в компетентные клетки *Escherichia coli* XL-1 и проводили прямой скрининг всех выросших колоний на наличие вставки нужной длины на плазмидных праймерах. Ампликоны секвенировали по Сэнгеру на приборе «Нанофор-05» в ЦКП «Центр разработки прогрессивных персонализированных технологий здоровья» НЦ ПЗСРЧ. Коррекцию сиквенса проводили визуально в программе Bioedit v7.2.5. Видовую идентификацию проводили путем сравнения нуклеотидной последовательности с базами NCBI NR и EMBL-ENA Sequences с помощью BLAST и FASTA соответственно.

Результаты. На основании результатов высокопроизводительного секвенирования было показано, что в состав микробных консорциумов в качестве доминирующих бактерий входят *Enterococcus* spp. и *Streptococcus* spp. в разном соотношении. Доля сопутствующих бактерий варьировала от 2,22 до 10,48 % (табл.). В консорциумах № 1 и № 2 доминировали представители рода *Enterococcus*, в консорциумах № 4 и № 5 – *Streptococcus*, в то время как в консорциуме № 3 соотношение представителей этих родов было 51,7 и 36,9 % соответственно. Доля *Enterococcus* spp. в доминирующих консорциумах составила 89,8 и 69,2 %, в то время как *Streptococcus* spp. доминировали в соотношении 86,6 и 88,3 % соответственно.

По результатам идентификации бактерий, входящих в консорциумы два вида энтерококков определены в консорциуме № 1, это *Enterococcus durans* и *Enterococcus thailandicus*. Консорциум № 2 более богат по разнообразию энтерококков, дополнительно к вышеперечисленным видам, в

нем идентифицирован *Enterococcus faecium*. Кроме того, 25,2 % в структуре микробного консорциума составляют стрептококки. Они идентифицированы как *Streptococcus salivarius* и *Streptococcus thermophilus*. В консорциуме № 3 энтерококки представлены видом *E. durans*, а стрептококки – видами *S. salivarius* и *S. thermophilus*. Состав консорциума № 4 представлен монокультурой *S. thermophilus*, в то время как в составе консорциума № 5 дополнительно к *S. thermophilus* определен *Lactobacillus brevis*.

Таблица
Структура микробных консорциумов с потенциальными пробиотическими свойствами

Характеристика таксона	Название микробного консорциума				
	1к	2к	3к	4к	5к
<i>Enterococcus</i>	89,8	69,2	51,7	0,2	0,6
<i>Streptococcus</i>	7,2	25,2	36,9	86,6	88,3
Другие	2,22	5,32	8,88	10,48	9,95

Таким образом, идентифицированы бактерии, доминирующие в составе консорциумов, обладающих пробиотическими свойствами и охарактеризована их структура, представители и их процентное соотношение. Следует отметить, что по литературным данным идентифицированные виды обладают пробиотическими свойствами, что согласуется с результатами наших предыдущих исследований.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы № 121101300054-4.

Список литературы

1. История, современные направления и перспективы развития про- и пребиотических препаратов в России и за рубежом / Ю. С. Савинова, Н. Л. Белькова, Н. В. Семёнова, Л. В. Рычкова // Acta biomedica scientifica. 2022. Vol. 7, N 5-1. P. 211–227. DOI: 10.29413/ABS.2022-7.5-1.23

УДК 631.4

ДЕТЕКЦИЯ ГЕНОВ ПАТОГЕННОСТИ
В ГЕНОМАХ КЛИНИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫХ ШТАММОВ
PSEUDOMONAS AERUGINOSA

А. В. Сорокина^{1,2}, Е. С. Клименко¹, У. М. Немченко¹, Н. Л. Белькова¹

¹Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека, г. Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nastya_sorokina_99@mail.ru

P. aeruginosa has a large set of pathogenicity factors, which include adhesion factors, invasion mechanisms, production of exoenzymes and various classes of exotoxins. Various genetic determinants of pathogenicity have been detected in the genomes of clinically significant strains of *P. aeruginosa*.

Патогенность – свойство микроорганизма образовывать экзотоксины и/или эндотоксины, обладающие высокой активностью по отношению как к отдельным тканям организма хозяина, так и более широкого спектра действия, что приводит к возникновению клинической картины болезни различной тяжести. Патогенность вместе с инфекционностью и инвазивностью определяют болезнетворность микроорганизма. Синегнойная палочка – микроорганизм, вызывающий множество опасных инфекционных заболеваний, приносящих значительный ущерб здоровью человека и приводящих к летальному исходу. Клиническая значимость *Pseudomonas aeruginosa* обусловлена в первую очередь обладанием большого набора компонентов, которые могут играть роль факторов патогенности, вызывающих повреждение тканей и обеспечивающих ее выживание в организме. Факторы патогенности при синегнойной инфекции активно действуют на всех этапах инфекционного процесса – адгезии, инвазии, в случае диссеминации и персистенции, а также вызывают прямую интоксикацию и обеспечивают ускользание от иммунного ответа. *P. aeruginosa* реализует свой патогенетический потенциал за счет факторов адгезии (пили, флагеллярные протеины); различных механизмов инвазии, направленных на разрушение тканевых барьеров; продукции патогенетически значимых экзотоксигенов, проявляющих гемолитические свойства; продукцией различных классов экзотоксинов. Благодаря этому *P. aeruginosa* устойчиво занимает ведущее место в структуре возбудителей нозокомиальных инфекций, которые в настоящее время являются одной из основных проблем практического здравоохранения. Целью исследования стал поиск генетических детерминант патогенности в геномах клинически значимых штаммов *P. aeruginosa*.

Материалы и методы. Объектом исследования стали 27 изолятов *P. aeruginosa*, выделенных из разных биотопов организма человека, из «Коллекции микробиоты человека Иркутской области» лаборатории микробиома и микрoэкологии НЦ ПЗСРЧ. Для всех тестируемых изолятов была ранее отмечена множественная устойчивость к антимикробным препаратам. Геномную ДНК выделяли с помощью реагентов и расходных материалов из набора Quick-gDNA MiniPrep Kit (Zymo Research) согласно инструкции производителя. ПЦР в режиме реального времени проводили на амплификаторе Bio-Rad CFX96 Touch Real-Time PCR Detection System (США). Детекцию следующих генов: *algD* (GDP-дегидрогеназа альгината), *toxA* (экзотоксин А), *gyrB* (ДНК гираза В), *ecfX* (альтернативный сигма-фактор), *oprI* и *oprL* (липопротеины I и L наружной мембраны) и *fliC* (С-конец флагеллина), проводили с помощью красителя SybrGreen, специфичность амплификации определяли по кривой плавления ампликонов. Полногеномное секвенирование восьми изолятов выполняли с использованием набора NextSeq 500/550 High Output Kit (300 циклов) с платформой Illumina NextSeq 550 в соответствии с инструкциями производителя в ЦКП

«Центр разработки прогрессивных персонализированных технологий здоровья» НЦ ПЗСРЧ. Сборку геномов проводили с использованием программы SPAdes, функциональную аннотацию осуществляли с помощью Prokka. Поиск генов осуществлялся в программе MS Excel.

Исходя из полученных данных (табл.), гены *oprI* и *gyrB*, были обнаружены во всех изолятах *P. aeruginosa*. Единично не детектировался ген *toxA* в изоляте *P. aeruginosa* ЛММ-894, ген *algD* в изоляте ОДКБ-63 и ген *oprL* в изоляте ЛММ-121. Отсутствие этих генов говорит о том, что соответствующие изоляты не способны к продукции экзотоксина А, альгината и липопротейна наружной мембраны OprL соответственно.

Таблица

Гены, обнаруженные в клинически значимых изолятах *P. aeruginosa*, по результатам детекции ПЦР в режиме реального времени

Название штамма <i>P. aeruginosa</i>	<i>oprI</i>	<i>gyrB</i>	<i>toxA</i>	<i>oprL</i>	<i>algD</i>	<i>ecfX</i>	<i>fliC</i>
АБР 783	+	+	+	+	+	-	-
ИМБ-8	+	+	+	+	+	-	-
ИМБ-101	+	±	+	+	+	-	-
ИМБ-104	+	+	+	+	+	-	-
ИМБ-50	+	+	+	+	+	-	±
Крон-64-28	+	+	+	+	+	-	-
ОДКБ-12	+	+	+	+	+	-	±
ОДКБ-29	+	+	+	+	+	-	±
ОДКБ-51	+	±	+	+	+	-	-
ОДКБ-63	+	+	+	+	-	-	+
ОДКБ-65	+	±	+	+	+	-	-
ОДКБ-92	+	+	+	+	+	-	-
ИМБ-73	+	+	+	+	+	-	-
ЛММ-153	+	+	+	+	+	-	-
ЛММ-121	+	+	+	-	+	-	-
ЛММ-1228	+	+	+	+	+	-	-
ЛММ-1234	+	+	+	+	+	-	-
ОДКБ-6	+	±	+	+	+	+	+
ОДКБ-53	+	+	+	+	+	-	±
ОДКБ-57	+	+	+	+	+	-	-
ОДКБ-69	+	+	+	+	+	-	-
ОДКБ-71	+	+	+	+	+	-	±
ЛММ-598	+	±	+	+	+	-	-
ЛММ-894	+	±	-	+	+	-	-
ЛММ-1105	+	±	+	+	+	-	-
ЛММ-1255	+	±	+	+	+	-	-
ХЭ-66	+	±	+	+	+	-	-

Ген *ecfX* детектирован только в изоляте ОДКБ-6, что говорит о его способности к продукции одного из альтернативных сигма-факторов вне цитоплазматической группы. Следует отметить, что наиболее неоднозначный результат получен для гена *fliC*. С уверенностью можно заключить его

детекцию только в изолятах ОДКБ-6 и ОДКБ-63, а в изолятах ИМБ-50, ОДКБ-12, ОДКБ-29, ОДКБ-53, ОДКБ-71 отмечен слабый сигнал, требуется дополнительная проверка специфичности амплификации.

Поиск генетических детерминант патогенности в геномах клинически значимых изолятов *P. aeruginosa* проведен по данным полногеномного секвенирования. В геномах всех штаммов были обнаружены гены *algD*, *pal* (пептидогликан-ассоциированный липопротеин), *blc* и *slyB* (липопротеины наружной мембраны), *lolA* и *lolB* (белки-носители липопротеина), *eta* (экзотоксин А), *toxR* (регуляторный белок *eta*), *sigW* (сигма-фактор РНК-полимеразы), *rpoE* (сигма-фактор Е РНК-полимеразы) и *gyrB*. Ген *fliC* с флагелином типа В был найден в геномах штаммов *P. aeruginosa* ИМБ-101 и ИМБ-104, а с флагелином А типа в геномах штаммов *P. aeruginosa* ИМБ-102 и ИМБ-103.

Работа выполнена в рамках поисковой технологии № 1022040700227-3-1.6.3;2.9.3;3.3.8.

УДК 574.2

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ НАТИВНОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

Е. А. Тупикова, А. В. Новиков, А. А. Орлова, А. А. Сигова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
elizavetatupikova235@gmail.com*

The effect of the polarity of solvents (water, hexane, chloroform) on extractive inclusions from various types of plant waste was studied: unfractionated sawdust *Pinus silvestris* and wood chips. The influence of the microorganism *Trichoderma viride* on the change in the amount of extractive inclusions of the studied objects is shown.

Актуальной для Иркутской области является проблема загрязнения окружающей природной среды растительными отходами. Источниками отходов могут быть как нативные лесные ресурсы (ветки, комель, пни), так и деревообрабатывающие производства, и предприятия целлюлозно-бумажной промышленности [1]. Такие отходы могут наносить вред микро- и макроорганизмам, а также экосистемам в целом. Источник отходов предопределяет путь их утилизации.

Современные технологические производства позволяют получать из растительных отходов органические удобрения, сахара и других потенциально полезные вещества. Схема таких производств (включая микробиологические) содержит этап экстрагирования [2]. Извлечение экстрактивных веществ из лигноцеллюлозных отходов водой и органическими рас-

творителями делают возможным достижение максимальной эффективности производства.

Цель работы: определение эффективности экстракции различных видов растительного сырья органическими растворителями и водой.

Для реализации цели нами была осуществлена экстракция нефракционированных опилок *Pinus silvestris*, щепы из несанкционированной свалки отходов производства, а также этих объектов после культивирования *Trichoderma viride*. Экстрагентами выступали вода и органические растворители: гексан, хлороформ. Маркерами эффективности экстракции являлась масса экстрактивных веществ и результаты тонкослойной хроматографии. Все расчёты проведены на абсолютно сухое растительное сырьё. На рисунке представлена общая схема исследования.

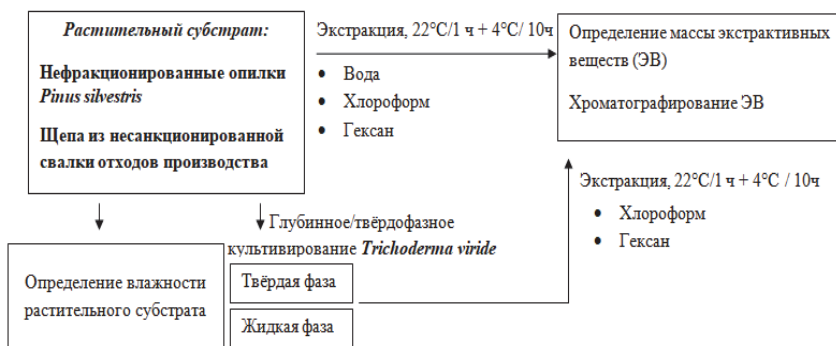


Рис. Схема извлечения экстрактивных веществ

Природа экстрагируемых веществ зависит от применяемого растворителя. В таблице представлены результаты гравиметрического исследования зависимости массы экстрактивных веществ от полярности органического растворителя. Применение хлороформа позволяет в 3–10 раз увеличить эффективность экстракции относительно гексана (номера экстрактов 1–4).

Культивирование растительного сырья (опилки и щепа) *Tr. viride* позволяет увеличить выход экстрактивных веществ в 5 раз (хлороформ) (номера экстрактов 2, 4, 6, 8). Применение гексана в аналогичном эксперименте существенного влияния не оказывает (номера экстрактов 1, 3, 5, 7). Воздействие *Tr. viride* в условиях глубинного культивирования на лигно-углеводную матрицу растительного сырья более эффективно по сравнению с твердофазным культивированием. На это указывает значение массы экстрактивных веществ для экспериментов 7–10.

Таблица

Экстрактивные вещества растительных субстратов

Номер экстракта	Экстрагент/объект исследования	Экстрактивные вещества, % от абсолютно сухого субстрата
1	Гексан/опилки сосны	2,12±0,3
2	Хлороформ/ опилки сосны	2,22±0,3
3	Гексан/ щепа дров	0,39±0,045
4	Хлороформ/щепа дров	0,8±0,087
5	Гексан/опилки сосны, обработанные <i>Tr. viride</i> (метод глубинного культивирования)	1,37±0,2
6	Хлороформ/опилки сосны, обработанные <i>Tr. viride</i> (метод глубинного культивирования)	10,66±0,8
7	Гексан/щепа дров, обработанная <i>Tr. viride</i> (метод глубинного культивирования)	0,53±0,12
8	Хлороформ/щепа дров, обработанная <i>Tr. viride</i> (метод глубинного культивирования)	5,38±0,062
9	Гексан/щепа дров обработанная <i>Tr. viride</i> (метод твердофазного культивирования)	0,39±0,089
10	Хлороформ/щепа дров обработанная <i>Tr. viride</i> (метод твердофазного культивирования)	1,24±0,078

Различия в качественном составе экстрактивных веществ были подтверждены методом тонкослойной хроматографии на пластинках «Силуфол», подвижная фаза – Толуол: Этилацетат: Муравьиная кислота (9:3:0,6), детекция- ультрафиолет и серная кислота/этанол (1:50).

Список литературы

1. Перспективные способы переработки вторичного лигноцеллюлозного сырья / Л. А. Беловежец, И. В. Волчатова, С. А. Медведева // Химия растительного сырья. 2010. № 2. С. 5–16.
2. Современные направления переработки лесных ресурсов / Р. Г. Сафин, Д. Ф. Зиятдинова, А. В. Сафина, Т. О. Степанова, А. А. Крайнов // Вестник технологического университета, 2015. Т. 18, № 15.

Научный руководитель: канд. хим. наук, доцент Михайленко В. Л.

ЭФФЕКТ НАНОПРАЙМИНГА И БИОПРАЙМИНГА СЕМЯН СОИ *GLYCINE MAX* (L) НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ

А. Р. Харасова¹, О. А. Ножкина², А. И. Перфильева²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия
alla.light@mail.ru

The growth-stimulating effect of nanoprimering with a nanocomposite of manganese oxide and sulfated arabinogalactan (NC) on the biomass of the roots of soybean seedlings *Glycine max*. It was found that NC neutralizes the negative effect of seed bioprimering by the phytopathogen *Pectobacterium carotovorum*, increasing the morphometric and biochemical parameters of soybean seedlings.

Соя играет важную роль в обеспечении глобальной продовольственной безопасности. Для защиты урожая этой культуры широко применяются пестициды, их чрезмерное использование оказывает негативное воздействие на окружающую среду. Альтернативой пестицидам является «seed priming», т. е. протравливание семян различными праймерами, например, гидропрайминг, осмопрайминг, термопрайминг, биопрайминг и хемопрайминг. Нанопрайминг – это инновационная технология праймирования семян, которая помогает улучшить всхожесть семян, рост семян и урожайность за счет обеспечения устойчивости растений к различным стрессам.

Цель работы – исследовать влияние нанопрайминга с применением нанокompозитов на физиолого-биохимические показатели проростков семян сои здоровых и подвергнутых биопраймингу фитопатогеном *Pectobacterium carotovorum*.

Экспериментальная часть. Исследования проводились на проростках сои *Glycine max* (L.) сорта «Саяна» с повышенной холодо- и заморозкоустойчивостью.

Для нанопрайминга в работе использовали химически синтезированный нанокompозит (НК) гидрооксида марганца и сульфатированного арабиногалактана (НК Mn (OH)₂/АГс). Для его синтеза MnSO₄×5H₂O растворяли в H₂O. Затем добавляли NH₄OH при перемешивании магнитной мешалкой. После реакцию смесь осаждали в спирте и высушивали. Содержание НЧ марганца в НК составляло 4,8 %.

Для биопрайминга использовали бактерии *P. carotovorum*. Штамм бактерий ВКМ В-1274 был получен из Всероссийской коллекции микроорганизмов, г. Пущино, Московская область. Жидкую культуру выращивали в аэрируемых условиях (80 об/мин) в колбах с мясopептонным бульоном (МПБ) в темноте при 26 °C.

Для изучения влияния биопрайминга и нанопрайминга семян сои на интенсивность прорастания семян была проведена серия опытов. Семена

стерилизовали в спирте, перекиси водорода, отмывали водой. Для био-прайминга семена замачивали в бактериальной суспензии *P. carotovorum* на 2 ч. Далее осуществляли нанопрайминг на 30 мин. После семена высаживали на увлажненную фильтровальную бумагу в чашки Петри. Спустя 7 сут подсчитывали количество не проросших семян, измеряли биометрические и биохимические параметры. Активность общей гваяколзависимой пероксидазы определяли по методу Бояркина. Анализ активности каталазы проводился с помощью спектрофотометрии путем проведения цветной реакции между перекисью водорода и молибдатом. Содержание диеновых конъюгатов (ДК) в тканях гипокотилей и корней проростков сои определяли с помощью смеси гексана и изопропанола.

Результаты и обсуждение. Спустя 7 сут проращивания семян сои, после их замачивания в водном растворе НК была проведена визуальная оценка прорастания семян и сняты биометрические показатели (табл. 1). НК оказывал стимулирующий эффект на интенсивность прорастания семян. Биопрайминг семян сои увеличивал количество невзошедших семян по сравнению с контролем на 73 %. Нанопрайминг семян, подверженных биопраймингу, снижал негативный эффект фитопатогена (см. табл. 1). На биометрические характеристики НК оказывал стимулирующий эффект по массе корней. Биопрайминг семян приводил к достоверному снижению всех биометрических показателей проростков сои. Нанопрайминг семян, подверженных биопраймингу, уменьшал негативный эффект фитопатогена на рост и развитие проростков сои (см. табл. 1).

Таблица 1

Влияние биопрайминга и нанопрайминга семян сои на морфометрические показатели проростков

Обработка	Не взошедшие семена, %	Длина, см		Масса, г	
		Гипокотиль	Корни	Гипокотиль	Корни
Контроль	28,58±6,74	2,8±0,3	3,26±0,7	0,0553±0,008	0,025±0,003
НК Мп (ОН) ₂ /АГс (а)	18,11±5,22	2,7±0,4	3,73±0,5	0,050±0,006	0,039±0,005*
<i>P. carotovorum</i> (б)	50,33±13,49	1,033±0,17**	1,067±0,22*	0,014±0,001**	0,007±0,001**
<i>P. carotovorum</i> + НК Мп (ОН) ₂ /АГс (в)	42,48±7,02	1,66±0,016*	1,69±0,18*	0,039±0,01**	0,016±0,002*

Примечание: $p < 0,05$ и $** p < 0,01$ указывают на достоверные различия согласно U-критерию Манна-Уитни между (а) контролем и проростками, обработанными НК, (б) контролем и проростками, подвергнутыми воздействию *P. carotovorum*, и (в) проростки, подвергшиеся воздействию *P. carotovorum*, и проростки, подвергнутые воздействию *P. carotovorum*, обработанные НК.

В тканях корней и гипокотилей сои были определены биохимические показатели (табл. 2).

Таблица 2

Влияние биопрайминга и нанопрайминга семян сои
на биохимические показатели проростков

Обработка	Активность пероксидазы, у. е.		Активность каталазы, мКат		Содержание ДК/г сырой массы $\times 10^6$	
	гипокотиль	корни	гипокотиль	корни	гипокотиль	корни
Контроль	0,85 $\pm$ 0,03	0,76 $\pm$ 0,02	1,19 $\pm$ 0,2	1,53 $\pm$ 0,02	0,39 $\pm$ 0,02	1,08 $\pm$ 0,05
НК Mn(OH) ₂ /АГс (а)	0,80 $\pm$ 0,04	1,13 $\pm$ 0,05**	3,98 $\pm$ 0,3**	0,76 $\pm$ 0,02**	0,30 $\pm$ 0,01**	1,39 $\pm$ 0,08**
<i>P. carotovorum</i> (б)	0,93 $\pm$ 0,03	0,97 $\pm$ 0,07**	5,61 $\pm$ 0,4**	1,55 $\pm$ 0,3	0,38 $\pm$ 0,1	6,64 $\pm$ 0,3*
<i>P. carotovorum</i> + НК Mn(OH) ₂ /АГс (в)	0,92 $\pm$ 0,04	0,91 $\pm$ 0,06	5,07 $\pm$ 0,5	5,26 $\pm$ 0,2**	0,66 $\pm$ 0,004	4,90 $\pm$ 0,0

Примечание: $p < 0,05$ и ** $p < 0,01$ указывают на достоверные различия согласно U-критерию Манна-Уитни между (а) контролем и проростками, обработанными НК, (б) контролем и проростками, подвергнутыми воздействию *P. carotovorum*, и (в) проростки, подвергшиеся воздействию *P. carotovorum*, и проростки, подвергнутые воздействию *P. carotovorum*, обработанные НК.

Антиоксидантные ферменты являются показательными маркерами стресса. Поэтому в качестве биохимических характеристик состояния проростков были определены активность пероксидазы и активность каталазы в тканях гипокотилля и корня проростков сои. Под влиянием нанопрайминга достоверно повышалась активность пероксидазы в тканях корней, а активность каталазы увеличивалась в тканях гипокотилей и уменьшалась в тканях корней сои по сравнению с контролем (см. табл. 2). Биопрайминг семян вызывал достоверное повышение активности пероксидазы в тканях корней и повышение активности каталазы в тканях гипокотилей. Активность каталазы значительно увеличивалась по сравнению с контролем, повышение отмечено в 5 раз (см. табл. 2). Комбинированное воздействие на проростки сои биопрайминга и нанопрайминга также стимулировало активность пероксидазы в тканях гипокотилей и активность каталазы в тканях гипокотилля и корней (см. табл. 2). ДК – это первичные продукты перекисного окисления липидов, которые ведут к разрушению мембран клеток. Нами было оценено содержание ДК в тканях проростков сои. НК достоверно снижал количество ДК (см. табл. 2). Биопрайминг в 5 раз по сравнению с контролем увеличивал количество ДК в тканях корней. Биопрайминг и нанопрайминг уменьшали негативное влияние фитопатогена, снижая количество ДК (см. табл. 2).

Таким образом, НК оказывал ростостимулирующий эффект на морфометрические показатели корня сои, активизируя активность антиоксидантных ферментов, достоверно снижая количество ДК в тканях корня. Нанопрайминг снижал негативный эффект фитопатогена на физиолого-биохимические показатели проростков сои. Полученные результаты могут представлять интерес для применения НК в области сельскохозяйственных технологий, в частности разработки новых ростостимуляторов растений.

ОСОБЕННОСТИ ЭМБРИОГЕНЕЗА СИГОВЫХ РЫБ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРОТАТРАНОВ

Д. А. Цивань^{1,2}, Л. В. Суханова²

^{1,2}Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
civandara4@gmail.com

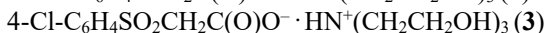
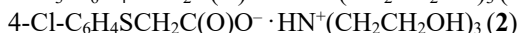
This study is aimed at developing methods to increase the viability of eggs at the stage of fertilization. This stage is convenient because it requires a one-time exposure to caviar, after which the process proceeds according to the scheme without additional effects. Representatives of whitefish, namely lake whitefish, were chosen as the object of the study. It is more than other representatives of this taxonomic group is close to the Baikal omul, which has great potential for breeding in aquaculture, but at the same time is very whimsical in content.

Аквакультура – важная отрасль сельского хозяйства, активное развитие и становление которой происходит сейчас в России. В связи с этим появляется потребность в перспективных разработках и исследованиях в этой области.

Данное исследование нацелено на разработку методов повышения жизнеспособности икры на этапе оплодотворения. Эта стадия удобна тем, что требует разового воздействия на икру после чего процесс идёт по схеме без дополнительных воздействий.

В качестве объекта исследования были выбраны представители сиговых рыб, а именно озёрный сиг. Он больше других представителей данной таксономической группы приближен к байкальскому омулю, который имеет большой потенциал для разведения в аквакультуре, но при этом очень прихотлив в содержании.

В Институте химии СО РАН (г. Иркутск) синтезирован широкий ряд биологически активных соединений – «Атранов» [1], в частности «Протатранов» (1–3):



Исследования этих веществ проводились на икре сиговых в Лимнологическом институте СО РАН. Ранее проводились исследования, где икру оплодотворяли и инкубировали в присутствии протатранов, где была выявлено влияние протатранов на выживаемость икры [2]. Был повторен опыт, включающий в себя добавление протатранов только на стадии оплодотворения. По результатам данного опыта не выявлено явной зависимости от добавления протатранов на этапе оплодотворения и выживаемости икры.

На данный момент можно сделать вывод о влиянии протатранов на развитие икры, остаются вопросы о механизме работы и проникновения этих веществ в икру, а также на каких стадиях это происходит. Использование этих веществ в сельском хозяйстве в целом и в аквакультуре в частности является очень перспективным и требует дальнейших исследований.



Рис. Выклев и отход икры озёрного сига на стадии инкубации в 6-луночных планшетах

Список литературы

1. Sergey N. Adamovich. New atranes and similar ionic complexes. Synthesis, structure, properties // Appl. Organometal. Chem. 2019. Vol. 33, N 7. e4940. <https://doi.org/10.1002/aoc.4940>
2. Глызина О. Ю., Суханова Л. В., Адамович С. Н., Оборина Е. Н., Сапожникова Ю. П., Яхненко В. М., Тягун М. Л. Способ повышения жизнестойкости эмбрионов рыб в аквакультуре. Патент на изобретение № 2734835. Заявка № 2020106330, Оpubл.: 23.10.2020. Правообладатель: ЛИН СО РАН; ИрИХ СО РАН. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2020.

Научный консультант: гл. специалист по ихтиологии ЛИН СО РАН Воробьёва А. Н.

ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ, ЭКОЛОГИЯ И ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

УДК 631.459

ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Ю. В. Артеменко

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

The article presents the application of GIS technologies in the study of soil degradation. The article presents the experience of using a GIS program to create a map of soil erosion.

Почва как основа ведения сельского хозяйства имеет огромную роль в жизни человека. Состояние земель сельскохозяйственного назначения обуславливает обеспечение продовольственной, экономической и национальной безопасности страны. В составе Иркутской области земли сельскохозяйственного назначения занимают 2874,2 тыс. га, или 3,71 % (по состоянию на 01.01.2022) [3].

Почвенный покров Иркутской области отличается разнообразием. Его формирование обусловлено воздействием подстилающих пород, рельефа, климатических условий, растительности. Воздействие природных и антропогенных факторов влияет на качественные характеристики почвенного покрова. Основным фактором понижения производственного потенциала земли с потерей плодородия почвы является деградация почвы. Причинами деградации, чаще всего становятся сельскохозяйственное, промышленное и коммерческое загрязнение, потеря пахотных земель из-за интенсивного ведения сельского хозяйства, а также климатические изменения [2].

При проведении мониторинга состояния земель выявляются изменения качественных характеристик состояния земель под воздействием следующих негативных процессов: подтопления и затопления, переувлажнения, заболачивания, эрозии, опустынивания земель, загрязнения земель тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтью и нефтепродуктами, другими токсичными веществами, захламления отходами производства и потребления, вырубок и гарей на землях лесного фонда, образования оврагов, оползней, селевых потоков, карстовых и других процессов и явлений, влияющих на экологическое состояние земель [3].

Эрозия почв представляет собой разрушение почвенного покрова под действием ветра и деятельности поверхностных водных потоков в виде плоскостной и линейной формах. Итогом такого воздействия при плоскостной водной эрозии становится смыв поверхностных плодородных слоёв, а при линейной эрозии образование промоин и оврагов. Ветровая эрозия проявляется в переносе ветровыми потоками частиц верхнего слоя почвы. Несомненно, необходимо проводить учет и мониторинг таких территорий. Мониторинг сельскохозяйственных земель можно проводить с помощью космического мониторинга [4].

Индикаторы деградации почвы могут быть визуальными, физическими, химическими и биологическими. Визуальные данные при наблюдении могут быть получены в результате полевых наблюдений или анализа спутниковых изображений. Такое наблюдение включает в себя изменения цвета почвы, площади растительного покрова и развития растительности, признаки оврагов и промоин, отложение наносов [5]. Эти характеристики возможно анализировать с помощью современных методов картографирования, например, как использование данных дистанционного зондирования и их интерпретация в ГИС-программе QGIS.

Суть космического мониторинга заключается в непрерывном и многократном получении информации о качественных и количественных характеристиках почвенного покрова за счет обработки данных, получаемых со спутников дистанционного зондирования Земли. Традиционный картографический материал, обычно использующийся при мониторинге представлен топографическими картами масштаба 1:25 000–1:200 000, однако на большинстве территорий Российской Федерации такие карты не обновлялись, а карты 1:25 000 являются секретными и практически недоступны для использования. Космические снимки способны оперативно создавать карты на большие участки территорий и проследить динамику изменений путем непрерывной съемки.

Дистанционное зондирование при изучении эрозии почв позволяет получить исходные данные для эрозионных моделей, путем анализа растительного покрова и определения эрозионных форм рельефа и стадий эрозии. Использование спутниковых данных позволяет анализировать изучаемую территории с меньшими затратами времени [4].

В качестве примера приведен фрагмент карты эродированных земель территории Приангарья, созданная с помощью программной ГИС-системы QGIS. Данная карта составлена на основе фондовых отчетов полевых обследований 1965 г. Добавление сведений о степени эродированности почвы, позволило выделить почвы в большей степени подверженных процессами эрозии (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент карты эродированности почв:  – слабосмытые почвы,  – слаборазвешенные почвы,  – среднеразвешенные почвы

При анализе спутникового изображения и его сопоставлении с картой эродированности было выявлено динамичное развитие эрозионных процессов. Образование промоин наблюдается на той территории, которая при обследовании территории 1965 г. не была выделена как «подверженная эрозии» (рис. 2)



Рис. 2. Фрагмент карты эродированности почв с указанием образовавшихся промоин

Последние почвенные обследования территории сельскохозяйственных земель Приангарья, направленные на оценку и учет деградированных почв, проводились с 1964 по 1998 г., и информация о наблюдениях, позволяющих выявить негативные изменения в состоянии земель отсутствуют, в связи с чем невозможно оценить современное состояние земель без применения дистанционных методов. Такой сбор и обработка информации о почвенном покрове с помощью методов дистанционного зондирования поможет решить современные проблемы в управлении земельными ресурсами, землепользовании и повысить получение более точных данных о почвенном покрове [1]. При выявлении нарушенных земель или земель подверженных деградации необходимо проводить мероприятия по восстановлению и консервации земель, рекультивации нарушенных земель и защите земель от эрозии.

Список литературы

1. Бережных Ю. В., Лопатовская О. Г. ГИС картографирование эродированных почв Предбайкалья // Роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности Сибири: материалы всероссийской конф. Красноярск, 2022. С. 40–45.
2. Бережных Ю. В., Лопатовская О. Г. Использование методов ГИС-картографирования в изучении деградации почвенного покрова Приангарья // Почвенные ресурсы и их рациональное использование: материалы науч.-практ. конф. посвящ. 100-летию со дня рождения д-ра сельскохозяйств. наук, проф. П. С. Бугакова. Красноярск, 2022. С. 96–101.
3. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Иркутской области. Иркутск, 2022. 62 с.
4. Романовская А. Ю., Савин И. Ю. Современные методы мониторинга ветровой эрозии почв // Бюл. Почв. ин-та. 2020. С. 110–115.
5. Soil as a complex ecological system for meeting food and nutritional security / F. Nunes [et al.] // Climate Change and Soil Interactions. 2020. P. 229–269.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Е. В. Барсукова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
barsukovakate95@gmail.com*

In this paper, statistical monitoring of agricultural lands of the Irkutsk region was considered. In the analyzed data, the growth of the lands of legal entities was found.

Целью работы является проведение статистического мониторинга сельскохозяйственных земель Иркутской области в разрезе форм собственности за 2012–2018 гг.

В ходе работы изучены особенности статистического мониторинга распределения сельскохозяйственных земель, собраны и проанализированы данные сельскохозяйственных земель Иркутской области, рассчитаны изменения площадей по угодьям и темпам роста по формам собственности Иркутской области за 2012–2018 гг.

В процессе работы использовался метод В. Н. Салина и В. Н. Прасолова, основанный на статистическом мониторинге интенсивности перераспределения земель в разрезе категорий и форм собственности. Для расчёта применялись подходы базисных темпов роста (T_p^B) и доли (D_s) сельскохозяйственных земель [3].

Основная часть Государственного кадастра недвижимости представляет сведения о количестве и качестве земельных ресурсов. В категорию земель сельскохозяйственного назначения включены земли (земельные участки) за чертой поселений, предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей. Площадь пашни, сенокосов Иркутской области составляет 1734,4 и 390 тыс. га, площадь пастбищ составляет 640,9 тыс. га. Площадь залежи и многолетних насаждений осталась неизменной и составляет соответственно 3,3 и 30,0 тыс. га [1].

За проанализированный период в структуре сельскохозяйственных угодий залежей площадь осталась неизменной. Незначительные изменения приходятся на пашни и сенокосы. В большей мере изменились площади многолетних насаждений и пастбищ [1].

На основе законодательства РФ земли подразделяются на частную, государственную, муниципальную форму собственности [2]. Земли сельскохозяйственного назначения в Иркутской области отображены в таблице, где они выражены в виде структуры и распределения по формам собственности.

Таблица 1

Распределение земель с/х назначения Иркутской области по формам собственности

Данные на 1 января		ГМС	Земли ЧС		Всего
			СФЛ	СЮЛ	
2012 г	S, тыс. га	75714,5	1651,3	118,8	77484,6
	Ds, %	97,71	2,13	0,15	100
	T _p ^B , %	-	-	-	-
2013 г	S, тыс. га	75707,8	1652,6	124,9	77485,3
	Ds, %	97,7	2,14	0,16	100
	T _p ^B , %	99,99	100	105,1	100
2014 г	S, тыс. га	75704,3	1654,6	125,7	77484,6
	Ds, %	97,7	2,13	0,16	100
	T _p ^B , %	99,98	100,1	105,8	100
2015 г	S, тыс. га	75693,3	1663,5	127,8	77484,6
	Ds, %	97,7	2,14	0,16	100
	T _p ^B , %	99,7	100,7	107,57	100
2016 г	S, тыс. га	75687,8	1663,6	133,2	77484,6
	Ds, %	97,6	2,14	0,17	100
	T _p ^B , %	99,96	100,7	112,12	100
2017 г	S, тыс. га	75704	1645,9	134,7	77484,6
	Ds, %	97,7	2,12	0,17	100
	T _p ^B , %	99,98	99,67	113,38	100
2018 г	S, тыс. га	75703,6	1641,5	139,8	77484,9
	Ds, %	97,7	2,11	0,18	100
	T _p ^B , %	99,98	99,40	117,67	100

По динамике распределения земель с/х назначения Иркутской области по формам собственности можно сказать, что произошел рост земель юридических лиц, это связано с покупкой у граждан долей земельных участков, эта динамика отображена на рисунке. Площади земель, принадлежащие собственности юридических лиц за 6 лет увеличили свою территорию на 17 %.

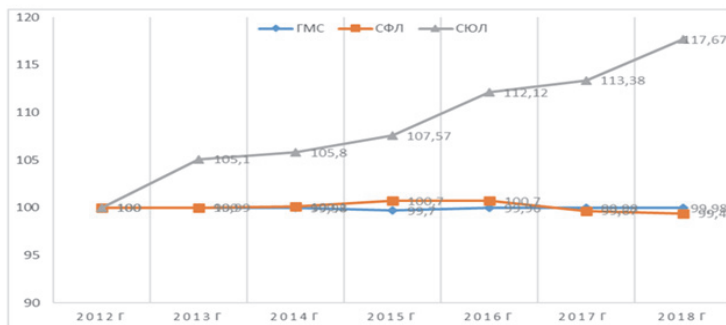


Рис. Динамика распределения земель с/х назначения Иркутской области по формам собственности

Таким образом, землями сельскохозяйственного назначения признаются территории, находящиеся за границами населенного пункта и предназначенные для нужд сельского хозяйства. Для отслеживания изменений земельного фонда применим статистический мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, который в свою очередь помогает наблюдать и исследовать их состояния, а также трансформации этих земельных угодий. На основе собранных данных в состав сельскохозяйственных земель Иркутской области входят пастбища (640,9 тыс. га), сенокосы (390,0 тыс. га), залежи (3,3 тыс. га), многолетние насаждения (30,0 тыс. га), пашни (1734,4 тыс. га). За проанализированный период изменения в площадях незначительные. В Иркутской области динамика распределения земель с/х назначения по формам собственности значительно изменилась. Произошел рост собственности земель юридических лиц, что говорит о покупке у граждан долей земельных участков. Площади земель, принадлежащие в собственности юридических лиц за 6 лет, увеличили свою территорию на 17 %.

Список литературы

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель. URL: https://rosreestr.gov.ru/upload/documenty/doc_gos-doc2012.gar (дата обращения: 05.03.2023)
2. Региональный доклад о состоянии и использовании земель в Иркутской области за 2020 год. URL: <https://rosreestr.gov.ru/upload/to/irkutskaya-oblast/zemleustroystv/2021/regionalnyy%20доклад%202021%20год.docx> (дата обращения: 10.03.2023)
3. Салин В. Н., Прасолов В. Н. Статистический мониторинг земельного фонда и налогооблагаемой базы // Вопросы статистики. 2014. № 5. С. 53–58.

Научный руководитель: старший преподаватель кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Киселева Н. Д.

УДК 631.47

СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ И КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. И. Баснина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
elizaveta.ims@mail.ru*

Agriculture is the main branch of the economy in the Irkutsk region and is a complex system. The tool for its study is such modern approaches as geoinformation technologies. Geographic information mapping allows you to display information about the state of farmland, while covering large areas. As a result, it becomes possible to assess and analyze effective land use, with the subsequent conservation of land, further involvement in circulation, with a subsequent increase in their fertility.

Сельскохозяйственные земли в Российской Федерации имеют приоритет в использовании и подлежат особой охране. Они выполняют важные экономические и социальные функции. На сегодняшний день очень важно осуществлять мониторинг состояния таких земель, выявлять и предотвращать нарушения, которые со временем могут привести к снижению почвенного плодородия и деградации почв, что в свою очередь повлечет за собой снижение объема и качества урожая.

Одним из современных способов отслеживания состояния сельскохозяйственных земель являются геоинформационные технологии и цифровые картографические материалы. Они вмещают в себя большой объем информации, что позволяет учитывать, анализировать большие площади, а также оперативно решать задачи по устранению нарушений. Для создания такого рода материалов требуется формирование базы данных, которая включает критерии, отражающие факторы плодородия, для его повышения и осуществления различного рода деятельности. Подобные карты смогут использовать органы государственного и муниципального управления, сотрудники охраны окружающей природной среды, сельскохозяйственные производственные кооперативы, а также крестьянско-фермерские хозяйства.

Только за 2021 г. на территории региона на сельскохозяйственных землях выявлено 817 нарушений на 3570 га. В том числе 25 несанкционированных мест складирования отходов, общая площадь которых составила 50,36 га, а также обнаружены 2 карьера по добыче полезных ископаемых. Площадь карьеров составила 15,2 га. Большинство выявлений (95,6 %) были связаны с наличием зарастания древесно-кустарниковой и многолетней сорной травянистой растительностью, захламления твердыми бытовыми отходами, биогенным загрязнением отходами животноводства, заболачиванием, снятием плодородного слоя почвы, водной и ветровой эрозии. Любое из перечисленных нарушений, негативно влияет на состояние почв, предназначенных для ведения сельскохозяйственной деятельности, а потому требует тщательного контроля [1].

Для Иркутской области имеется опыт создания почвенной карты Предбайкалья с использованием геоинформационных технологий. В основе работы лежат картографический, сравнительно-географический, ландшафтно-геохимический и геоинформационные методы. Это дает возможность масштабирования электронной почвенной карты, дополнение новых слоев, создание карт других видов (почвенно-геоботанических, ландшафтно-геохимических и др.) [2].

Вышеперечисленное еще раз подтверждает тот факт, что создание электронных карт сегодня это одно из наиболее перспективных направлений, которое обладает рядом преимуществ: удобством хранения, передачи, обработки, преобразования и визуализации. Приоритетной особенностью является возможность внесения в электронную карту добавления новой

информации, постоянное её обновление, однако привычные бумажные карты, такой функции лишены.

Так, Министерством сельского хозяйства создана единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (далее—ЕФИС ЗСН), предназначенная для обеспечения актуальными и достоверными сведениями о сельхозземлях, включая данные об их местоположении, состоянии и фактическом использовании.

За счет авторизации пользователей ЕФИС ЗСН позволяет осуществлять сбор, агрегацию данных как в пределах границ каждого поля, муниципального образования, субъекта Российской Федерации, так и вести учет отраслевых верифицированных, геопривязанных сведений о землях сельскохозяйственного назначения на федеральном уровне. Визуализация отражает результаты государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в виде различных тематических слоев и отраслевых данных. Система интегрирует с федеральными, региональными и отраслевыми информационными системами в целях консолидации сведений из различных источников о землях сельскохозяйственного назначения. В ЕФИС ЗСН представлены данные о показателях почвенного плодородия, мелиорируемых землях, состоянии и индексах развития сельскохозяйственной растительности, пострадавших от пожаров сельскохозяйственных полей.

Однако в системе доступны не все слои, содержится неполная информация. В связи с этим при использовании в работе отсутствует возможность ознакомиться со всеми необходимыми данными, просматривать информацию.

Поэтому впервые, на примере программы QGIS, целесообразно создание картографических материалов, отображающих визуально состояние земель сельскохозяйственного назначения. Основой для этого, послужила информация о фактическом состоянии участков. Информация была получена в ходе проведения контрольно—надзорных мероприятий по соблюдению требований земельного законодательства и зафиксирована при выезде на место. Она включает в себя сведения о кадастровых номерах земельных участков, их общей площади, вид разрешенного использования, характер и площадь нарушений. Границы участков определены в соответствии с данными публичной кадастровой карты Росреестра согласно географическим координатам.

Таким образом, геоинформационное картографирование позволяет вести подсчет общей площади, и конкретного вида нарушения, обрабатывать большое количество информации, проводить статистику, пополнять базы картографических данных, вести контроль состояния земель, и выполнять задачи по своевременному устранению нарушений, приводящих к качественному ухудшению состояния земель сельскохозяйственного назначения.

Список литературы

1. Результаты деятельности Управления Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия за 2021 год / М-во сельского хозяйства РФ, Федер. служба по ветеринар. и фитосан. надзору. 2021. С. 53–56. Электрон. версия печат. публ. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: https://drive.google.com/file/d/1BGVgjh_kZmhp2x11PR16-MW8w5P9oCGj/view (дата обращения: 09.04.2023).
2. Сугаченко О. Г., Лопатовская О. Г. Опыт создания почвенной карты Предбайкалья с использованием ГИС-технологий // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. 2018. Т. 26. С. 110–115. <https://doi.org/10.26516/2073-3372.2018.26.110>

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

УДК 631.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ ОАН «СТОЯНКА МАЛЬТА-МОСТ 3»

А. Н. Величко, С. Л. Кукулина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Velalnik-1992@mail.ru*

The object of the study is the soils and sediments of the object of archaeological heritage “Malt-Most 3”. In the course of the work, the morphological properties of soils and sediments were studied, their stratigraphic dismemberment was carried out.

Объектом исследования являются почвы и отложения объекта археологического наследия (ОАН) «Стоянка Мальта-Мост 3», расположенного в 500 м от г. Усолья-Сибирского, на правом берегу р. Белой. Данная территория вошла в участок строительства автомобильной дороги Р-255, что и послужило поводом для проведения археологических спасательных работ в 2020–2021 гг.

В ходе работ были изучены морфологические свойства почв и отложений ближе к окраине северо-восточной границы ОАН «Стоянка “Мальта-Мост 3”», проведено их стратиграфическое расчленение.

Строение почв и отложений ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3» представлено на рисунке.

Голоценовые отложения (НЛ 0–11,7 тыс. лет) представлены современной почвой (табл.) и имеют разную (до 95 см) мощность (слои 1а–2б). Над криогенными трещинами наблюдается увеличение мощности голоценовых отложений. Современная почва относится к агроземам структурно-метаморфическим остаточно карбонатным, где в настоящее время верхняя часть профиля представлена пахотным горизонтом Р (верхняя часть которого задернована, после перевода ее в залежь). До того как почва начала

подвергаться с/х обработке, она, скорее всего, относилась к серому метаморфическому типу (AY-AEL-BM1-BM2-Cca). Гумусовый, элювиальный и верхняя часть горизонта BM1 были превращены в пахотный слой. Местами горизонт BM1 отсутствует, так как он был полностью вовлечен в перепашку. По возрасту голоценовую толщу можно разделить на: раннеголоценовую (HL 1, 11,7–8,2 тыс. лет) – соответствует горизонту BM2, среднеголоценовую (HL 2, 8,2–4,2 тыс. лет) – горизонту BM1 и позднеголоценовую (HL 3, 4,2–0,020 тыс. лет) – горизонту P.

Граница голоценовых и плейстоценовых (позднесартанских) отложений прослеживается в кровле слоя 3а, которая выявляется по резкому изменению окраски. Окраска позднесартанских отложений светлая с белесыми оттенками за счет высокого содержания карбонатов, а граница перехода языковатая, за счет мелких морозобойных трещин, которые приурочены к позднедриасовому похолоданию (DR-3, 12,7–11,6 тыс. лет).

Сартанские отложения (Sr 28–11,7 тыс. лет) представлены лессовидными суглинками (слои 3а-6), они сильно окarbonачены и имеют светлую окраску. В этой пакке отложений выделяется четыре подгоризонта (Sr₁ (24(21)–18 т. л.), Sr₂ (18–16 т. л.), Sr₃ (16–14 т. л.), Sr₄ (14–10 т. л.)) с тремя слабо развитыми палеопочвами мощностью от 5 до 20 см (3б, 4а, 5б). Сартанская толща отложений расчленена криогенными трещинами, разной глубины и ширины, что мешает отнести археологические артефакты (найденные в криогенных трещинах) к тому или иному культурному горизонту памятника. Заложение криогенных трещин приурочено к позднесартанскому времени (Sr₄).

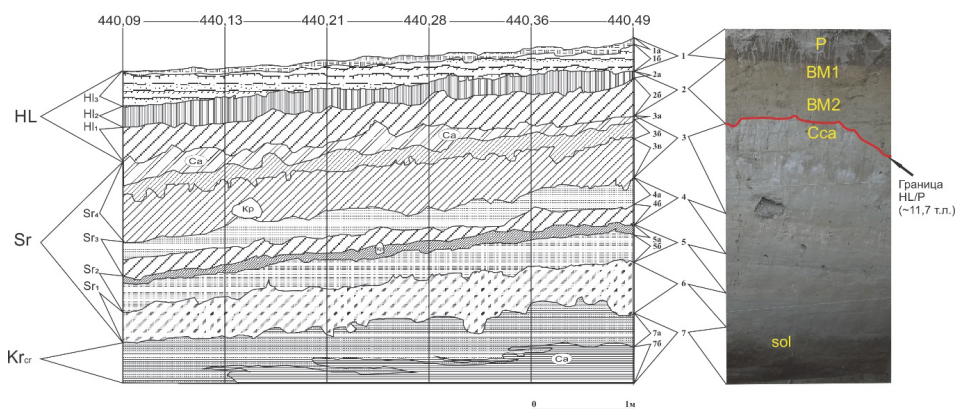


Рис. Стратиграфия отложений ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3».

Примечание: условные обозначения: HL – голоценовые отложения (HL₃, HL₂, HL₁ – стратиграфические подразделения голоцена); Sr – сартанские отложения (Sr₄, Sr₃, Sr₂, Sr₁ – стратиграфические подразделения сартана); Kfcr – каргинские криотурбированные отложения; HL/P – граница голоцен – плейстоцен; sol – следы солифлюкции

Таблица

Морфологическая характеристика почв и отложений ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3»

№ пачки слоя	Характеристика отложений	Глубина, см
1	Суглинки лёгкие, гумусированные, подразделяются на два подслоя: дерновый постагrogenный горизонт P_w (1а) и нижняя часть пахотного горизонта P (1б). Сухой, комковато-порошистый, уплотнен, пронизан корнями, не вскипает от 10 % HCl. Переход в нижележащий слой резкий по цвету, граница перехода волнистая – по следу перепашки	0–25
2	Суглинки лёгкие, бурые (2а) и светло-бурые (2б) – представлены почвенным горизонтом ВМ (ВМ1, ВМ2), плотные, сухие. Включения – в виде корней травянистой растительности. Не вскипает от 10 % HCl. Переход в нижележащий слой ясный по цвету, граница волнистая	25–95
3	Суглинки лёгкие лёссовидные (3а), и супеси – пески (3в) светло-серого цвета с супесчаной (3б) прослойкой белёсватого оттенка от пропитки карбонатами. Уплотненные, свежие, с редкими включениями корней травянистой растительности, кротовин. Слой бурно вскипает от 10 % HCl. Переход в нижележащий слой постепенный по цвету, граница слабоволнистая	95–145(170)
4	Лёгкие лёссовидные суглинки буровато-светло-розового цвета (4а) и белёсо- серого цвета (4б) от прокрашивания толщи карбонатами. Уплотненные, свежие, с единичными включениями корней травянистой растительности. Слой сильно вскипает от 10 % HCl. Переход в нижележащий слой заметный по цвету, граница волнистая	145–175
5	Супеси светло-серого (5а) и лёгкие лёссовидные суглинки розовато-светло-серого цвета (5б), белёсватые от прокрашивания толщи карбонатами. Уплотненные, свежие, с единичными включениями в виде корней травяной растительности. Слой сильно вскипает от 10 % HCl. Переход в нижележащий слой постепенный по цвету, граница волнистая	175–205
6	Лёгкие лёссовидные суглинки светло-серого цвета. Слой свежий, плотный с единичными включениями в виде корней травянистой растительности. Слой сильно вскипает от 10 % HCl. Переход в нижележащий слой ясный по цвету, граница неровная, нарушенная вторжениями нижележащего слоя 7	205–245
7	Суглинки средние, тёмно-бурого цвета. Слой плотный, влажноватый, сильно криотурбирован, местами слоистый, вскипает от 10 % HCl	245–295

Каргинские отложения (Кг 30–28 тыс. лет) представлены темноокрашенными гумусированными средними суглинками, нарушенными криотурбацией (слои 7а-7б). Местами наблюдается выдавливание отложений вверх по морозобойным трещинам. Так же в нижней части разреза присутствуют следы солифлюкции (7а). Солифлюкционные процессы имеют раннесартанский возраст (Sr₁).

Таким образом, вскрытая толща почв и отложений ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3» имеет: голоценовый (HL), сартанский (Sr) и каргинский (Kr) возраст. Разновозрастные отложения отличаются друг от друга рядом

морфологических признаков и несут в себе следы активизации почвообразования (HL, Kr) в более теплые периоды и осадконакопления (Sr) в холодные периоды. Сигналами похолоданий являются так же наличие в отложениях криогенных трещин, инволюций и солифлюксий.

Научный консультант: главный специалист-эксперт отдела археологии Службы по охране объектов культурного наследия Иркутской области Стерхова И. В.

УДК 631.452

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К АНТРОПОГЕННУМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ

А. В. Гаврилова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
anastas.vlad.gav@mail.ru*

An assessment of the stability of soils as a component of an ecosystem is necessary in order to predict and analyze the environmental situation that changes in the course of human economic activity. It is important to determine the permissible technogenic load, which would not significantly affect the efficiency of the soil cover in its main ecological functions.

Развитие процессов природопользования предполагает определение устойчивости биосферы как системы в целом, так и входящих в неё экосистем более низкого иерархического уровня и составляющих их компонентов, в том числе и почвенного покрова. Почвенный покров Земли определяет многие процессы и свойства биосферы, являясь важнейшим её компонентом. Особые свойства и функции почвенного покрова проявляются в плодородии почв [2].

Оценка устойчивости почв как компонента экосистемы необходима в целях прогнозирования и анализа изменяющейся в ходе хозяйственной деятельности человека экологической ситуации. Важно определение допустимой техногенной нагрузки, которая существенно не влияла бы на эффективность выполнения почвенным покровом его основных экологических функций [4].

Наиболее остро проблема устойчивости почв встает при решении вопросов освоения новых земель, при проведении мониторинга, крупномасштабных мероприятий, так или иначе изменяющих структуру и компонентный состав природной среды (переброски стока рек, крупномасштабные мелиорации, сведение лесов) [1].

Целью исследования стало установление критериев устойчивости почв при антропогенном воздействии.

Устойчивость почв – это способность почвы длительное время сохранять состав, структуру, функционирование и пространственное положение в условиях относительно небольшого изменения или колебания факторов почвообразования и восстанавливать качественные характеристики своего исходного состояния после его возмущения [4]. Понятие устойчивости почв включает совокупность взаимодополняющих понятий: инертность компонентов; стойкость компонентов, горизонтов и почв; стабильность компонентов и их соотношения, включая видовой состав микробо- и зооценоза; прочность почвы и отдельных её компонентов как способность сопротивляться внешним механическим воздействиям; живучесть ценоза почвенных живых организмов; постоянство качественных признаков почвы; сохранение своего пространственного положения; буферность; надёжность и устойчивость функционирования почвы в составе геосистемы; инерционность изменения; способность к восстановлению состава структуры и функционирования после возмущения исходного состава.

Понятие устойчивости в каждом конкретном случае отражает целостные (эмерджентные) свойства объекта, т. е. устойчивость системы не является простой суммой устойчивости отдельных её компонентов: для каждого иерархического уровня строения педосферы присущи особые механизмы, обеспечивающие устойчивость объектов к внешним воздействиям. Универсальная оценка устойчивости почвы без указания характера, интенсивности и длительности воздействия на почву невозможна [1].

Об устойчивости объекта предложено говорить только по отношению к относительно слабым воздействиям на него. По отношению к сильным воздействиям предложено использовать понятие сенсорность (чувствительность) отдельных компонентов и системы в целом, а также характер, направление, величину изменения и возможность возникновения устойчивого состояния в другом качестве [2].

Критерии оценки устойчивости почв включают: критические значения воздействий, вызывающие разрушение системы или перевод её в необратимо неустойчивое или другое устойчивое состояние; параметры системы (инвариант), остающиеся неизменными при различных возмущениях системы; параметры динамики основных характеристик; критерии устойчивости по Ляпунову, орбитальной, асимптотической и структурной устойчивости на основе математических моделей изучаемых систем; критерии, основанные на отборе наиболее чувствительных характеристик почвы к данному виду воздействия; критерии, основанные на относительном изменении какого-либо свойства или характеристики почвы. В контексте с изложенным, под устойчивостью понимается свойство почвы как компонента экосистемы сохранять собственные свойства, параметры режимов, соотношение фаз и структурную организацию, зависящее от других компонентов экосистемы (факторов почвообразования) [1].

Под устойчивостью почв различных природных зон к антропогенным воздействиям понимается проявление её протекторной функции, обусловленной как генетическими свойствами, так и материалами, веществами и приемами, используемыми человеком, для сохранения целостности, восстановления взаимосвязей и нормального функционирования в пространстве и во времени биокосной системы и входящих в неё структур различных иерархических уровней [3].

Устойчивость почв в соответствие с данной концепцией определяется рядом прямых и косвенных факторов [1]. Прямые факторы, определяющиеся достаточно стабильными параметрами (гранулометрический состав, минералогический состав, запасы и тип гумуса, средообразующая биота), характеризуются показателями, связанными с процессами почвообразования, свойствами почв и антропогенной деятельностью. Динамичность природных процессов (кислотность, щелочность, карбонатность, окислительно-восстановительные процессы, содержание подвижных форм элементов и т. д.) определяется прямыми функциональными факторами, к которым принадлежат также и кратковременные и длительные воздействия человека на почву, изменяющие устойчивость почв к внешним воздействиям путем внесения удобрений, материалов, обладающих высокой сорбционной способностью, повышающих буферные свойства, биологическую активность и плодородие почв. К косвенным факторам устойчивости почв в концепции отнесены климат, рельеф и время. Синтез представлений о факторах и параметрах устойчивости почв к антропогенным воздействиям дает возможность разработать количественные показатели уровней устойчивости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ проект № 23–27–10013.

Список литературы

1. Ларешин В. Г., Шуравилин А. В. Современные методы диагностики и оптимизации физических, физико-химических и химических свойств почв в различных системах земледелия разных климатических зон : учеб. пособие. М. : РУДН, 2008. 281 с.
2. Соколов И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск : Наука, 1993. 232 с.
3. Федоров А. С. Особенности формирования устойчивости почв к антропогенным воздействиям // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 2001. Вып. 3. С. 37–45.
4. Хитров Н. Б. Методика оценки влияния сочетания факторов почвообразования на развитие слитогенеза в почве // Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2003. С. 430–452.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

Ю. А. Гадалина, Н. А. Мартынова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
gadalinajull@gmail.com*

As part of the study, a comparative analysis of the potential ecological stability of soils in some areas of Baikal Siberia was carried out. Dark gray soils, chernozems, gray and gray metamorphic residual carbonate soils are characterized by the greatest ecological stability.

Устойчивость (ассимиляционный потенциал) природной среды является на сегодня самым важным ресурсом, запасы и потери которого, в целях устойчивого развития территорий, необходимо оценивать и сопоставлять с общими (интегральными) показателями интенсивности воздействия на природу антропогенной деятельности. С каждым годом все актуальнее становится проблема устойчивости почвенного покрова, как наиболее важного для жизни людей ресурса. Территория Байкальской Сибири не является исключением. Собственная (интегральная) устойчивость хозяйственных комплексов Иркутской области (в % от среднего по России) оценивается как средняя (58–67 %) [1], что предполагает обязательную организацию системы мониторинга устойчивости природных систем, и прежде всего – почвы, как связующего звена взаимодействия природных и антропогенно-преобразованных сред. Ухудшение экологической ситуации в регионе вызывает необходимость принятия мер по нейтрализации негативного воздействия на почвенный покров, что, в свою очередь, предполагает оценку потенциала экологической устойчивости почв.

В целом для почв как буферных открытых динамичных систем, связанных с окружающей средой потоками вещества и энергии под *устойчивостью*, понимается способность почвы возвращаться после возмущения в исходное состояние и сохранять производительную функцию в социально-экономической системе на основе механизмов саморегулирования, самоорганизации и буферности, динамичного функционирования через стабильность отдельных звеньев биогеохимических циклов. Устойчивость почв можно также определить и как способность противостоять внешним воздействиям (упругость, определяемая на основе анализа зависимостей «доза – эффект»), и как способность почвы восстанавливать свои свойства после нарушения (эластичность, измеряемая на основе градиента внешнего воздействия в годовой и сезонной динамике).

Измерение потенциальной экологической устойчивости почв проводилось нами на основе анализа таких почвенных параметров упругости как pH_{H_2O} , запасы гумуса, характер почвообразующих пород, гранулометриче-

ский состав, емкость катионного обмена, характер водного режима, положение в ландшафте, крутизна склона. Объектами исследования послужили типы почв Байкальской Сибири на примере котловин Тункинской долины, окрестностей пос. Листвянка, г. Иркутска и пос. Балаганска.

На основе анализа данных современных и классических методов исследования почв (морфологических, физико-химических, сравнительно-географических и др.) была проведена сравнительная балльно-рейтинговая оценка экологической устойчивости некоторых типов почв Байкальской Сибири (рис.). Полученные результаты могут быть использованы при почвенно-ландшафтном планировании рационального землепользования территорий. Для оценки потенциальной экологической устойчивости почв была использована следующая шкала категорий по значениям интегральных рейтинговых баллов: очень высоко-устойчивые (36–40 баллов); высоко устойчивые (31–35 балл); средне устойчивые (26–30 баллов); относительно устойчивые (21–25); мало устойчивые (16–20 баллов); не устойчивые (11–15); крайне не устойчивые (5–10 баллов); крайне не устойчивые деградируемые (1–5 баллов).

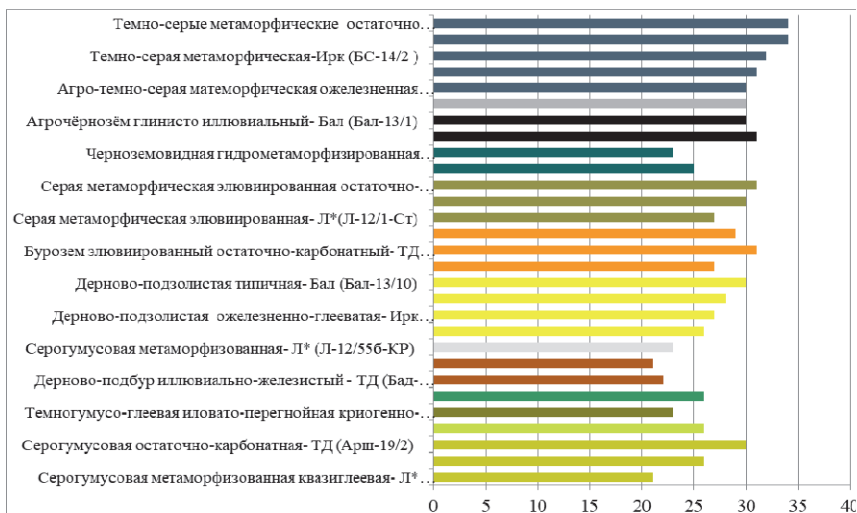


Рис. Рейтинговые баллы экологической устойчивости почв Байкальской Сибири на примере Тункинской долины, пос. Листвянка, г. Иркутск и пос. Балаганск

Наибольшей потенциальной экологической устойчивостью на исследованной территории характеризуются темно-серые, и серые метаморфические почвы, а также – черноземы. Несколько меньшей устойчивостью обладают буроземы и серые метаморфические остаточные-карбонатные почвы, в которых карбонатная и глинистая составляющие способствуют формированию и накоплению гумуса, что обеспечивает среднюю до высо-

кой степени устойчивость. Дерново-подзолистые почвы, формируясь в элювиальных позициях рельефа, характеризуются средней экологической устойчивостью. Черноземовидные почвы относительно устойчивы, вероятно, благодаря аккумуляции веществ из-за низинного положения по рельефу и снижения интенсивности промывного режима, а значит, и очищения от различных загрязняющих веществ. Относительной и средней экологической устойчивостью обладают серогумусовые и темногумусовые глееватые и остаточно-карбонатные почвы аккумулятивных ландшафтов, характеризующихся малым содержанием гумуса, невысокой поглощательной способностью, для которых характерен снос и аккумуляция различных загрязняющих веществ. Наименьшая экологическая устойчивость характерна для подбуров, что связано преимущественно с их легким гранулометрическим составом, кислой реакцией среды, малой гумусированностью.

Список литературы

1. Артюхов В. В., Мартынов А. С. Системная методология оценки устойчивости природно-антропогенных комплексов: теория, алгоритмы, количественные оценки. Practical Science, 2013. URL: www.sci.aha.ru

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ РАЗНОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОАН «СТОЯНКА МАЛЬТА-МОСТ 3»

И. А. Горбунова, С. Л. Куклина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
igorbunova337@gmail.com*

In the course of the study, the features of different-time deposits at the object of the archaeological heritage "Stoianka Malta-Most 3" were identified and studied. Three packs were morphologically identified in the exposed sediments. Traces of favorable conditions for soil formation were found in packs of Holocene and Kargian time, and unfavorable conditions for soil formation, but good for sedimentation, were found in a pack of Sartan time.

Объект археологического наследия (ОАН) «Стоянка Мальта-Мост 3» расположен в Усольском районе Иркутской области в 500 м от г. Усолья-Сибирского в северо-западном направлении на территории водораздельной поверхности между реками Белой и Мальтинкой.

Целью работы явилось выявление и изучение особенностей разновременных почв и отложений, вскрытых во время спасательных работ у северо-западной границы ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3» 2021 г.

В ходе исследования было выполнено следующее: морфологическое описание, определение pH и содержания общего гумуса в почвах и отложениях, стратиграфическое расчленение на основе литературных данных.

Всю вскрытую толщу отложений можно разделить морфологически на три пачки.

Первая пачка (1) представлена современной почвой, которая относится к постлитогенному стволу, отделу структурно-метаморфических, типу буроземов постагрогенных. Формула почвы: АУра-ВМ₁-ВМ₂-ВС-Сса.

Верхний постагрогенный горизонт АУра имеет нейтральный pH (7,0) и среднее содержание гумуса – 5,8 %. В срединном горизонте ВМ pH = 7,5–7,8, количество гумуса в ВМ₁ 3,9 %, а в ВМ₂ уже 1,1 %. Горизонт ВС имеет pH = 7,5 и 1,1 % гумуса.

В современной почве отмечены процессы гумусообразования, гумусонакопления, метоморфизации, ожелезнения. Данная пачка имеет голоценовый возраст 0–11,7 тыс. лет.

Вторая пачка (2) представлена светлоокрашенными лёссовидными суглинками и сильно окарбоната (бурная реакция с 10 % HCL). Пачка формировалась в сартанское время 28–11,7 тыс. лет, что соответствует последнему ледниковому периоду. Морфологически внутри нее можно выделить две подпачки.

Верхняя часть пачки 2 (2а) представлена позднесартанскими отложениями (11,7–14 тыс. лет). Она самая светлая среди всех вскрытых отложений, имеет очень щелочной pH = 8,5 и очень низкую гумусированность 1,3–1,1 %.

Нижние отложения второй пачки (2б) темнее верхней, так как содержат меньшее количество карбонатов (определено по вскипанию с 10 % HCL), pH составляет 7,5–8,0. Содержание гумуса очень низкое – 0,6–0,8 %. Морфологически в пачке выделяются маломощные гумусированные горизонты палеопочв, они темнее и содержание гумуса в них больше, чем во всей подпачке (2б) 0,7–0,8 %, а значение pH ниже 7,0. Возраст этой подпачки составляет 14–28 тыс. лет, более детальное расчленение этих отложений пока не представляется возможным.

Третья, самая нижняя, пачка (3) представлена каргинскими почвами их возраст 28–30 тыс. л. Почва характеризуется низким содержанием гумуса – 0,7 %, судя по цвету горизонта, гумусированность горизонта была значительно выше в каргинское время. Почва нарушена солифлюкционными процессами. Солифлюксий образовался в результате вязкого течения оттаявших отложений по мерзлому подстилающему слою вниз по склону. Проявление солифлюкции приурочено к отложениям раннесартанского времени (к началу ледникового периода).

Таким образом, во вскрытых отложениях морфологически выделены три пачки, имеющие различный возраст и особенности почвообразования и осадконакопления. Следы благоприятных условий для почвообразования обнаружены в пачках 1 и 3, а неблагоприятные условия для почвообразования, но хорошие для осадконакопления выявлены в пачке 2.

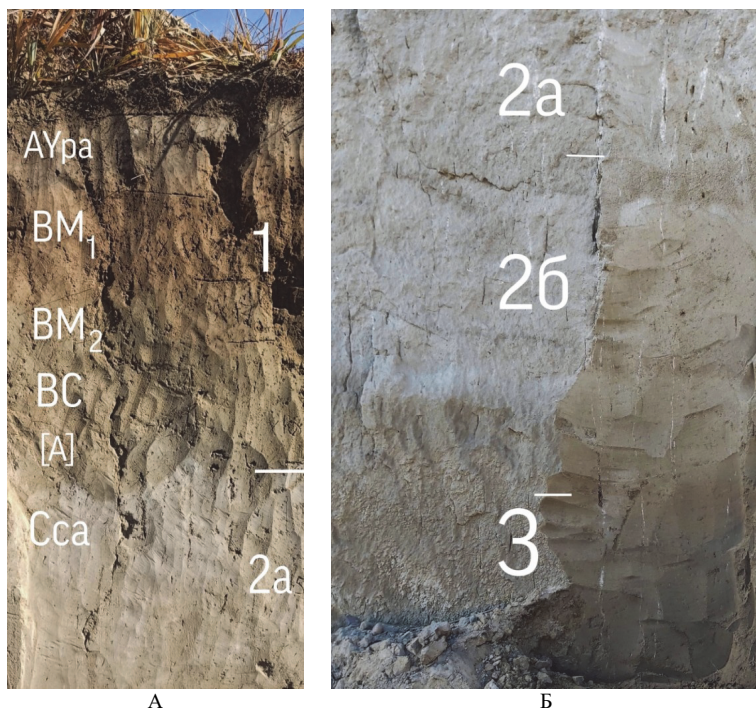


Рис. Строение почв и отложений на разных стенках ОАН «Стоянка Мальта-Мост 3»,
 А – голоценовая (1) и познесартанская (2а) пачки; Б – познесартанская (2а),
 сартанская (2б) и каргинская (3) пачки

Список литературы

1. Воробьева Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2010. 205 с.
2. Воробьева Г. А. Почвы Иркутской области вопросы классификации, номенклатура и корреляция : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2009. 149 с
3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.

МИНЕРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ПЕСЧАНОЙ ФРАКЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В ДОЛИНЕ РЕКИ КУДЫ

К. К. Гордиенко, С. Л. Куклина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kiragordienko41@gmail.com*

In the course of the research, a literary review of the mineral composition of the sandy part of the Cambrian rocks was made. The study revealed the alluvial and eluvial genesis of floodplain deposits.

Аллювиальные почвы являются интересным предметом для изучения и привлекают к себе повышенное внимание. Минералогический состав аллювиальных почв может рассказать нам о разнообразии пород, в которые врезана долина реки, так как реки могут переносить частицы на дальние расстояния.

Территория исследования принадлежит долине верхнего течения р. Куды (левый приток Ангары) и находится в окрестностях дер. Байтог Эхирит-Булагатского района Иркутской области. На данной территории река врезана в нижнекембрийские красноцветные породы, представленные аргиллитами и алевролитами.

Целью исследования является изучение литературных данных о минералогическом составе песчаной фракции этих пород для дальнейшего его изучения в разрезах на пойме и террасе р. Куды.

Литературные данные показали, что в нижнекембрийских отложениях (возраст пород 520–540 млн лет) песчаная фракция состоит из кварца (20–50 %), существенно серицитизированного плагиоклаза, редко альбитизированного калиевого полевого шпата (10–50 %), гидратизированного биотита (первые проценты) и обломков пород (10–70 %). Обломки пород преобладают в грубозернистых и гравийных разностях и представлены кварцитами, гранитами, глинистыми сланцами эдафогенного происхождения, вулканогенными породами андезитобазальтового и кислого составов, кремнеобломочными породами. В целом установлено полное отсутствие хлоридов в породах, а также весьма низкое содержание сульфатов [1].

Помимо обработки литературных данных нами были заложены 3 разреза на пойме и террасе р. Куды, в почвах которых определен гранулометрический состав по методу Н. А. Качинского (метод пипетки) и несколько образцов фракции среднего и крупного песка рассмотрены под биноклем.

По данным гранулометрического состава в почвах он колеблется от легкого до тяжелого суглинка. В трех рассматриваемых почвах содержание фракции крупного и среднего песка (0,12 – 8,82 %) меньше, чем мел-

кого песка от 5,92 до 67,35 %. Кроме почвы разреза 3 общая доля песка составляет значительную долю в гранулометрическом составе – до 70 %.

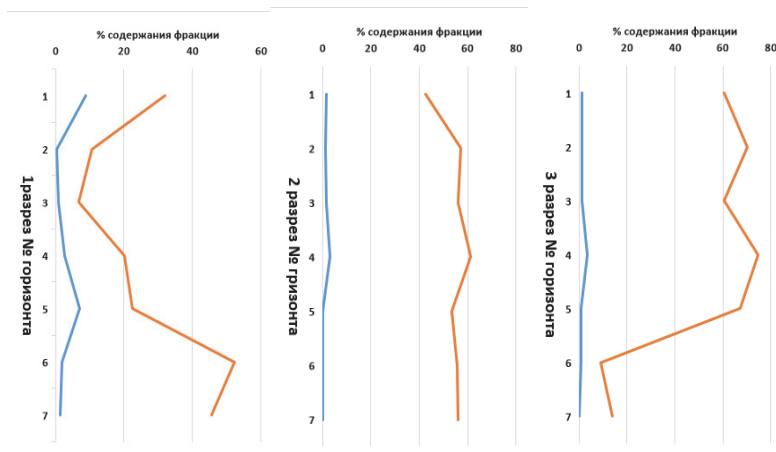
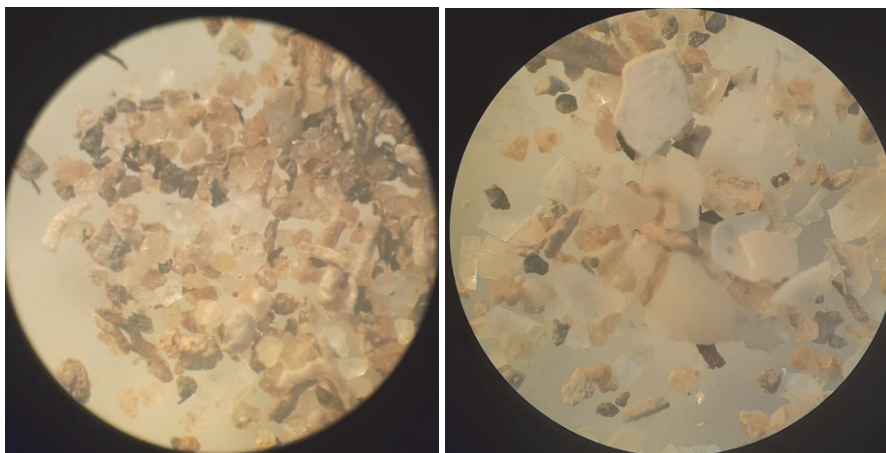


Рис. 1. Содержание песка (%) в разрезах долины р. Куды: на низкой пойме (1), на первой надпойменной террасе (2), на высокой пойме ее притеррасной части (3). Синяя линия – фракция крупного и среднего песка (1–0,25 мм), оранжевая линия – фракция мелкого песка (0,25–0,05 мм).

Для примера были рассмотрены под биноклем фракции песка размером 0,25–1,00 мм в двух горизонтах одной почвы. В образце верхнего горизонта АУ (0–10/12 см) аллювиальной темно-гумусовой почвы (рис. 2, А) мы видим хорошо окатанные мелкие зерна минералов с преобладанием кварца и полевых шпатов с наличием тонких железистых пленок, на их поверхностях также присутствуют темноокрашенные минералы – возможно, амфиболы. Генезис этого песка, вероятнее всего, аллювиальный, так как разрез заложен на высокой пойме р. Куды.

В нижнем горизонте С (68–75 см) этой же почвы минералы не окатанные с острыми краями, что свидетельствует о том, что они не транспортировались и вероятно имеют элювиальный генезис, при этом отмыты лучше, чем в вышележащем горизонте. В минеральном составе также преобладает кварц, полевые шпаты, реже встречаются амфиболы и другие темноокрашенные минералы.

Таким образом, выявлено, что изученные почвы имеют различный гранулометрический состав – от легкого до тяжелого суглинки, при этом песчаная фракция в них может занимать от 5 до 70 %. В минералогическом составе двух рассмотренных горизонтов преобладают кварц, полевые шпаты и, в меньшей степени, амфиболы и другие темноокрашенные минералы.



А

Б

Рис. 2. Фото фракций песка размером 0,25–1 мм при 24-кратном увеличении из почвы разреза 3: А – горизонт АУ (0–10/12 см), Б – горизонт С (68–75 см)

Список литературы

1. Хераскова Т. Н. Венд-кембрийские формации каледонид Азии. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-3861986kheraskovavcmbasia.pdf> (дата обращения: 27.03.2023).

УДК 631.41

ЛЕГКОРАСТВОРИМЫЕ СОЛИ В ПОЧВАХ КУДИНСКОЙ ДЕПРЕССИИ (В ОКРЕСТНОСТИ ДЕР. БАЙТОГ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

И. А. Глушенко

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
aleksmerser999@yandex.ru*

This work is devoted to the study and determination of easily soluble salts in the soils of the Kudan depression. The analysis of water extract, pH, particle size distribution was carried out. The results of the analyzes showed the presence of easily soluble salts in the profile, their accumulation in the middle and lower parts. This could be facilitated by a heavier granulometric composition of this part of the profile, i. e., salts were retained there. Sulfide salts predominate, in particular $MgSO_4$, which may indicate sulfide salinity.

Цель работы: выявить содержание легкорастворимых солей в почвах Кудинской депрессии.

Объектом исследования послужили почвы в окрестности дер. Байтог на первой надпойменной террасе р. Куды. Для выявления физико-химических свойств и содержания легкорастворимых солей были проведены следующие виды анализов: рН и водная вытяжка при соотношении почвы к воде 1:5. В результате исследования было выявлено, что почвы обладают от слабощелочной (7,9) до щелочной (9,1) реакцией среды.

В почвенном профиле выявлены легкорастворимые соли, в наибольшем количестве здесь представлены соли SO_4 , Mg и $\text{Na}+\text{K}$. Максимальное накопление солей в средней и нижней частях профиля. Это обусловлено тем, что средняя и нижняя часть профиля имеет тяжелый гранулометрический состав.

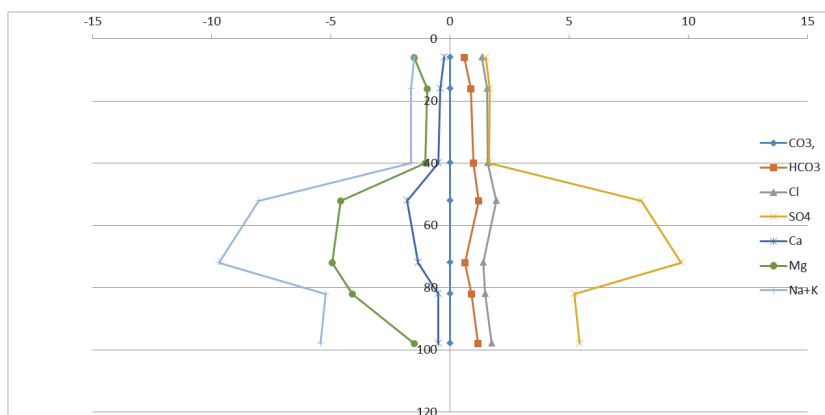


Рис. 2. График распределения легкорастворимых солей

Засолению могло способствовать близкое залегание грунтовых вод. Летом соли подтягиваются к поверхности благодаря испарительной концентрации или десукции. В летне- и раннеосенний период происходит вымывание солей атмосферными осадками в нижние горизонты почвенного профиля до неоттаявшей сезонной мерзлоты. Также влияние на засоление может оказывать выпас скота, идет уплотнение дерна и в следствии чего уменьшается межагрегатная пористость почвы, но увеличивается капиллярная, что в условиях данного района может способствовать засолению верхних горизонтов.

Сумма солей, рассчитанная по уравнению Муратовой и Маргулиса, соответствует сумме солей, представленной в знаменателе. Как видно по таблицам 1 и 2 в профиле преобладают токсичные соли, на глубине 16–40 заметно повышение нетоксичных солей и там же идет резкое повышение рН и после него идет резкое повышение суммы токсичных солей. По классификации В. С. Муратовой и В. Ю. Маргулису почвы относятся от

слабозасоленных к сильнозасоленным. В соответствии с классификацией почв по степени засоления (в зависимости от химизма засоления) по Базилевич, Панковой в верхних слабозасоленных горизонтах тип засоления – хлоридно-сульфатный, в срединных горизонтах, где степень засоления средняя, химизм засоления сульфатный.

Таблица 1

Токсичные соли в почве			
Глубина, см	Сумма токсичных солей по В.С. Муратовой и В.Ю. Маргулис (1971)	Токсичные соли (расчетн.), % / мг-экв.	Не токсичные соли, %
0-6	0,08	<u>83,33</u> 0,08	16,67
6-16	0,08	<u>75,75</u> 0,08	24,25
16-40	0,08	<u>53,27</u> 0,04	46,73
40-52	0,42	<u>77,41</u> 0,41	22,59
52-72	0,56	<u>86,08</u> 0,56	13,92
72-82	0,32	<u>89,36</u> 0,28	10,64
82-98	0,33	<u>90,80</u> 0,33	9,20

Таблица 2

Соединения солей в почве							
Глубина, см	CaHCO ₃	MgHCO ₃	MgSO ₄	MgCl ₂	CaSO ₄	N ₂ SO ₄	NaCl
0-6	0,25	0,35	0,17	0,73	-	-	-
6-16	0,40	0,46	0,09	-	-	-	0,70
16-40	0,50	0,48	0,07	0,02	-	-	-
40-52	1,20	-	2,80	-	0,60	2,63	0,74
52-72	0,62	-	3,60	-	0,73	3,97	0,78
72-82	0,50	0,40	3,20	-	-	0,57	0,03
82-98	0,50	0,66	0,34	-	-	3,36	0,58

Верхние горизонты слабо засолены и резкое повышение идет с 40 см, преобладают сульфидные соли, в частности $MgSO_4$, что может свидетельствовать о сульфидном засолении.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

УДК 631.4

ЖИЗНЬ И НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ДОКТОРА БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК ВИТАЛИЯ АНДРИАНОВИЧА КУЗЬМИНА

Д. Р. Гузеев¹, И. А. Белозерцева^{1,2}

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

²*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия
guzeev0224@mail.ru*

The contribution of V. A. Kuzmin to soil-geographical science and soil mapping is significant. He put forward a number of theoretical provisions, in particular about the multiplicity of types of interaction between soils and the environment. He established the paragenetic series of soils, the peculiarities of their development on different rocks.

Кузьмин Виталий Андриянович (рис. 1) родился 1 февраля 1930 г. в пос. Жигалово (Иркутская область). В возрасте 7 лет (1937) он поступил в Тутурскую семилетнюю школу, а в 1947 г. окончил Жигаловскую среднюю школу и поступил на геолого-почвенно-географический факультет Иркутского государственного университета.

В. А. Кузьмин был военнообязанный старший лейтенант в запасе (рис. 1) (род войск – ракетные войска, наземная артиллерия). У него есть сын – Кузьмин Сергей Витальевич (канд. биол. наук) и три внука, проживающих в городе Иркутск.



Рис. 1. В. А. Кузьмин офицер запаса (а) и в научных экспедициях (б, в)

Основанная известным сибирским почвоведом И. В. Николаевым в 1931 г. кафедра почвоведения провела большую работу по подготовке специалистов почвоведов для Восточной Сибири, Дальнего Востока и западных регионов страны. В 1952 г. Виталий Андрианович окончил ИГУ по специальности «почвоведение» (рис. 2), и через год поступил в аспирантуру и окончил её в 1956 г. Под руководством И. В. Николаева после чего был направлен на работу в лабораторию почвоведения Восточно-Сибирского филиала АН СССР (г. Иркутск) младшим научным сотрудником. В 1961 г. переведен в Институт географии Сибири и Дальнего Востока Сибирского отделения АН СССР (г. Иркутск).



Рис. 2. Выпуск 1952 г. ИГУ (В. А. Кузьмин справа сверху)

В 1961 г. В. А. Кузьмин защитил первую диссертацию и получил степень кандидата биологических наук, через год избран на должность старшего научного сотрудника Института географии. В 1986 г. Кузьмин В. А. защитил вторую диссертацию в Новосибирске и получил должность главного научного сотрудника лаборатории географии почв и геохимии ландшафтов Института географии.

В. А. Кузьмин изучал формирование сложного гумусового профиля почв палеокриогенных бугристо-западных ландшафтов Приангарья с помощью аэрокосмических снимков.

Он изучил почвенно-геохимические особенности трех котловин байкальского типа в 1976 г. (рис. 3). В. А. Кузьмин более 30 лет возглавлял Иркутское отделение Докучаевского общества почвоведов. При его участии составлена «Почвенная карта РСФСР» (1988). В 1988 г. издательство «Наука» опубликовала монографию В. А. Кузьмина о почвах Предбайкалья и Северного Забайкалья. Коллективом ученых создана «Почвенная карта Иркутской области» масштаба 1:1 500 000 (Колесниченко В. Т., Уфимцева К. А., Кузьмин В. А. и др., 1988 г.).



Рис. 3. В. А. Кузьмин в 2000-х гг., его монографии «Почвы котловин байкальского типа», «Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья»

Свое мнение о приоритетной роли почв в ландшафте он определил в публикациях о влиянии почв на формирование химического стока в оз. Байкал (2001), об экофункциях почв в Байкальской Сибири (2005) и др.

Результаты его научной деятельности отражены в четырёх монографиях, более 300 публикаций, в том числе более 150 статьях и целом ряде карт. Около 20 статей опубликовано в журнале «Почвоведение». Под его руководством защищены кандидатские диссертации А. А. Козловой и И. А. Белозерцевой. Вклад В. А. Кузьмина в почвенно-географическую науку и почвенное картографирование значителен. Им выдвинут ряд теоретических положений, в частности о множественности типов взаимодействия почв со средой. Им установлены парагенетические ряды почв, особенности их развития на разных породах.

АГРО- И ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ

А. В. Золтуева

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Ashushechka03@gmail.com*

The relevance of the work is due to the fact that the agro- and postagrogenic transformation of soils is the longest and largest type of soil cover evolution under the influence of the anthropogenic factor, as a result of which the overall level of soil fertility changes.

Сельскохозяйственное использование земель связано со все возрастающим влиянием человека на почву, развитие процессов почвообразования и эволюцию почвенного плодородия. Под влиянием относительно однообразных внешних агрогенных факторов разные типы почв при агрогенной эволюции развиваются в сторону потери индивидуальности, что ведет к образованию универсальных для агросферы почв – агроземов, обладающих специфической системой диагностических горизонтов, не имеющие аналогов среди природных почв. В результате агрогенных процессов, за первые десятки лет естественные гумусовые или грубые органические горизонты, а также вовлеченные частично в распашку подстилающие их минеральные горизонты преобразуются в новый агрогеннопреобразованный горизонт (агрогоризонт). Данный горизонт формируется во всех агрогенных почвах независимо от различий в природных условиях и характеризуется относительной однородностью, слабой оструктуренностью и четкой нижней границей. Свойства агрогенных почв определяются комбинацией природных факторов и антропогенных воздействий, которые, по сути, природоподобны и вызывают увеличение скорости и масштабов изменений [2].

Сущность самого процесса агропедогенеза ещё далеко не раскрыта. Одни исследователи считают, что в пахотных почвах протекает единственный зональный процесс почвообразования, принципиально не отличающийся от почвообразовательного процесса под естественной растительностью. Другие, наоборот, указывают на глубокие, коренные изменения, происходящие в природном процессе почвообразования при сельскохозяйственном использовании почв. Однако, бесспорно то, что под влиянием агропедогенеза идет формирование качественно нового природного тела – высокопродуктивной или иной культурной почвы, соответствующей биологическим особенностям возделываемых растений, агроценоза в целом [1].

Большой ценностью Классификации-2004 является то, что в ней агропочвы выделены в отдельный ствол агрогеннопреобразованных почв, так как распашка и гомогенизация поверхностных горизонтов приводит к новой отличной от естественных почв организации почвенной массы. Даже

непродолжительное воздействие человека на почву приводит к изменению ее некоторых морфологических признаков [2].

Спецификой процессов антропогенной трансформации на современном этапе эволюции почв является их высокая активность и короткие характерные времена реализации. Следует учитывать, что вновь приобретенные почвенные признаки отличаются либо неустойчивостью, либо, напротив, практической необратимостью морфогенетических свойств. При этом старопашотные почвы характеризуются достижением нового равновесного стабильного состояния, с необходимым набором оптимальных свойств для культурных растений, которое постоянно поддерживается и контролируется человеком [3].

Благоприятные агрогенно-созданные почвенные свойства имеют разную устойчивость во времени и различную вариабельность проявления. К наиболее устойчивым и имеющим ярко выраженное проявление относятся: гомогенность почвенной массы и морфологическое строение почвенного профиля. При этом почвы агроландшафтов нуждаются в постоянной поддержке оптимальных параметров, что требует разработки и реализации определенной системы мер. Так, например, биоклиматический потенциал основных земледельческих районов России в 2,4–3,2 раза ниже, чем в странах Западной Европы и США. Особенно это относится к Сибирским регионам, относящихся из-за неустойчивости их климатических параметров к зоне рискованного земледелия [5].

Следует иметь в виду, что гомогенизация верхних горизонтов почв, связанная с их распашкой, ведет к упрощению строения почвы, заметному снижению разнообразия, населяющих почву организмов, существенному изменению экологических групп [4]. В целом агрогенная трансформация почв представляет собой самый длительный и масштабный вид эволюции почвенного покрова под воздействием антропогенного фактора, в результате чего меняется общий уровень плодородия почв [2].

При прекращении агрогенного воздействия на почвы происходит процесс постагрогенной ее трансформации, который направлен на восстановление естественного состояния почв. Основным индикатором восстановления профиля агропочв является процесс разуплотнения и переослаивания почвенной массы бывшего пахотного горизонта, приближение их морфологических и физико-химических характеристик к естественным почвам. При этом переход почв в залежный режим часто может сопровождаться снижением степени насыщенности основаниями, увеличением гидролитической и обменной кислотности, заметным подкислением пахотного горизонта почв, что является отрицательным явлением. В целом основными причинами естественной эволюции пашни, перешедшей в залежь, являются: прекращение антропогенного воздействия и сукцессионная смена растительности [1].

Физические, химические и биологические процессы, происходящие в почвах, выведенных из сельскохозяйственного оборота, можно определить общим термином «самовосстановление почв», под которым подразумевается совокупность естественных природных процессов, проявляющихся в «стремлении» почвенной системы вернуться в исходное ненарушенное состояние [3].

Заращение пашни и превращение ее в залежь вновь влечет нарушение стабильности почвенных процессов и свойств. Изменение свойств почв и, прежде всего, их гумусного состояния в залежный период протекает неоднородно и зависит от климатических условий, типа почвы, периода пребывания почвы в режиме залежи, изначального ее гумусного состояния. Это необходимо учитывать при введении в сельхозоборот заброшенных и залежных земель [2].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ проект № 23-27-10013.

Список литературы

1. Почвообразовательные процессы в залежных почвах Нечерноземья / А. Н. Каштанов, В. А. Рожков, Б. Ф. Апарин, Е. Б. Скворцова, А. Г. Бондарев, Г. С. Базыкина, И. И. Карманов // Почвообразовательные процессы / под ред. М. С. Симаковой, В. Д. Тонконогова. М. : Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 2006. С. 413–427.
2. Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В. Агропочвоведение. М. : КолосС, 2003. 528 с.
3. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М. И. Герасимова, М. Н. Строганова, Н. В. Можарова, Т. В. Прокофьева ; под ред. Г. В. Добровольского. Смоленск : Ойкумена, 2003. 268 с.
4. Роль почвы в формировании и сохранении биологического разнообразия / отв. ред. Г. В. Добровольский, И. Ю. Чернов. М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2011. 273 с.
5. Романенко Г. А. Сельскохозяйственная наука России в XXI веке // Вестник Российской академии с/х наук. 1999. № 2. С. 2–8.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИНКА В КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ ПО ПРОФИЛЮ В ЗОНЕ НАБЛЮДЕНИЯ РОАЭС

Д. В. Иванков

*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия
ivankov347@gmail.com*

The paper presents the results of determining the mobile forms of Zn in chestnut soil on one of the control plots of the sanitary protection zone of observation of the Rostov nuclear power plant by the method of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma.

Промышленная деятельность человека может привести к процессам накопления тяжелых металлов разных форм в окружающей среде. Их накопление в биосфере создает угрозу здоровью человека по цепи почва – растение (животное) – человек. Почва, выступая природным барьером и адсорбентом тяжелых металлов, аккумулирует их в себе, что приводит к угнетению, а также изменению скорости и направленности многих биохимических реакций.

Доля водорастворимой формы тяжелых металлов в валовой обычно невелика, однако при сильном загрязнении абсолютное количество водорастворимых тяжелых металлов становится самостоятельным экологически опасным фактором [2].

Двухвалентный катион является преобладающей и наиболее подвижной формой цинка, однако в почвах могут встречаться и другие ионные формы, например: $[\text{ZnCl}^3]^-$, $[\text{ZnCl}^4]^{2-}$. В дерново-подзолистых почвах диапазон содержания подвижных форм цинка выше (0,12–20 мг/кг), чем в почвах с близкой к нейтральной и щелочной реакции среды. В черноземах, сероземах, каштановых и бурых почвах содержание подвижных форм цинка обычно не превышает 0,25 мг/кг [1].

Для изучения распределения в каштановой мощной тяжелосуглинистой на лессовидных суглинках почве подвижных форм Zn на одном из контрольных участков санитарно-защитной зоны наблюдения Ростовской атомной электростанции было заложено 5 разрезов с выделением в них почвенных горизонтов с последующим отбором образцов. После доведения проб до воздушно-сухого состояния, измельчения и просеивание через сито с диаметром отверстия 1 мм выполнили анализ методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой согласно ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011 [3].

На рисунке представлена диаграмма (с усредненными значениями по пяти разрезам) распределения концентрации подвижных форм Zn по профилю в изучаемой почве.

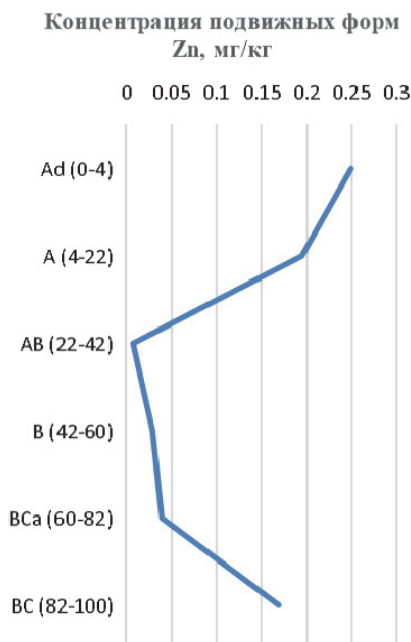


Рис. Диаграмма распределения подвижных форм Zn по почвенному профилю

Как видно из рисунка, наибольшее содержания подвижных форм цинка зафиксировано в верхнем горизонте Ad (0–4). Это связано с тем, что органическое вещество способно связывать цинк в устойчивые формы. Это приводит к накоплению данного металла в органическом горизонте почв. А лабораторными исследованиями получено, что в горизонте Ad (0–4) содержание гумуса составило 3,27 % (является самым большим показателем по данному почвенному профилю).

Ниже по профилю наблюдается достоверное снижение концентрации подвижных форм Zn и в горизонте AB (22–42) достигает своих минимальных значений. Так как считается, что цинк более растворим в почвах, чем другие тяжелые металлы – этим можно и объяснить данную концентрацию.

В нижележащих горизонтах наблюдается незначительное накопление изучаемого элемента, объясняемое близостью почвообразующих пород и образованием иллювиального горизонта.

Можно сделать вывод, что близость расположения предприятия ядерного топливного цикла в виде Ростовской атомной электростанции не повлияло на содержание концентрации подвижных форм Zn в санитарно-защитной зоне радиационно-опасного объекта.

Список литературы

1. Жукова А. Д. Оценка экологического состояния почв на территории импактного влияния производства фосфорсодержащих минеральных удобрений: на примере «ОАО» Воскресенские минеральные удобрения. М., 2017.
2. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск : Наука. Сиб. Отд-ние, 1991, 151 с.
3. ПНД Ф 16.2.2:2.3.71-2011. Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод, донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор Минкина Т. М.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РЯДА РЕГИОНОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ, ХАКАСИЯ, ТУВА)

Т. С. Иванова

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

Conducted on the basis of the soil-ecological index, a qualitative assessment of the soils of agricultural lands of the Republic of Khakassia and Tuva, the Irkutsk region reflects the natural potential of agricultural land in points (from 1 to 100).

Качественная оценка почв предполагает проведение почвенно-экологической оценки на основе расчетов почвенно-экологических индексов (ПЭИ), в которой нашло количественное отражение природного потенциала сельскохозяйственных земель в баллах (от 1 до 100), при этом максимальный 100-балльный индекс принадлежит черноземам типичным Краснодарского края. Почвенно-экологический индекс отражает в относительных величинах комплекс агроэкологических условий, а с использованием дополнительных коэффициентов возможно определение его изменения в зависимости от типа, свойств почв и климата. Расчет почвенно-экологических индексов для земель сельскохозяйственного назначения проводили по формулам, приведенным ниже.

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

ПЭИпПЭИаПЭИк

где ПЭИ – итоговый почвенно-экологический индекс.

ПЭИп = $12,5 \cdot (2 - V) \cdot \text{П} \cdot \text{Дс}$ – почвенный индекс;

ПЭИа = А – агрохимический индекс рассчитывается как произведение коэффициентов $\text{K}_{\text{P}_{205}}$, $\text{K}_{\text{K}_{20}}$ и $\text{K}_{\text{pH}\text{KCl}}$;

$$\text{ПЭИк} = \frac{(\sum t^{\circ} > 10^{\circ} \text{C}) \cdot (K_y - P)}{K_k + 100} - \text{климатический индекс.}$$

Результирующий ПЭИ – произведение почвенного, климатического и агрохимического показателей.

Почвенный индекс (ПЭИп). Наибольшую площадь пашни (более 2/3) в Иркутской области составляют серые лесные и дерново-карбонатные почвы с невысокими значениями индекса ПЭИп (4,1–4,6 балл). Почвенный индекс темно-серой лесной почвы оказался на 1,5 балла выше серой лесной на пашне и на 1 балл серой лесной на косимой залежи. Минимальную величину ПЭИп показали освоенные дерново-подзолистые, дерновые лесные почвы подтайги и каштановые почвы (залежь 1-го года) сухой степи. Максимальные баллы ПЭИп принадлежат чернозему выщелоченному и чернозему обыкновенному, обладающими наиболее высоким уровнем плодородия. Наибольшие значения ПЭИп почв Хакасии традиционно наблюдаются в черноземе выщелоченном, лугово-черноземной почве и черноземе обыкновенном, но они, заметно (на 2–3 балла) ниже, чем в аналогичных почвах Иркутской области. Напротив, балл бонитета каштановой почвы Хакасии почти на 0,5 баллов выше каштановой почвы (залежь 1-го года) Иркутской области (Приольхонье), что связано с постоянным орошением сельхозугодия.

Почвы Республики Тувы характеризуются самым низким уровнем плодородия и показателями ПЭИп по сравнению с агропочвами Иркутской области и Хакасии, так как баллы черноземов обыкновенного и южного составляют около 3,8–4,1, тогда как в Иркутской области и Хакасии ПЭИп в этих почвах составляют 6,0 баллов и более.

Агрохимический индекс (ПЭИа). Ряд почв Иркутской области, таких как: серая лесная, темно-серая лесная, чернозем обыкновенный на залежи и чернозем обыкновенный на пашне имеют наименьшую величину ПЭИа, составляющая менее 1,0 баллов. Остальные 8 почв показали значения ПЭИа больше 1,0 баллов, а чернозем выщелоченный – максимальный балл, приближающийся к значениям 1,2, что указывает на его наиболее высокий уровень актуального плодородия. Среди почв Хакасии наибольшие значения ПЭИа также наблюдаются в черноземе выщелоченном (1,1 балл), но они, как и в других черноземах региона заметно ниже, чем в аналогичных почвах Иркутской области. Низкий бонитета каштановой почвы Хакасии, по сравнению с каштановой почвой Приольхонья, связан, по-видимому, с постоянным орошением почвы сельхозугодия. Почвы Республики Тува характеризуются самым низким уровнем плодородия. В черноземе южном ПЭИа едва превышает 1,0 балла. В остальных почвах он ниже 1,0 балла, что объясняется сухостью и аридностью климата, влияющих на содержание подвижных форм фосфора и калия, а также щелочной реакцией солевого рН почвенной суспензии.

Климатический индекс (ПЭИк). Максимальный ПЭИк в Иркутской области наблюдается в дерновой лесной, серой лесной и темно-серой лесной почвах (более 5,0 баллов), обладающими оптимальными тепло- и влагообеспеченностью. Минимальные баллы ПЭИк принадлежат каштановым почвам (2,5 балла). В остальных почвах его величина колебалась от 4,0 до 4,5 балла. Наибольшее значение ПЭИк в Хакасии наблюдается в черноземе, выщелоченном, приближающиеся к 5,0 баллам. В остальных почвах величины колеблются около 4,0 баллов, что ниже, чем в аналогичных почвах Иркутской области. Но балл бонитета каштановой почвы Хакасии оказался на 1 балл выше, по сравнению с Иркутской областью. Агропочвы Республики Тува характеризуются самыми низкими показателями ПЭИк по сравнению с Иркутской областью и Хакасией. В наиболее плодородных черноземах обыкновенных ПЭИк составляет 4,0 балла, в черноземе южном до 3,5 баллов, в каштановых почвах резко падают до 2,1 баллов. В аллювиальных почвах значения ПЭИк повысились до 2,2 баллов. Это связано с жесткостью биоклиматических условий – с их криоаридностью.

Итоговый индекс (ПЭИ). Наиболее распространенные в Иркутской области серые лесные и дерново-карбонатные почвы, занимающие больше половины пахотных угодий, показали невысокие значения итогового почвенно-экологического индекса (около 20,0 баллов). Минимальные значения ПЭИ показали дерново-подзолистые и каштановые почвы, лимитирующим показателем при его расчете стал климатический ПЭИк. В темно-серой лесной почве резкое увеличение ПЭИ (на 5–8 баллов) по сравнению с серой лесной почвой, а максимальные баллы принадлежат чернозему, выщелоченному (почти 40,0 баллов), обладающему наиболее высоким уровнем плодородия, но они в 3 раза меньше, чем в черноземе типичном Краснодарского края, приближающимся к 100 баллам. Сельскохозяйственные угодья в большинстве своем представлены пашнями и очень небольшой процент занимают сенокосы и пастбища. В Хакасии наибольшие значения ПЭИ традиционно наблюдаются в черноземе, выщелоченном (30 баллов). При этом они, как и в других черноземах региона заметно ниже, по сравнению с аналогичными почвами Иркутской области. Напротив, балл бонитета каштановой почвы Хакасии на 4 балла выше каштановой почвы (залежь 1-го года) Иркутской области (Приольхонье). Агропочвы Республики Тува характеризуются самыми низким уровнем плодородия и показателями ПЭИ по сравнению с таковыми Иркутской области и Хакасии. Наибольшие значения ПЭИ характерны для чернозема обыкновенного и чернозема южного (13,2–16,4 баллов). Самые низкие величины ПЭИ оказались в каштановой почве, где они составили всего 4,7 балла. С этим связано использование агропочв Тувы в основном в качестве кормовых угодий. Общими для агропочв исследуемых регионов оказалось то, что лимитирующими факторами, ограничивающими плодородные свойства почв, выступают их низкая тепло- и особенно влагообеспеченность. Продуктивность почв можно заметно повысить, только применяя тепловые и оросительные мелиорации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ проект № 23-27-10013.

Список литературы

1. Оценка плодородия почв и почвенных комбинаций пахотных земель Красноярской лесостепи / В. В. Чупрова [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2015. № 2. С. 47–55.
2. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв / Л. Л. Шишов [и др.]. М. : Агропромиздат, 1991. 304 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

УДК 631.4

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ НОВОНУКУТСКОГО РАЙОНА

М. А. Иванова

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

It was revealed that easily soluble salts are present in soils. They are represented by sodium sulfates. Toxic salts are represented by magnesium sulfates and sodium chlorides. The processes of salinization and desalinization occur in the soil.

Новонукутский район расположен в юго-западной части Иркутской области. Он относится к лесостепной зоне с преобладанием дерново-подзолистых, дерново-карбонатных и черноземных почв. Территория района сложена кембрийскими соленосными породами. Гипсоносные отложения, представлены осадками аллювиального и частично делювиального происхождения. Их пласты залегают среди мергелистых аргиллитов верхнего кембрия мощностью от 0,1–3 м. Делювиальные отложения представлены суглинками с линзами супесей. Засолению почв в долинах рек способствуют выщелачиваемые из этих отложений соли. Накопление солей происходит в процессе выветривания, когда они сносимые со склонов, накапливаются в понижениях рельефа.

Пониженные участки рельефа и поймы мелких рек заняты луговыми и пойменными почвами. Поскольку территория относится к слабоувлажненной зоне, то количество выпадающих здесь осадков недостаточно для растворения и выноса легкорастворимых солей. Вследствие этого легкорастворимые соли накапливаются на месте своего образования. В большей части засолению способствует близко залегающие здесь слои гипса и минерализованные подземные воды.

В качестве объекта исследования были выбраны дисперсно-карбонатные заглипсованные и сероземы почвы. Для выявления содержания солей был проведен анализ водной вытяжки. Он показал, что почвы содержат в незначительных количествах легкорастворимые соли (рис., а, б).

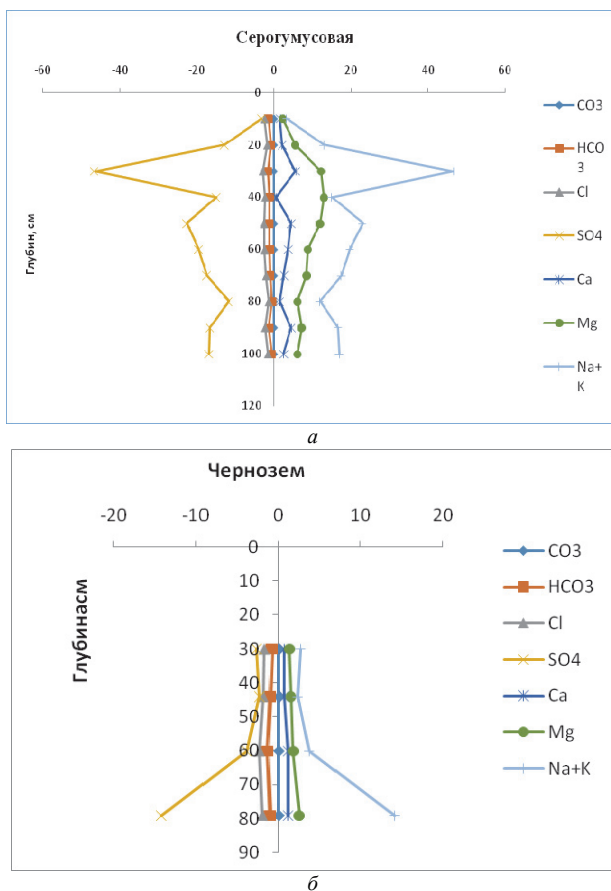


Рис. Графики водной вытяжки:
а – серогумусовая, б – чернозем дисперсно-карбонатный

Содержание легкорастворимые солей в сухом остатке серогумусовой почвы изменяется от 0,4 до 1,8 %. Максимум солей содержится в средней части профиля. В черноземе сухой остаток изменяется незначительно от 0,4 до 0,6 %.

Следует отметить, что в серогумусовой почве соли концентрируются в верхней части профиля, а в черноземе – в нижней. В серогумусовой почве среди токсичных солей встречаются сульфаты магния (от 79 до 81 %), хлориды натрия (от 3 до 4 %). Нетоксичные соли представлены сульфатами кальция (5 %) и карбонаты кальция (1,2–1,4 %). В черноземе токсичные соли представлены сульфатами натрия и магния (67 %). Нетоксичные соли представлены карбонатами кальция (30 до 43 %).

Таким образом, исследованные почвы имеют засоление от слабого до среднего и даже сильного. В почве присутствуют легкорастворимые и токсичные соли.

Список литературы

1. Воробьева Л. А. Теория и практика химического анализа почв : учебник. М. : Изд-во МГУ, 1998. 272 с.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М., 1970. 367 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

УДК 631.4

СВОЙСТВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ В ДОЛИНЕ Р. ИРКУТ

Ю. А. Игнатьева

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

The article describes the properties of alluvial soils of the Irkut River valley. In addition, the features of the studied soils are indicated.

Изучение аллювиальных почв актуально для использования их в сельском хозяйстве, для понимания эволюции речных долин и других целей и задач. Цель данной работы заключается в описании свойств разных типов аллювиальных почв в долине р. Иркут.

Для изучения были рассмотрены 4 почвенных разреза в разных местах долины реки (рис. 1).

Разрезы представлены слоисто-аллювиальной гумусовой глееватой (разрез № 1), аллювиальной серогумусовой криотурбированной (разрез № 2), аллювиальной агрогумусовой реградированной глееватой (разрез № 3), аллювиальной серогумусовой типичной (разрез № 4) почвами (рис. 2).

Почва разреза № 1 по Классификации почв – 2004 [1] относится к стволу первичного почвообразования к отделу слаборазвитых почв, другие из представленных типов (разрезы № 2, 3, 4) относятся к синлитогенному стволу к отделу аллювиальных почв.



Рис. 1. Расположение заложенных разрезов в долине р. Иркут

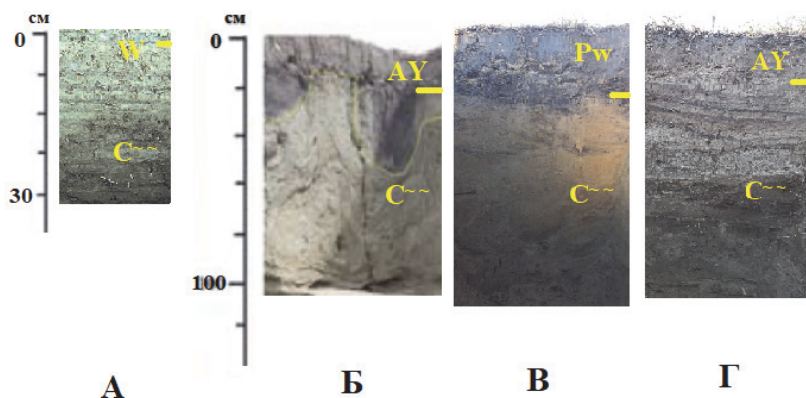


Рис. 2. Аллювиальные почвы долины р. Иркут: А – слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая почва (разрез № 1); Б – аллювиальная серогумусовая криотурбированная (разрез № 2); В – аллювиальная агрогумусовая реградированная глееватая (разрез № 3); Г – аллювиальная серогумусовая типичная (разрез № 4)

Вследствие аллювиального генезиса, все почвы имеют общие свойства и черты, которые выделены ниже:

- слоистый профиль с преобладанием легкого гранулометрического состава, где физический песок доминирует над физической глиной;
- среди всех фракций гранулометрического состава отмечается преобладание мелкого песка (3,64–71,46 %), что связано с достаточно высокой скоростью р. Иркут;
- гумусовые горизонты имеют повышенное содержание ила (до 15,68 %), что связано с более активным почвообразованием на заиленных наносах по сравнению с опесчаненными (до 10,72 %), кроме того, в наилках изначально содержится гумус, смытый с повышенных участков долины реки;
- в трех разрезах (№ 1, 2, 4) почвы многогумусные (0,31–5,86 %), отмечается снижение гумуса вниз по профилю, т. е. современные условия почвообразования являются более благоприятными для гумусообразования;

- почвы имеют щелочную среду (7,9–8,78), с увеличением pH вниз по профилю, что связано с влиянием подстилающих карбонатных пород;
- значение pH в верхних горизонтах меньше, чем в нижележащих горизонтах, что обусловлено подкислением за счет органических кислот, образующихся при разложении растительности.

Кроме общих характеристик, каждая почва имеет свои особенности.

Слоисто-аллювиальная гумусовая почва сформировалась в районе верхнего течения реки, здесь река имеет горный характер, высокую скорость и частые выходы из берегов, что проявляется в отсутствии развитого гумусового горизонта на поверхности поймы и присутствием более частого чередования гумусированных и негумусированных прослоек в профиле.

В аллювиальной агрогумусовой реградированной глееватой почве (разрез № 3) pH уменьшается вниз по профилю, в отличие от остальных почв. Возможно, это связано с глеевым процессом в нижней части профиля. Данная почва имеет самый мощный гумусовый горизонт, менее выраженную слоистость профиля, что связано с ее расположением в центральной части расширенной поймы реки. Почва разреза 4 территориально находится недалеко от нее, но из-за формирования на прирусловом валу принципиально отличается морфологически.

В аллювиальной серогумусовой криотурбированной почве (разрез № 2) происходит не характерное для других почв увеличение фракций крупного и среднего песка в гумусовых горизонтах. Присутствие гравийно-галечниковой прослойки в верхней части профиля, скорее всего, является результатом экстремального паводка, оставившего после себя грубо-обломочный материал на поверхности поймы [2]. Срединная часть профиля криотурбированна, чему способствовал тяжелый гранулометрический состав подстилающих горизонтов и ее повышенная влажность. Низкая гумусированность этой почвы связана с высокой динамичностью и частой сменой процессов почвообразования и осадконакопления на данном участке поймы р. Иркут.

Таким образом, аллювиальные почвы, вследствие общности генезиса и расположения в одной долине, имеют ряд сходных свойств. Особенности почв связаны с их расположением на разных участках долины (в верхнем, среднем и нижнем течении реки) и на разных участках поймы.

Список литературы

1. Классификация и диагностика почв России: учеб. пособие для студ. вузов / Л. Л. Шишов [и др.]; ред. Г. В. Добровольский. Смоленск : Ойкумена, 2004. С. 232–256.
2. Юго-Западное Прибайкалье: особенности осадконакопления и почвообразования: путеводитель экскурсии к конференции, посвященной 85-летию кафедры почвоведения ИГУ / [отв. ред. Г. А. Воробьева]. Иркутск : Изд-во ИГУ, 2016. С. 37–42.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Куклина С. Л.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОЧВ НА МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКАХ ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

А. В. Каминская

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
kaminskaya.anyaka@yandex.ru*

The results of hydrochemical studies of the waters of mineral springs and soils formed in the zone of influence of mineral waters are presented. The necessity of a comprehensive study of the factors of formation on soils, the influence of the chemical composition of mineral waters on their conservation and rational use is shown.

Предбайкалье, которое является частью Восточной Сибири широко известно своими водными ресурсами. Это оз. Байкал, реки Иркут, Ангара, Лена, Нижняя Тунгуска, искусственно созданными водохранилищами и запасы минеральных вод. На территории Предбайкалья расположено около трехсот источников и скважин с минеральной водой, при этом некоторые являются термальными.

В связи с нерегулируемым использованием источников местным населением и туристами, возникает проблема их сохранения. В отдельных случаях пробуренные скважины продолжают фонтанировать, бесцельно расходуются их запасы, происходит самоизливание (в том числе соленых вод). Для сохранения и рационального использования природных ресурсов необходимо исследовать почвы, формирующиеся под воздействием минеральных вод и изучить их влияние.

Исследования гидрохимического состава минеральных вод посвящены работы И. С. Ломоносова, Ю. И. Кустова, Е. В. Пинникова (1997). Ими было установлено, что на химический состав вод влияют горные породы, рельеф, гидрологические условия. Минерализация подземных вод оказывает влияние не только на почвенный покров, но и биоценоз. При испарении изливающейся воды образуются различные скопления минералов, оседающие на окружающих объектах [1].

В рамках изучения курортно-рекреационного потенциала Иркутской области Г. М. Шпейзер (2010) исследовал минерализацию и качественный состав лечебных питьевых вод санаторно-курортных комплексов, что позволило дать характеристику химического состава, определить типизацию минеральных вод. Им охарактеризованы основные типы минеральных вод, объединенные по месторасположению, близкому ионному составу, минерализации, и некоторым специфическим чертам (вкус, запах или цвет). На территории излияния наиболее известных и широко используемых источников были выделены следующие типы: Краинский тип (Новонкутское месторождение); Московский тип (г. Лесогорск); Казанский тип (Усть-Кут); Ижевский тип (с. Олха Шелеховского района); Угличский тип

(скважина № 2 Олхинского месторождения); Алма-Атинский тип (Усть-Балейская площадь); Обуховский тип (г. Ангарск санатории «Родник»); Крымский тип (43 км Байкальского тракта); Минский тип (р. Лена, Киренга, Бирюса); Усольский тип (Усолье-Сибирское); Сулакский тип (Бурдугуз); Нукутский тип (левый берег Братского водохранилища); Усть-Кутский тип (г. Усть-Кут, дер. Турука, Верхне-Марково, Каймоново, Туманшет) и приведены сведения о химическом составе основных месторождений и проявлений минеральных вод Иркутской области [4].

Почвенный покров Восточной Сибири всесторонне исследуется, начиная с 17 века, но по большей мере комплексно изучаются вопросы, связанные с определением закономерностей выявления типов почв, определением основных физико-химических свойств почв, проведение экологической оценки, связанной с антропогенным воздействием и загрязнением тяжелыми металлами. Для обширной территории был дан анализ почвенного покрова, но не исследованы почвы, образующиеся под воздействием минеральных источников. На данный момент последними, наиболее актуальными данными о таких почвах являются исследования Лопатовской О. Г. [2].

В результате исследования дана классификация, морфологическое описание и основные физико-химические свойства почв минеральных источников. В настоящее время около источников выделяются следующие типы почв: Аллювиальные почвы, Стратоземы и Слаборазвитые. Верхние горизонты таких почв отличаются высоким содержанием гумуса, легким гранулометрическим составом, нейтральным или щелочным pH, высоким содержанием карбонатов – от 6,5 до 66,5 % [2].

Таким образом, минеральные источники Восточной Сибири имеют широкое распространение и отличаются уникальными водными микросистемами и уникальными разнообразным минералогическим составом. Источники являются индикаторами экологического состояния подземных вод, влияют на химический состав окружающих их почв, отражают динамику изменений климата [3]. Места излияния минералогических вод позволяют проводить комплексные экологические и почвенные исследования, которые необходимы для создания информационной картины условий генезиса и закономерностей их формирования, оценки влияния химических элементов минеральных вод, проведения экологической оценки, что станет основой для сохранения и рационального использования почвенного покрова территории в современных условиях.

Список литературы

1. Ломоносов И. С., Кустов Ю. И., Пинникер Е. В. Минеральные воды Прибайкалья. Иркутск : Вост.-Сиб. кн. из-во, 1977. 224с.
2. Лопатовская, О. Г. Особенности педогалогенеза эколого-мелиоративных комплексов Западного Прибайкалья : дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.13. Иркутск, 2019. 304 с.

3. Олхинские минеральные источники: химия воды и засоление почв / О. Г. Лопатовская, В. В. Тахтеев, С. Д. Лазарева, О. В. Зарубина, О. Г. Николаева // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Биология. Экология. 2011. Т. 4, № 1. С. 81–86.

4. Шпейзер Г. М. Курортно-рекреационный потенциал Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2010. Т. 3, № 2. С. 190–216.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

УДК 631.4

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ

Д. Е. Ковкова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
covcov111@gmail.com*

In this paper, the physical properties of the soils of the Southern Angara region are considered. Samples for study were selected in the valley of the Odisa River in the Balagan district.

Пойменные почвы всегда вызывают интерес к изучению, благодаря своим особенностям происхождения в следствии периодических затоплений с привносом и аккумуляцией взмученного материала, и возможностью введения этих почв в сельскохозяйственную деятельность [3]. Рассматриваемые нами почвы на р. Одиса Балаганского района малоизучены и представляют интерес для исследования их физико-химических свойств.

Река Одиса является левым притоком р. Ангары. На данный момент происходит истощение реки вследствие отсутствия постоянной подпитки. Климат на территории резкоконтинентальный. Коэффициенты увлажнения в среднем составляют 0,64–1,0, что свидетельствует о недостаточном увлажнении. Характер рельефа – холмисто-увалистый. Геологическое строение представляют осадочные терригенные породы. Также для пород на нашей территории характерно глубокое сезонное промерзание [1; 2].

Для изучения морфологических признаков и физико-химических свойств заложены два разреза в долине реки на разных уровнях поймы. Ближний, в 5 м от реки, представляет слоистый профиль чередования гумусовых горизонтов с другим материалом. Окраска преимущественно не однородная, так как слои резко выделяются и находят друг на друга, что соответствует условиям формирования вблизи рек. Верхний серогумусовый горизонт составляет 10 см, что свидетельствует о прекращении приноса нового материала паводковыми водами на протяжении многих лет. Почва отнесена к аллювиально-серогумусовой. Выделено 7 горизонтов, в том числе погребённые, из-за неоднородности горизонтов отобрано 10 образцов. Гумусовые горизонты коричневатой-серой окраски, погребённые

ные тяжелее по гранулометрическому составу, в верхнем горизонте присутствуют карбонатные налёты. Нижележащие горизонты буроватых оттенков, тяжелее по гранулометрическому составу и имеют глинистые плёнки. При взаимодействии с 10 % HCl все горизонты, кроме самого нижнего вскипают. Структура многопорядковая (3–4), комковато-зернистая.

Второй разрез заложен в 15 м. С поверхности вскрылся мощный тёмный однородный, переработанный живыми организмами и луговой растительностью, профиль со слабовыраженной слоистостью на глубине 90–110 см. Структура представлена так же, как и в первом разрезе, но отличительное свойство – проявление плитовидности агрегатов в нижних горизонтах. Это происходит под действием сезонного промерзания пород. Эта почва диагностирована как аллювиально-тёмногумусовая. Выделено 16 горизонтов и из них отобраны образцы. Тёмно-гумусовые горизонты тёмно-серых оттенков достигают глубины 110 см. Они разделены на одиннадцать горизонтов по наличию увеличения реакции вскипания при 10 % HCl и присутствию в некоторых горизонтах рыжих и чёрных пятен. Нижележащие горизонты бурых оттенков содержат рыжие и чёрные пятна, в горизонтах 120–130 см. и 150–160 см. выявлены карбонатные новообразования.

На первоначальном этапе исследований в отобранных образцах были проведены аналитические определения реакции почвенной суспензии и гранулометрический анализ.

Гранулометрический состав почв имеет большое значение для гидротермического режима, аккумуляции питательных веществ и обработке почвы. В нашем случае для изучения использован метод пипетки по Н. А. Качинскому с обработкой образцов пирофосфатом натрия (8 %). В результате исследования выявлено, что в аллювиальной-серогумусовой почве больше всего содержится мелкого песка и ила. По результатам горизонты варьируются между лёгким и средним суглинком. Почва по гранулометрическому составу легкосуглинистая мелкопесчано-илистая.

В аллювиально-тёмногумусовой почве преобладают такие фракции, как мелкий песок, ил и крупная пыль. Горизонты изменяются от лёгкого до среднего и тяжёлого суглинка. Почва по гранулометрическому составу тяжелосуглинистая мелкопесчано-илистая.

Показатели pH в аллювиально-серогумусовой почве слабощелочные и варьируют от 7,8 до 8,4, с горизонтом увеличения до щелочных значений в горизонте C₂. В аллювиально-тёмногумусовой почве показатели pH значительно щелочнее, достигая показателей 8,6, плавно увеличиваясь вниз по профилю (рис.). В горизонтах с более щелочной средой морфологически выявлены карбонатные новообразования. Такие значения характерны для почв территории исследования, и зависят от почвообразующих карбонатных и гипсоносных почвообразующих пород.



Рис. Показатели pH в исследованных почвах: *а* – аллювиальная-серогумусовая, *б* – аллювиальная-темногумусовая

Таким образом, можно сделать выводы, что по морфологии и гранулометрическому составу наши почвы соответствуют общеизвестным классическим почвам, образованным аллювиальными процессами. Нетипичным оказалось наличие карбонатов в поверхностных горизонтах, но это объясняется карбонатными породами, изменением гидрологического режима реки и недостаточным увлажнением почв осадками.

Список литературы

1. Внесение изменений в генеральный план Балаганского муниципального образования Балаганского района Иркутской области // Администрация Балаганского муниципального образования : офиц. сайт. URL: <https://balagansk-adm.ru/upload/iblock/056/056b62041ea15bf73c70163ccc6f146.pdf> (дата обращения: 18.03.2023).
2. Атлас Иркутской области: Экологические условия развития / ред.: В. В. Воробьев, А. Н. Антипов, В. Ф. Хабаров. Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН; М. : Роскартография, 2004. 90 с.
3. Ковриго В. П., Кауричев И. С., Бурлакова Л. М. Почвоведение с основами геологии. М. : Колос, 2000. С. 345–346.

Научный руководитель: ст. преподаватель кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Киселева Н. Д.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИСЛЕДОВАНИИ ДЕГРАДАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ИРКУТСКОГО РАЙОНА

К. В. Колотилина

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

In the course of the work, a soil map was digitized, which shows agricultural lands, as well as a map of the manifestation of erosion processes – a cartogram of the eroded lands of the Baikal state farm of the Irkutsk district of the Irkutsk region. The areas of eroded lands were calculated and measures to combat degradation were indicated. Groups of degraded soils: erosion-hazardous, poorly developed soils subject to wind erosion poorly washed and poorly developed soils subject to mixed erosion.

Неправильное использование сельскохозяйственных земель в долгосрочной перспективе способствует усилению развития деградации почв. Это связано с тем, что скорость процессов деградации (эрозии и дефляции), как правило, выше скорости природного почвообразования и способности почвы к самостоятельному восстановлению. Деградация почвы – это ряд процессов, приводящих к устойчивым изменениям в функционировании почвы, количественному и качественному ухудшению ее свойств, постепенному снижению и потере плодородия [1].

Объектом исследования послужили почвы сельскохозяйственных земель бывшего совхоза «Байкал» Иркутского района, который находится в северо-восточной части Иркутского района, в долине р. Бол. Кот. Климат района резконтинентальный с коротким безморозным периодом, коэффициент увлажнения равен или менее единицы. Рельеф полого-холмистовалистый, доступен для механизированной обработки почвы. Пахотные угодья располагаются на выровненных вершинах и пологих склонах. Почвенный покров представлен в основном серыми лесными почвами, сформированными на юрских и остаточно-карбонатных породах (рис.).

Изучение эрозионных процессов почв долины р. Бол. Кот обусловлено наличием деградированных земель в результате сельскохозяйственного освоения этой части. Для оценки интенсивности деградации оценивалась степень эродированности сельскохозяйственных земель. Целью исследования стало изучение причины деградации, последствий и методов борьбы с ней.

Для выявления степени деградации земель и составления электронных карт (почвенной и эрозионной) применялись методы ГИС-технологий и анализа пространственных данных на основе спутниковой съемки.

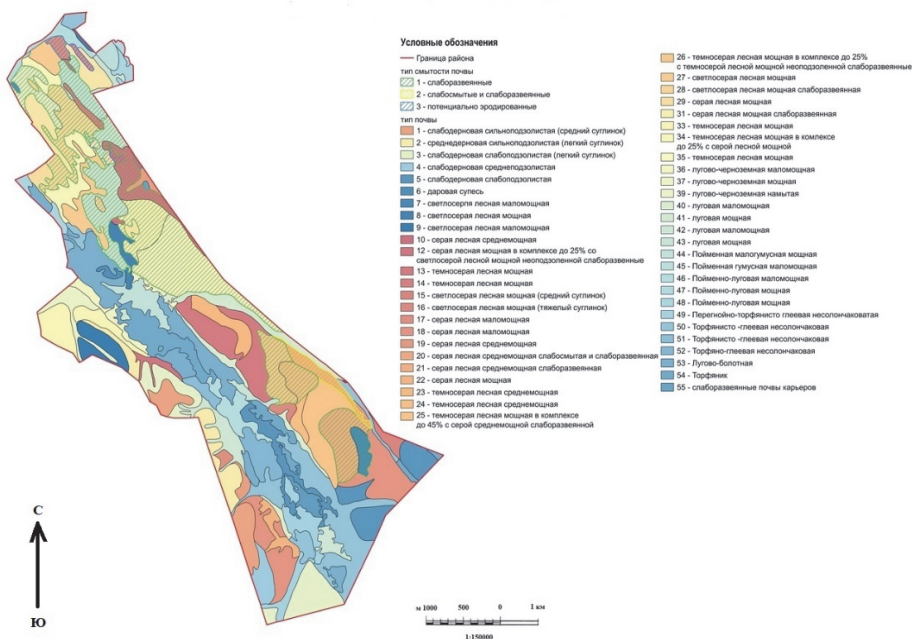


Рис. Почвенная карта с обозначением эрозионных процессов на сельскохозяйственных землях совхоза «Байкал» Иркутского района

В процессе работы была оцифрована почвенная карта, на которой представлены сельскохозяйственные земли. Кроме того, создана карта проявления эрозионных процессов – картограмма эродированных земель. Были рассчитаны площади эродированных земель и указаны меры борьбы с деградацией. Среди деградированных почв выделяются группы: эрозионно-опасные; подверженные ветровой эрозии слаборазвешенные почвы; подверженные смешанной эрозии слабосмытые и слаборазвешенные почвы.

Эрозионно-опасные почвы занимают площадь 81 га, или 0,88 % (из них 40 га под сенокосами и выгонами, 41 га прочие земли). Эти почвы встречаются небольшими участками в северо-западной части землепользования и на окраине с. Ревякина. Освоение данных почв в пашню весьма нецелесообразно, так как это может привести к водной, так и ветровой эрозии.

Слаборазвешенные почвы занимают площадь 1934 га, или 21,1 % (из них 1934 га под пашней, 14 га под сенокосами и выгонами, 1 га прочие земли). На территории землепользования они распространены повсеместно и большими участками. Это пахотные земли и земли кормовых угодий,

подверженные слабому развеиванию. Оно проявляется в виде ветровой ряби и навесиваний мелкозема.

Слабосмытые и слаборазвеянные почвы занимают площадь 85 га или 0,92 % (из них 80 га под пашней, 5 га под сенокосами и выгонами). Они располагаются на ветроударных склонах незащищенных древесной растительностью.

В совокупности эрозионные процессы затронули 2100 га, т. е. 23 %, от всей площади территории хозяйства. На эту площадь приходится 2014 га пахотных земель, 59 га сенокосов и выгонов и 42 га прочих земель (см. рис.).

Для борьбы с ветровой эрозией необходимо производить вспашку перпендикулярно господствующим ветрам; сокращать количество обработок с целью уменьшения распыления и иссушения почв; производить посев кулис на паровом поле; задерживать и рассредоточивать сток выпадающих осадков на склоновых землях; широко использовать кольчатошпоровые катки; периодически, раз в 3–4 года, производить глубокую отвальную вспашку, а уже затем применять технологию безотвальной вспашки; вносить на поля органоминеральные удобрения. Немаловажное значение имеет обвалование зяби.

С целью повышения продуктивности эрозионных земель необходимо: практиковать посевы донника, бобово-злаковых трав, которые улучшают свойства и предотвращают дальнейшее проявление эрозии, производить разрыхление уплотненных подпахотных горизонтов [2].

Список литературы

1. Добровольский Г. В. Деградация и охрана почв / под общ. ред. Г. В. Добровольского. М. : Изд-во МГУ, 2002. 654 с.
2. Захаров Н. Г. Защита почв от эрозии : учеб.-метод. комплекс. Ульяновск : ГСХА, 2009. 235 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

ГУМУСОВЫЕ ВЕЩЕСТВА, СООТНОШЕНИЕ ИХ ФОРМ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

А. Е. Куклина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
anna.kuklina.2001@mail.ru*

At present, the quantitative analysis of humus, its mobile forms in various soils and the assessment of soil organic carbon reserves is the most important aspect for regulating the humus composition of soils used in agricultural production.

Органическое вещество в почве (ПОВ) имеет важное значение для поддержания плодородия почв и продуктивности агроэкосистем. Поступая на поверхность почвы (подстилка) и внутрь почвы, оно является исходным материалом для образования сложной гетерогенной, динамической системы гумусовых веществ, определяющих многие генетические и агрономические свойства почв различных природных зон [2].

В формировании почв и почвенного плодородия гумус выполняет многочисленные функции. Оптимальное содержание гумуса в почве обеспечивает агрономически ценную структуру и благоприятный водно-воздушный режим, улучшает прогреваемость почв. С гумусом связаны важнейшие физико-химические показатели почв, в том числе высокая емкость катионного обмена, кислотно-основная буферность почв; от качества и уровня содержания гумуса зависят кислотность и развитие восстановительных процессов. В настоящее время количественный анализ гумуса, его подвижных форм в различных почвах и оценка запасов почвенного органического углерода является важнейшим аспектом для регулирования гумусного состава используемых в сельскохозяйственном производстве почв [3].

Одним из количественных методов определения органического вещества в почвах является метод И. В. Тюрина – это основной общепринятый метод, принятый во всех лабораториях. Органический углерод определяли методом И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова и Б. А. Никитина. Метод основан на окислении гумусовых веществ бихроматом калия, приготовленного на серной кислоте (1:1) с последующим 20 мин сжиганием в сушильном шкафу при температуре 150 °С и титрованием Солью Мора с фенилантраниловой кислотой в качестве индикатора. Вычисляют процентное содержание гумуса из расчета, что в его составе содержится в среднем 50 % органического углерода (1 г углерода соответствует 1,724 г гумуса): $\text{Гумус (\%)} = \text{C (\%)} \cdot 1,724$ [1].

Важнейшим показателем плодородия в перегнойно-аккумулятивном горизонте естественных почв, а для культурных почв – в пахотном горизонте является содержание гумуса. Однако его применение дает общее представление о содержании гумуса, но его изменение в почве трудно об-

наружить. Наибольшую информацию о трансформации и новообразовании гумуса при сельскохозяйственном использовании почв дает фракция подвижных гумусовых веществ (ПГВ). Она соответствует 1-ой фракции гумусовых веществ, связанной с Al и Fe растворимой 0,1 н NaOH при pH 10. Данная фракция выделяется при выполнении группового и фракционного состава гумуса методом Тюрина в модификации Пономаревой, Плотниковой. Это подвижная, лабильная, активная и динамичная фракция, в основном образованная относительно «молодыми» формами гумуса. Ее гумусовое вещество непрочное соединено с минеральной частью почвы и содержит повышенное число азота, способного быстро трансформироваться и высвобождаться для растений, что характеризует его как непосредственный ресурс плодородия почв [2].

Подвижный гумус может являться показателем уровня плодородия и степени выпашанности почв, под которой понимают обесструктурирование пахотного слоя почв в результате их использования при низком уровне поступления в почву источников гумуса, что приводит к снижению уровня плодородия. [20]. Содержание подвижных гумусовых веществ соответствует: очень низкому – < 100, низкому – 100–200, среднему – 200–300, высокому – 300–400 и очень высокому – > 400 мг C/100 г почвы уровню плодородия. Данный показатель применяют и при оценке степени выпашанности агрогенных почв. Так, если ПГВ содержится меньше 100 мг C/100 г – это очень сильная степень выпашанности, 100–200 – сильная, 200–300 – средняя, 300–400 – слабая и больше 400 мг C/100 – очень слабая [5].

Характерной чертой для исследуемых почв юга Предбайкалья является малая мощность гумусового горизонта с повышенным содержанием в них органического вещества. Это обусловлено поверхностным распространением корневых систем растений в условиях резкоконтинентального климата, концентрацией основной их массы в небольшом по мощности слое почвы. Более глубокому их проникновению препятствуют низкие температуры почв [4].

Изменение количества органического вещества является одним из основных показателей воздействия агрогенеза на состояние почвы. Их распашка приводит к существенному сокращению гумуса, причиной которого является малая мощность гумусовых горизонтов целинной почв, в связи с чем неизбежно припахивание нижележащих малоплодородных горизонтов. В естественных почвах в результате накопления и консервации растительного материала за короткий вегетационный период и период биологической активности содержание подвижного гумусового вещества – максимально. Периодическое промерзание и оттаивание почв усиливает ПГВ и способствует образованию простейших гумусовых кислот. Фульвокислоты, как ближайший резерв питательных элементов, легко подвергаются разложению микроорганизмами и минерализуются. Также они активно двигаются вниз по профилю и начинают преобладать в его средней и нижней части в связи с их повышенной миграционной активностью [4].

Глубокое преобразование гумусного состояния почв происходит в условиях длительного агрогенного воздействия. На пашне трансформация органического вещества и создание гумуса происходит в иных условиях, чем на целине, так как в пахотных почвах значительно нарушен сезонный ритм разложения органики и новообразования гумуса. Состав органических остатков здесь другой, изменяются тепловой и воздушный режимы почвы, в той или иной степени идет перемешивание ее слоев [2].

В результате иссушения пахотного горизонта, лучшей его прогреваемости, отсутствия поступления свежей органики наблюдается значительное снижение количества ПГВ. В агропочвах они обнаружены только в пахотных горизонтах, преобладающими из них являются гуминовые кислоты. Колебания отношения ГК/ФК первой фракции может составлять от 1,0 до 8,0. Вниз по профилю подвижные гумусовые кислоты как гуминовые, так и фульвокислоты – исчезают.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ проект № 23–27–10013.

Список литературы

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. М. : Наука, 1975. 656 с.
2. Ганжара Н. Ф. Почвоведение : учебник. М. : Агроконсалт, 2001. 392 с.
3. Гришина Л. А., Орлов Д. С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. М. : Наука, 1978. С. 42–47.
4. Козлова А. А. Почвы агроландшафтов Южного Предбайкалья. Saarbrücken, Germany : Lambert Academic Publishing, 2017. 197 с.
5. Шпедт А. А. Оценка и оптимизация органического вещества почв сельскохозяйственных угодий Красноярского края. Красноярск : Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2013. 230 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

УДК 631.4

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНО-ДОЛИННЫХ ПОЧВ ТУНКИНСКОЙ ДОЛИНЫ: НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ

А. Д. Ливанова, Н. А. Мартынова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
nlivanova935@gmail.com*

Soil organic matter (SOM) of some soils of the Tunka Valley was studied by the method of chemodestructive fractionation. The ratio of surfactant pools of SOM differing in the degree of oxidizability is determined and the specificity of soil humus for different types is shown.

Одним из основных свойств почв является наличие в ней специфического почвенного органического вещества (ПОВ), которому принадлежит одна из ведущих ролей в регулировании глобального цикла углерода в биосфере. Поэтому изучению процессов биогеохимического круговорота углерода сегодня уделяется особо пристальное внимание. Важным показателем оценки гумусного состояния почв является углерод-секвистрирующая емкость почвы (т. е. ее способность стабилизировать и удерживать в составе ПОВ поступивший с органическими материалами углерод). Количество и природа ПОВ в значительной степени определяют направление почвообразовательных процессов, биохимические, химические, физические свойства и плодородие почв.

Основой ПОВ являются гуминовые вещества – полимолекулярная система высоко- и низкомолекулярных оксигенированных соединений с экстремально высокой степенью структурной гетерогенности, обеспечивающей устойчивость системы к биоразложению. ПОВ представляет собой сложный гетерогенный континуум материалов и соединений, отличающихся по стабильности, скорости оборачиваемости и продолжительности существования. Среди концептуальных пулов ПОВ выделяют *активный* или легкоокисляемую часть (ЛОЧ, $MRT < 3-10$ лет, 2–10 % от $C_{орг.}$); *медленный* (промежуточный) пул или среднеокисляемую часть (СОЧ, $MRT = 10-100$ лет, 45–65 % от $C_{орг.}$); *пассивный* (стабильный) пул или трудноокисляемую часть (ТОЧ), $MRT > 100$ лет, 40–50 % от $C_{орг.}$; а также – *незащищенное* (свободное) и *защищенное* (стабилизированное) ПОВ; *новое* (молодое), $MRT < 14-40$ лет) и *старое* ($MRT > 14-40$ лет); *трансформируемое* ($C_{орг.}$ почвы с растениями); *инертное* ПОВ (бессменного чистого пара).

Последние исследования гуминовых веществ (ГВ) почв свидетельствуют в пользу гипотезы наряду с их макромолекулярным и супрамолекулярного строения, т. е. имеющего четко определенную, жесткую структуру с большой свободой и способностью к движению по матрице геля, с формированием большого набора структур, включая фрактальные образования на принципе комплементарности.

Сущность физико-химической стабилизации ПОВ состоит в формировании его пространственной недостижимости для микроорганизмов и ферментов, в инактивировании редуцентов условиями влажности и газообмена, особенностями структурного сложения почвы через его аккумуляцию в микро- и макроагрегатах, компартментацию (обособление) субстрата, биомассы, микрофауны, уменьшение диффузии O_2 и H_2O внутрь агрегатов, процессы окклюзии, сорбции, коагуляции, флокуляции и др.

В настоящее время существуют различные методы фракционирования гумусовых веществ, входящих в состав почвенного гумуса. Нами для характеристики ПОЧ был использован метод его хемодеструкционного фракционирования, позволяющий оценить лабильную, промежуточную и стабильную часть ПОВ. Метод основан на выделении различных по

устойчивости к окислению пулов POV (ЛОЧ, СОЧ и ТОЧ) (рис.) через их окисление растворами дихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) с его возрастающей окисляющей способностью в зависимости от концентрации ионов гидроксидов (H_2SO_4).

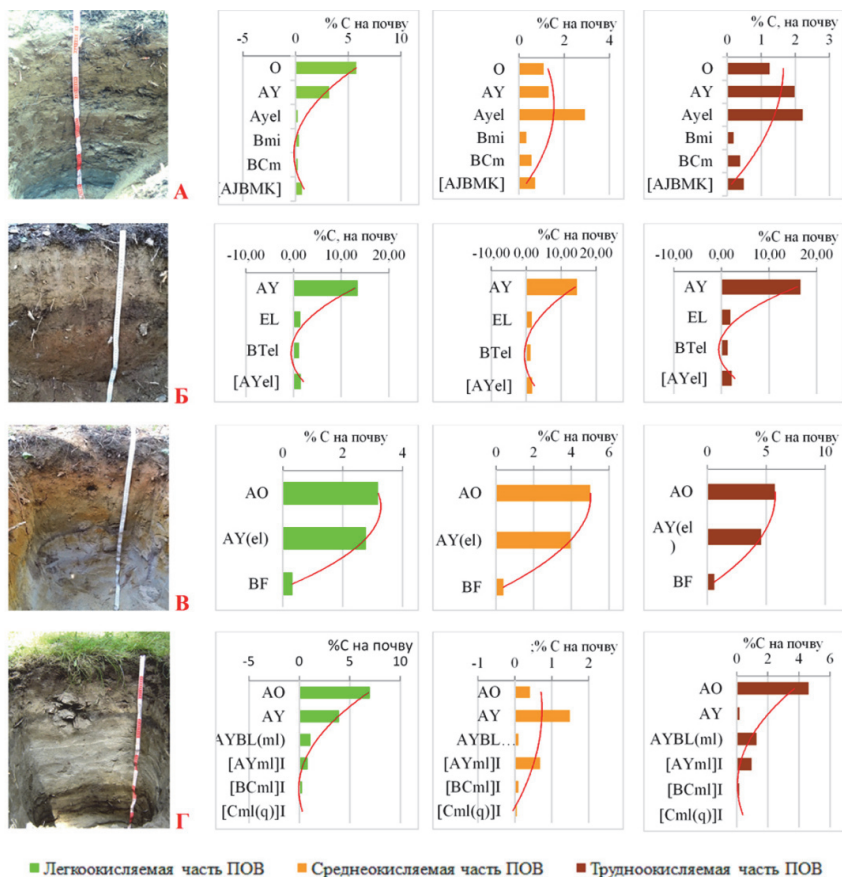


Рис. Результаты хемотрестирования факторизации POV исследованных почв: **А** – Серая метаморфическая глинисто-иллювирированная остаточная карбонатная на лессах с вулканическими шлаками (Арш-14/4); **Б** – Дерново-подзолистая грубогумусовая с погребенным дерново-подбуром на элюво-делювии базальтов (Арш – 17/5); **В** – Дерново-подбур иллювиально-железистый криотурбированный омергеленный с погребенным серогумусовым горизонтами на флювиогляциальных задровых супесях (Бад-17/7); **Г** – Серогумусовая омергеленная квазиглееватая почва с погребенными серогумусовыми горизонтами на аллювиально-пролювиальных отложениях (Арш-9/10)

ПОВ серой метаморфической почвы характеризует двупрофильное сложение почвы. Современные подстилочные и дерновые горизонты отличаются высокой долей легко окисляемых гумусовых соединений, а в минеральном гумусово-элювиальном горизонте их доля резко падает, увеличивая долю средне- и трудноокисляемых ПОВ.

В дерново-подзолистой почве в дерновом горизонте с максимальным содержанием углерода фракции ПОВ распределились равномерно. Но в минеральных нижних горизонтах их количество резко сократилось. Более равномерное распределение пулов ПОВ по профилю отмечено в дерново-подбуре остаточно-омергеленном с довольно высоким их содержанием в грубогумусных горизонтах, причем, доля трудно окисляемых ПОВ несколько преобладает, возможно, благодаря их закреплению карбонатами. В серогумусовой почве на аллювиально-пролювиальных отложениях ПОВ характеризуется преобладанием легко окисляемых соединений с падением их количества вниз по профилю.

УДК 631.4

РОЛЬ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВООБРАЗОВАНИИ И ПЛОДОРОДИИ ПОЧВ

В. С. Макковеева

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
makkoveeva03@mail.ru*

The spatial diversity of the mineral and elemental chemical composition of parent rocks is associated with the features of the rocks and the specifics of geochemical migration and accumulation of their weathering products. The aim of the study was to study the elemental composition of soils, to establish the role of macro- and microelements in soil formation and the formation of soil fertility.

Большинство химических элементов почвы наследуют от почвообразующих пород, поэтому их следует считать важнейшим природным фактором, определяющим их содержание и распределение в почвенном покрове. Пространственное разнообразие минерального и элементного химического состава почвообразующих пород связано с особенностями пород и спецификой геохимической миграции и накопления продуктов их выветривания [4].

Элементным составом почв называют набор и количественное соотношение химических элементов в почвенной массе. Он представляет собой основной химический показатель почв, на котором базируется понимание их свойств, генезиса и плодородия. Без знания элементного состава почв глубокие почвенно-химические исследования невозможны [3].

Целью исследования явилось изучение элементного состава почв, установление роли макро- и микроэлементов в почвообразовании и фор-

мировании плодородия почв. Задачей исследования стало изучение по литературным источникам роли и функций макро- и микроэлементов в процессах почвообразования и формировании плодородия почв.

Почвы содержат практически все природные элементы Периодической системы Д. И. Менделеева. По набору элементов и их количественному содержанию они существенно отличаются от живых организмов, минералов и горных пород. Живые организмы состоят главным образом из элементов органоидов – C, N, H, O, P, S. Так называемые минеральные элементы входят в их состав в сравнительно небольших количествах. Индивидуальные минералы содержат, как правило, небольшой набор элементов: в оксиды входят по два элемента, простейшие силикаты содержат 5–7, иногда 9–11 элементов. Минералы-соли состоят из 2–5 элементов [1].

Следует отметить, что в почвах практически все входящие в их состав химические элементы являются обязательными и необходимыми. Большой набор элементов – первая отличительная особенность почв. Вторая особенность, заключается в сочетании высокого содержания C и Si, что отражает одновременное влияние двух факторов почвообразования: растительного и животного мира, с одной стороны, и почвообразующих пород – с другой. Третья особенность – это большой диапазон концентраций [4].

Интервалы содержания отдельных элементов довольно широки. Несмотря на значительные колебания, для каждого элемента выявляется типичный интервал концентраций. По абсолютному содержанию в почвах все элементы могут быть объединены в несколько групп. Первая группа включает Si и O, содержание которых составляет десятки процентов, а в сумме они могут составлять 80–90 % (и более) почвенной массы. Вторая группа включает элементы, содержание которых в почве меняется от десятых долей до нескольких процентов: это Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, S. Первые две группы – это типичные макроэлементы. В третью группу входят Ti, Mn, N, P, S, H; их количество в почвах выражается сотыми и десятными долями процента, и по содержанию они составляют переходную группу к микроэлементам. Четвертая группа микро- и ультрамикроэлементы содержат в почвах в количествах $n 10^{-3}$ - $n 10^{-10}$ %, к ним относятся Ba, Sr Rb, Cu, V, Cr, Ni, Co, Li, Mo, Cs, Se и др. Функции и свойства микроэлементов чрезвычайно разнообразны, а при повышенных концентрациях они могут быть и токсичными [3].

Элементный состав почв зависит от гранулометрии, типа почвы и горизонта, специфических свойств химического элемента. По сравнению со средним составом пород почвы относительно обогащены органическим углеродом, азотом, фосфором, серой, т. е. биогенными элементами, накапливающимися с гумусом. Такие элементы, как Si, Al, Fe, Mg, K, Na, практически унаследованы от почвообразующей породы, но в процессе почвообразования они перераспределяются в почвенной толще. Обособленное место занимают элементы, образующие простые соли, такие как CaCO_3 , CaSO_4 MgSO_4 , NaCl, NaHCO_3 ; они выносятся за пределы почвенного про-

филя в элювиальных ландшафтах или накапливаются в бессточных понижениях. Их распределение в профиле почв и ландшафтах обусловлено в значительной мере характером водного режима. В ходе почвообразования дифференциация элементного состава происходит не только по вертикали (по генетическим горизонтам), но и в горизонтальном направлении. Сильно выражена дифференциация почвенной массы в пределах горизонта с такими новообразованиями, как ортштейны, примазки, карбонатные конкреции [2].

В целом элементный состав отражает многие наиболее важные итоги почвообразовательного процесса. По нему различаются генетические горизонты почв: в частности, в перегнойно-аккумулятивных горизонтах повышено содержание С, Р, N; в иллювиальных – Fe, Al и ряд других элементов; в элювиальных горизонтах – Si и понижено содержание многих других элементов. Иными словами, можно воспользоваться элементным составом как диагностическим признаком при определении вида генетического горизонта. Совокупность элементных составов генетических горизонтов одного почвенного профиля служит показателем направления почвообразовательного процесса [4].

Элементный состав дает представление о потенциальном плодородии почв. Высокое содержание углерода органических соединений и азота обычно считают признаком плодородной почвы. Конечно, растениям доступна только часть (и не всегда большая) находящихся в почве элементов питания растений. Элементы, входящие в кристаллические решетки алюмосиликатов, в состав труднорастворимых соединений или в состав негидролизующихся компонентов гумусовых веществ, становятся доступными растениям только после их мобилизации, т. е. после полного или частичного разрушения исходной структуры и перехода элемента в форму легкорастворимого соединения. Тем не менее валовое содержание или запасы элемента показывают, как долго та или иная почва потенциально может обеспечивать растения при условии полной мобилизации запасов [1].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ проект № 23-27-10013.

Список литературы

1. Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В. Агропочвоведение . М. : КолосС, 2003. 528 с.
2. Перельман А. И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. М. : Недра, 1972. 288 с.
3. Теория и практика химического анализа почв / под ред. Л. А. Воробьевой. М. : ГЕОС, 2006. 400 с.
4. Фридланд В. М. Влияние степени выветрелости почвообразующих пород на процессы формирования почв в различных биоклиматических зонах // Почвоведение. 1970. № 12. С. 5–15.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ТУНКИНСКОЙ ДОЛИНЫ

Д. О. Мартынова¹, Н. А. Мартынова¹

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
modammartynova@gmail.com*

The content of macro- and microelements in soil-forming rocks of the Tunkinskaya valley was studied. It has been established that large contents of loss on ignition, Cl, and Sr are characteristic for metamorphic carbonate rocks, Si, Al, Na, Rb, and Li – for sedimentary rocks, P, Mn, Ti, Zn, and Ni – for igneous rocks.

Почвообразование в горах протекает в основном на плотных породах, что объясняет формирование здесь, в сравнении с почвами равнинных территорий, почв с относительно малой мощностью почвенного профиля, высокой щебнистостью и плохой сортированностью материала, слагающего почвенную толщу. Территория исследования расположена в пределах юго-западной части Байкальской рифтовой зоны в физико-географическом районе юга Сибири. Местные климатические условия накладываются на зональные особенности климата и создают большое разнообразие ландшафтов. Тункинская рифтовая котловина оформилась в обстановке сочетания сбросовых смещений по разломам со сдвиговыми при импульсном проявлении вулканизма от мел-палеогенового рубежа до середины плейстоцена. Тункинское Прибайкалье сложено разновозрастными породами с разнородным составом. В основании фундамента лежат метаморфические породы докембрия (кристаллические сланцы, амфиболиты-гнейсы) и палеозоя, прорванные архейскими и протерозойскими интрузиями преимущественно гранитного состава.

Образцы почвообразующих пород были взяты из соответствующих почвенных горизонтов в семи районах: магматические – точка отбора № 2 на вулканических шлаках; метаморфические – точка отбора № 4 на выходах метаморфизованных протерозойских гранито-гнейсов, точка отбора № 6 на делювии графитизированных мраморов; осадочные – точка отбора № 1 на пролювиально-селевых отложениях, точка отбора № 3 на лессах, точка отбора № 5 на травертиновых отложениях, подстилаемых делювиально-коллювиальными отложениями, точка отбора № 7 на делювиально-пролювиально-аллювиальных отложениях (рис.).

Образцы пород были растерты до состояния 1 меш («пудра») и подвергнуты кислотному разложению в смеси концентрированных азотной и плавиковой кислот с последующим окислением органических веществ концентрированной перекисью водорода. Затем растворы разбавлялись и анализировались на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7500 се в ЦКП «Ультратрамикроанализ» ЛИН СО

ПАН на содержание Si, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, Na, K, P, Ti, Cl, Ba, Sr, Zn, Ni, Rb, Li, B, Br и I. Дополнительно было выполнено определение потери при прокаливании при 900 °С.

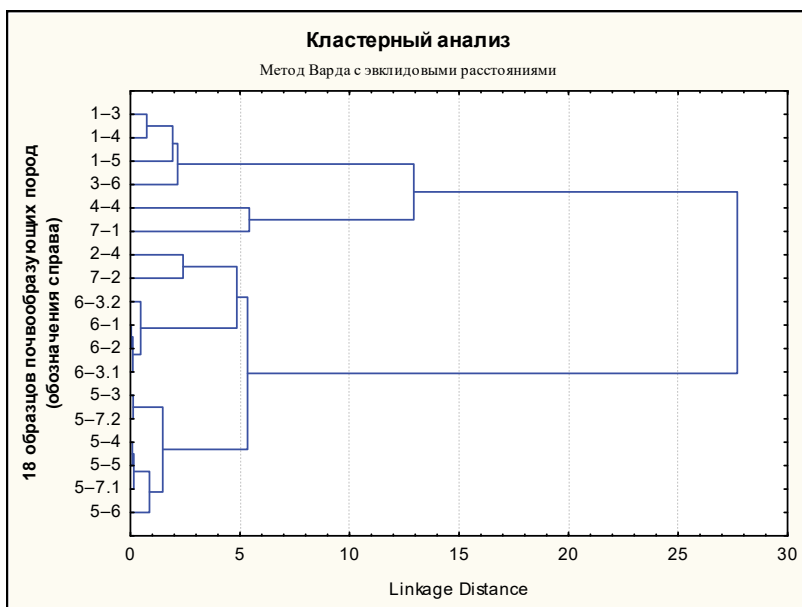


Рис. Статистическая обработка результатов определения валового состава почвообразующих пород

Легенда

- 1 – Окрестности пос. Тагархай (Арш 17/10: 3 – 15-22 см; 4 – 22-28 см; 5 – 28-40 см).
- 2 – Окрестности улуса Хурай-Хобок (Арш-19/6: 4 – 45-67 см).
- 3 – Долина р. Большой Зангисан (Арш-Зангисан-18/7: 6 – 300-450 см).
- 4 – Окрестности курорта Аршан пос. Аршан пик Любви Тункинских Альп (Арш-18/12: 4 – 17-35 см).
- 5 – Подножье Тункинских Альп окрестности сейсмостанции пос. Аршан (Арш-19/1(сс): 3 – 5-7 см; 4 – 7-9 см; 5 – 9-13 см; 6 – 13-16 см; 7. 1 – 16-21 см (дресва размером 3-5 мм); 7. 2 – 16-21 см (щебень размером 3-5 см).
- 6 – Нижняя часть южного макросклона пика Любви Тункинских Альп (Арш-18/11: 1 – 0-1 см; 2 – 1-9 см; 3. 1 – 9-30 см (дресва размером 3-5 мм); 3. 2 – 9-30 см (щебень размером 3-5 см).
- 7 – Долина р. Иркут, мост у слияния Белого и Черного Иркута (Арш-19/7: 1 – 0,5-17 см; 2 – 17-34 см).

Результаты проведенного исследования на содержание элементов в породах были подвергнуты статистической обработке с использованием программного обеспечения Statistica 8.0 (табл.).

Таблица

Элементный состав почвообразующих пород Тункинской долины

Место отбора Компонент	1 – Арш 17/10	2 – Арш 19/6	3 – Арш- Зангисан- 18/7	4 – Арш 18/12	5 – Арш 19/1	6 – Арш 18/11	7 – Арш 19/7
п. п. н., %	7,5±1,7	1,0±0,1	15±1	4,0±0,2	41±1	43±2	28±6
SiO₂, %	74±3	73±4	60±3	76±4	54±3	52±4	61±6
Al₂O₃, %	9,0±1,7	7,4±0,4	11,2±0,6	8,5±0,4	0,006±0,001	0,004±0,002	1,7±1,2
Fe₂O₃, %	0,04±0,03	0,12±0,01	0,08±0,01	0,09±0,01	0,02±0,01	0,005±0,001	0,14±0,14
MnO, %	1,7±0,5	8,8±0,4	4,4±0,2	4,7±0,2	0,40±0,33	0,006±0,004	0,82±0,60
CaO, %	1,7±0,1	1,8±0,1	2,1±0,1	1,3±0,1	0,03±0,01	0,01±0,01	0,96±0,35
MgO, %	1,5±0,2	3,2±0,2	3,9±0,2	3,4±0,2	3,2±2,9	3,7±2,3	7,2±2,6
Na₂O, %	3,6±0,2	2,3±0,1	2,5±0,1	1,1±0,1	0,05±0,01	0,01±0,01	0,06±0,03
K₂O, %*	0,08±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,09±0,01	0,09±0,01	0,08±0,01
P₂O₅, %	0,04±0,01	0,31±0,02	0,12±0,01	0,08±0,01	0,03±0,02	0,02±0,01	0,05±0,02
TiO₂, %	0,36±0,05	2,6±0,1	0,84±0,04	0,45±0,02	0,09±0,06	0,06±0,03	0,17±0,06
Cl, мг/кг	930±140	2 300±100	900±50	0,37±0,02	5 300±900	2 100±200	1 800±900
Ba, мг/кг	450±90	380±20	690±30	330±20	17±8	95±30	1 500±700
Sr, мг/кг	400±100	410±20	410±20	90±5	1 000±420	29±8	92±68
Zn, мг/кг	38±6	120±10	72±5	50±4	42±39	2,8±1,3	20±10
Ni, мг/кг	22±18	86±4	42±2	45±2	3,2±1,6	0,79±0,29	7,8±1,1
Rb, мг/кг	46±2	13±1	64±3	39±2	1,1±0,8	0,36±0,36	18±1
Li, мг/кг	16±8	4,8±0,2	32±2	34±2	1,1±0,5	0,33±0,23	17±13
B, мг/кг*	62±5	60±17	93±26	70±19	71±3	63±4	79±4
Br, мг/кг*	8,2±1,1	11±2	7,4±1,2	10±2	8,5±1,7	9,2±0,6	9,3±1,0
I, мг/кг*	1,5±0,2	2,3±1,4	1,5±0,9	2,0±1,2	2,0±0,3	1,7±0,2	2,3±0,6

* – отмечены компоненты, содержание которые не изменяется в зависимости от места отбора

1. Травертиновые отложения (точка отбора № 5) и графитизированные мрамора (точка отбора № 6) формируют особый кластер, характеризующийся равными содержаниями кремния и карбонатов, повышенными концентрациями хлора и стронция, пониженными концентрациями – алюминия, марганца, кальция, натрия, фосфора, титана, бария, никеля, рубидия и лития.

2. Пролувияльно-селевые отложения (точка отбора № 1), лессы (точка отбора № 3), протерозойские гранито-гнейсы (точка отбора № 4) характеризуются содержанием 60–75 % SiO₂, 7,5–11 % Al₂O₃, 1–3,5 % Na₂O, 0,4–0,8 % TiO₂, что соответствует средним и кислым породам по А. П. Виноградову, имеющим наибольшее распространение в Тункинской долине. При этом для этих точек отбора характерна вариабельность содержания ряда элементов: Mg, Mn, Cl, Ba, Sr.

3. Вулканические шлаки точки отбора № 2 занимают промежуточное положение по содержанию Al, Li, Rb и Cl, а также характеризуются относительно высоким содержанием P, Mn, Ti, Zn и Ni.

4. Делювиально-пролювиально-аллювиальные отложения точки отбора № 7 также занимают промежуточное положение по содержанию большинства проанализированных элементов вследствие различного состава и генезиса двух исследуемых горизонтов 0,5–17 и 17–34 см. В дальнейшем будем использовать среднеарифметическое как следствие полигенетичности почвообразовательных пород в данном месте.

5. К, В, Вг и I формируют общий для Тункинской долины геохимический фон.

Научный консультант: научный сотрудник ЛИН СО РАН Жученко Н. А.

УДК 631.41

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПОС. БАЛАГАНСКА

М. А. Мирошниченко

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
mari.maria.mirosh@mail.ru*

Physico-chemical properties are the main indicator that determines the feasibility of using soil as a natural resource, therefore, studies of the content of elements in the soil will allow us to assess the need for the introduction of certain fertilizers, as well as to identify the features of the genesis of soils.

История изучения почвенного покрова Балаганской лесостепи началась ещё в XIX в. для освоения территории. Почвы окрестностей пос. Балаганска формируются на красноцветных кембрийских почвообразующих породах, содержащих карбонаты и реже легкорастворимые соли. Физико-химические свойства – это главный из показателей, определяющих целесообразность использования почв как природного ресурса, поэтому исследования показателей содержания элементов в почве позволят оценить необходимость внесения тех или иных удобрений, а также выявить особенности генезиса почв.

Почвы окрестностей пос. Балаганска имеют достаточно мощный органический профиль. До 70-х гг. прошлого века почти все чернозёмные почвы в Балаганской лесостепи были распаханы. Здесь выращивались как зерновые, так и овощные культуры. О пахоте свидетельствуют: наличие глубины подошвы вспашки и ровные границы нижних частей гумусовых горизонтов.

Результаты исследований показали, что содержание гумуса изменяется неравномерно как в разных типах почв, так и как внутри самого профиля (табл.). Количество гумуса изменяется от 0,80 до 17,24 %. Равномерное изменение органического вещества отмечено в черноземах и темно-серой метаморфической почвах. Однако в стратозёме светлогумусовом выявлено увеличение содержания гумуса на глубине 40 см, что связано с особенно-

стями формирования этой почв. Изначально гумусовый горизонт был погребен в результате поднятия уровня воды Братского водохранилища в 50–60-х гг.

Реакция среды изменяется от нейтральной до щелочной и находится в пределах 7,22 до 9,23. Высокие значения pH объясняются содержанием карбонатов кальция в чернозёмных почвах, которые формируются на карбонатных почвообразующих породах. Максимальные pH в нижней части профиля. На это же указывает присутствие в почвенном профиле карбонатного горизонта. Гранулометрический состав преимущественно средне-тяжелосуглинистый, за исключением стратозёма светлогумусового, в котором преобладают супесчаные и песчаные частицы.

Таблица

Физико-химические свойства почв пос. Балаганска

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH водн.	ЕКО, мг-экв/100 г. почвы
Чернозём дисперсно-карбонатный				
AY	0–22	3,97	8,15	17,06
CAT	22–85	1,09	8,37	11,73
BCA	85–108	1,10	8,79	11,59
BCA _{ro}	108–134	1,88	9,08	15,82
Cca	134–150	1,34	9,23	10,13
Стратозём светлогумусовый водно-аккумулятивный				
RJ	0–13	1,71	8,29	6,86
W	13–20	1,36	8,37	8,01
[AY]	20–40	3,17	8,79	17,66
Чернозём глинисто-иллювиальный				
PU	0–22	14,36	7,57	46,09
AU	22–58	17,24	7,68	50,72
BI	58–80	4,50	7,72	21,89
BCA	80–110	1,53	8,39	-
Cca	110–120	0,97	8,57	11,93
Разрез № 4 Тёмно-серая метаморфическая				
AU ₁	1–14	7,57	7,22	28,05
AU ₂	14–36	6,76	8,07	24,87
AEL	36–53	2,98	8,30	16,45
BM _{mc}	53–75	1,71	8,34	12,60
BC _{mc}	75–96	1,05	8,35	13,18
C _{mc}	96–110	0,93	8,44	13,98
Разрез № 5 Чернозём типичный				
AU	0–30	5,17	7,76	20,50
BCA ₁	30–65	0,66	8,00	8,30
BCA ₂	65–130	0,86	8,40	9,64
Cca	130–170	1,60	8,77	8,09

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ ПОДТАЙГИ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЯ

А. В. Николаев

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
arkadiinikolaev@mail.ru*

Soddy-podzolic soils and burozems are present in the soil cover of the subtaiga of the Southern Cisbaikalia, which are combined into a wide group of soils with different properties. The genesis of these soils cannot be interpreted unambiguously, and the specificity of their properties is due to the peculiarity of the action of soil formation factors in the region, which makes their diagnosis and classification much more difficult.

Почвы подтаежных ландшафтов Южного Предбайкалья, как правило, занимают вершины водоразделов, холмов и увалов. Они развиваются на рыхлых четвертичных отложениях, а также на элювии-делювии пород разного состава: от карбонатных до бескарбонатных. Растительный покров представлен смешанными светлехвойными (сосновыми) мохово-травяными и бруснично-травяными и высокотравными лесами. В почвенном покрове подтайги Южного Предбайкалья присутствуют дерново-подзолистые почвы и буроземы, объединяемые в широкую группу почв, обладающими различными свойствами. Генезис этих почв не может трактоваться однозначно, а специфика их свойств обусловлена своеобразием действия факторов почвообразования региона, в связи, с чем значительно затруднена их диагностика и классификация [2].

Дерново-подзолистые почвы – это почвы области южной тайги таежно-лесной зоны. Эта зона расположена южнее тундровой зоны и занимает огромную территорию в Европе, Азии и Северной Америке. В нашей стране они распространены на Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнинах и формируются в результате двух противоположно направленных процессов почвообразования, таких как подзолистый и дерновый. Этот тип почв формируется под хвойно-широколиственными, мохово-травянистыми и травянистыми лесами в условиях промывного водного режима [1].

Подзолообразовательный процесс – этот процесс почвообразования под пологом хвойного сомкнутого леса и смешанного леса. В этой местности солнечные лучи практически полностью поглощаются кронами деревьев так что рассеянный свет в тени настолько слаб что его не хватает даже теневыносливым растениям. Поэтому в таких лесах практически отсутствует травянистая растительность и поверхность почвы покрыта только лесной подстилкой из хвои листьев и остатков древесной растительности. Самой существенной особенностью подзолообразовательного процесса является глубокий распад первичных и вторичных минералов под воздействием органических кислот и выщелачивание продуктов их распада из верхних

горизонтов почвы вниз, а частично и вынос их из почвенной толщи. Наиболее сильно оподзоленные почвы образуются главным образом в сомкнутых еловых лесах с моховым покровом и без травяной растительности [3].

Дерново-подзолистые почвы Южного Предбайкалья по многим морфологическим и аналитическим показателям сходны со своими европейскими аналогами. Вместе с тем наблюдаются существенные различия. Так, одним из морфологических особенностей является слабая выраженность или отсутствие конкреций, что может служить подтверждением слабого проявления восстановительных процессов. Другими отличиями являются: укороченный профиль, меньшая мощность гумусового горизонта (большинство их относится к слабодерновым), повышенное содержание органического вещества, менее кислая реакция, высокая насыщенность основаниями. Отличия в показателях органического вещества обусловлены замедленным превращением остатков в связи с краткостью активных биохимических процессов [2].

Образование буроземов в европейской части России происходит в пределах суббореального (теплого) пояса. Для процесса буроземообразования характерны как выщелачивание веществ, так и их биологическая аккумуляция в подстилке и гумусовом горизонте. С опадом в почву возвращается большое количество зольных элементов, в том числе солей кальция. Разложение органических остатков протекает в среде, богатой основаниями, которые нейтрализуют фульвокислоты и бурые гуминовые кислоты, образующие с железом комплексные соединения. Эти вещества проникают на значительную глубину, окрашивая профиль почв в бурый цвет. Часть продуктов почвообразования выносятся за пределы профиля почвы. Другим характерным процессом буроземообразования является оглинение (оглинивание) всей толщины профиля, который является процессом образования в почве вторичных глинных минералов как в результате превращения первичных минералов под влиянием биохимических и химических агентов, так и в результате процессов вторичного синтеза из продуктов минерализации органических остатков. В генезисе буроземов имеет значение также процесс лессиважа, т. е. перемещение глинистых частиц из верхних горизонтов почвы в нижние без изменения их химического состава [4]. Для типичного бурозема характерна кислая реакция среды и высокая ненасыщенность основаниями. Освобождаемых при выветривании количества оксидов железа и алюминия достаточно для насыщения образующихся при разложении растительных остатков гумусовых кислот и нейтрализации их агрессивности, что препятствует оподзоливанию почв. Сформированная указанными процессами, почва обычно имеет монотонный буроокрашенный профиль с весьма постепенным переходом между горизонтами [5].

Буроземы Южного Предбайкалья в отличие от классических формируются в условиях недостатка тепла и влаги. Процессы выщелачивания,

оглинивания и лессиважа в них заторможены. Наиболее развит гумусово-аккумулятивный процесс, ограничивающийся первыми 15 см. Глубже растений корни проникают с трудом в связи с холодностью почв. Для них характерно очень высокое содержание гумуса в верхних 10 см почвы и резкое его падение сразу под ними. Слабокислая реакция среды и высокая степень насыщенности основаниями вызваны нахождением почвы в мерзлом состоянии, что препятствует вымыву веществ из профиля, а также объясняется основностью и часто карбонатностью пород [2].

В целом специфика почвообразования Южного Предбайкалья вызвана высокой инерционностью изменений свойств почв при смене биоклиматических условий, что выражается в их нестыковке с морфологическим строением. Профиль большинства почв, в том числе дерново-подзолистых и буроземов сформировался за счет наложения одних горизонтов на другие, характеризующиеся различиями в скорости и интенсивности, протекающих в них процессов выветривания и почвообразования, с дальнейшим их преобразованием или консервацией.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ проект № 23-27-10013.

Список литературы

1. Ганжара Н. Ф. Почвоведение: учебник. М. : Агроконсалт, 2001. 392 с.
2. Козлова, А. А. Почвы лесных ландшафтов Южного Предбайкалья. Saarbrücken, Germany: Lambert Academic Publishing, 2016. 186 с.
3. Почвоведение и почвообразование / Л. А. Гришина [и др.]. М. : Высш. шк., 1988. 400 с.
4. Почвоведение : учеб. для ун-тов : в 2 ч. / / Г. Д. Белицина [и др.] ; под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова. М. : Высш. шк., 1988. Ч. 1 : Почва и почвообразование. 400 с.
5. Хабаров А. В., Яскин А. А. Почвоведение. М. : Колос, 2001. 232 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

УДК 631.4

ЗАВИСИМОСТЬ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ ОТ ЛИТОГЕННОЙ ОСНОВЫ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Е. А. Орхокова, Н. А. Мартынова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
albertovna.yevgeniya@mail.ru*

The physico-chemical properties of soils of the Tunka basin of Baikal Rift zone, which were form on different soil-forming rocks, have been studied. The influence of the lithogenic matrix on formation of the mineralogical, chemical and granulometric composition of soils, which, in turn, are determine the properties of soils and their fertility, is shown.

Твердая фаза минеральной части почвы на 90–99 % наследуется от материнской породы, которая в процессе почвообразования под влиянием особенностей климата непосредственно или косвенно влияет на минералогический, химический и гранулометрический состав почвы. Разнообразие генезиса, состава, комплексности почвообразующих пород (ПП) Тункинской долины (ТД) Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) предопределяют сложность и неоднородность ее почвенного покрова.

Почвы, сформированные на различных карбонатных породах Тункинской котловины (мраморизованных известняках, лессах, лессовидных и травертиновых породах), существенно отличаются друг от друга в зависимости от плотности и состава пород, биоклиматической обстановки и времени почвообразования. Они, как правило, имеют легкий гранулометрический состав и промывной режим. Но они менее выщелочены по сравнению с почвами, развитыми на бескарбонатных породах; имеют щелочную реакцию среды; в них слабее проявляется оподзоливание, глеево-элювиальный процесс, лессивирование; формируется выраженный зернистый гумусовый горизонт с достаточно высокой ЕКО, подстилаемый иллювиальным горизонтом метаморфического характера. Наибольшим плодородием, гумусностью и поглощательной способностью отличаются почвы, формирующиеся на лессах и лессовых породах.

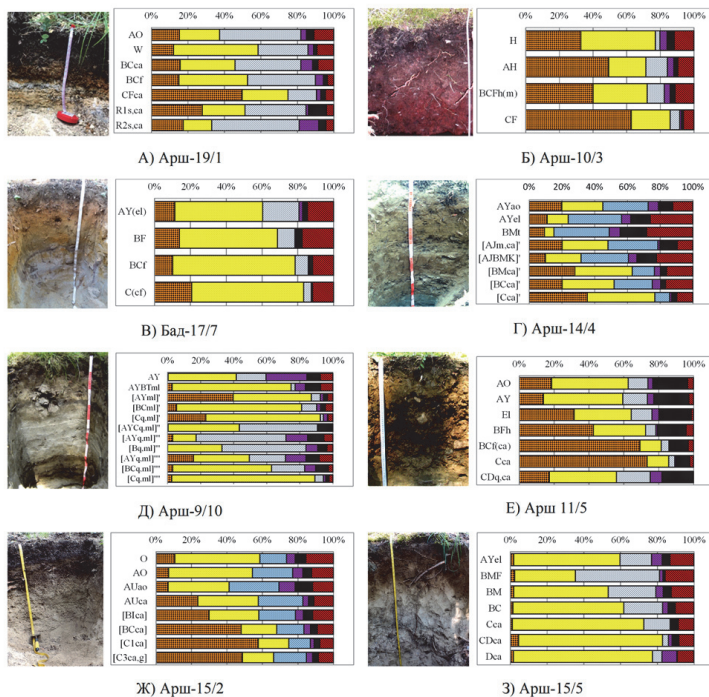
Почвы, формирующиеся на песках, характеризуются слабо развитым или коротким щебнистым бескарбонатным и малогумусным профилем, легким гранулометрическим составом с неблагоприятными водно-физическими свойствами, низким плодородием и бедным запасом элементов питания растений (N, P и K). Они уплотнены, обладают низкой пористостью и оструктуренностью и подвержены эрозии.

Почвы, развитые на плотных магматических и метаморфических породах Тункинской котловины (кристаллосланцах, гнейсах, магматитах, вулканитах – четвертичных базальтах), имеют супесчаный или легкосуглинистый гранулометрический состав, высокую плотность, низкую водопроницаемость (в 3–4 раза ниже водопроницаемости лёссовидных пород), характеризуются низким содержанием кальция и отсутствием карбонатного горизонта. Здесь формируются подбуры и подзолы, дерново-подбуры оподзоленные, литоземы, петроземы и карбопетроземы, буроземы грубогумусные и дерново-подзолистые почвы. Почвы, формирующиеся на шлаках древних вулканических конусов Тункинской долины, подвергаясь процессам выветривания, характеризуются выраженным интенсивным ожелезнением и оглиниванием профиля.

Долинные почвы, сформированные на аллювиально-пролювиальных, флювиогляциальных зандровых омергеленных и лессовидных остаточнокарбонатных отложениях представлены аллювиальными и органо-аккумулятивными серогумусовыми квазиглеевыми почвами, дерново-подбурами иллювиально-железистыми, буроземами и серыми метаморфи-

ческими остаточно-карбонатными, преимущественно с нейтральной или щелочной реакцией среды, высоким содержанием обменных катионов и емкостью поглощения, достаточной гумуссированностью. Их гранулометрический состав варьирует от супесчаного до тяжелосуглинистого.

Данные гранулометрического состава некоторых исследованных типов почв представлены на рисунке.



■ 1-0,25 ■ 0,25-0,05 ■ 0,05-0,01 ■ 0,1-0,005 ■ 0,005-0,001 ■ <0,001

Рис. Гранулометрический состав исследуемых типов почв:

А – карбопелтрезом гумусовый остаточно-карбонатный иллювиально-железистый на делювиально-травертиновых (хемогенных солевых) отложениях (пос. Аршан, сейсмостанция); Б – литозём перегнойный иллювиально-железистый на элювии вулканических шлаков (г. Хара-Болдог); В – дерново-подбур иллювиально-железистый на флювиогляциальных задровых омергеленных супесях с погребенной серогумусовой криотурбированной почвой (Бадары); Г – серая метаморфическая глинисто-иллювирированная остаточно-карбонатная на лессах с вулканическими шлаками (г. Шенгетэ, пос. Хурай-Хобок); Д – серогумусовая квазиглеевая остаточно-омергеленная почва на аллювиально-пролювиальных отложениях с погребенными гумусовыми горизонтами (пос. Тагархай); Е – подбур оподзоленный иллювиально-железистый глееватый остаточно карбонатный на делювиально-пролювиальных отложениях (пос. Аршан); Ж – карболитозем перегнойно-темногумусовый на делювии мраморизованных известняков (пос. Аршан, г. Пик Любви); З – бурозем остаточно-карбонатный на лессовидных карбонатных суглинках с вулканическими шлаками (г. Талая)

Выступая в роли косного компонента почвы, ПП при всем их разнообразии в Тункинской долине БРЗ определяют исходно разно-компонентный минеральный субстрат для почвообразования. Дальнейшее влияние ПП на преобразование почв во времени снижается под комплексным воздействием климата, биологических факторов и рельефа, но функционально связанное с ПП, проявляется в неоднородности, сложности, контрастности и мозаичности структур почвенного покрова.

УДК 631.4

ПРОЯВЛЕНИЕ КРИОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЧВАХ ДОЛИНЫ Р. КУДЫ (ДЕР. БАЙТОГ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

П. П. Петшик, С. Л. Куклина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
Petsk Pavel24@gmail.com*

The following cryogenic processes have been identified in the soils of the Kuda River valley: cryoturbation, involution, cracking and thermal abrasion. Negative temperatures, a large proportion of clay in the sediments and moisture made a great contribution to their formation.

Целью данной работы является выявление и изучение следов криогенных процессов в почвах долины р. Куды.

При закладке трех почвенных разрезов в окрестностях дер. Байтог Эхирит-Булагатского района Иркутской области в профилях почв были выявлены следующие криогенные процессы: криотурбация, инволюция, трещинообразование и термоабразия. Большой вклад в их формирование внесли отрицательные температуры и повышенная влажность отложений. Данная территория характеризуется резко континентальным климатом с малоснежной холодной зимой. Средняя температура января – -23°C , июля – 21°C . Осадков около 300 мм в год [1]. Но из-за того что территория исследования в геологическом плане сложена красноцветными нижнекембрийскими аргиллитами и алевролитами, почвы имеют достаточно тяжелый гранулометрический состав, который благоприятствует задержки влаги в почвенном профиле и хорошему проявлению криогенных процессов.

Ниже представлены результаты исследований.

На рис. 1 представлено фото почвенного разреза, заложенного на низкой пойме р. Куды. В его средней и нижней частях отмечаются следы процессов криотурбации и инволюции.

При сезонном промерзании почвы на линии соприкосновения двух мерзлых слоев: нижним среднесуглинистым (AG) и верхним тяжелосуглинистым (С), глинистый горизонт (АН) становится сильно переувлажненным и испытывает избыточное давление. По мере дальнейшего зажимания

этого горизонта мерзлотой, жидкая почвенная суспензия не только была криотурбирована, но и внедрилась (выделена оранжевым цветом) в верхний горизонт с более легким гран. составом. Эти явления можно считать современными, потому что затрагивают горизонты, которые сформировались позднее.

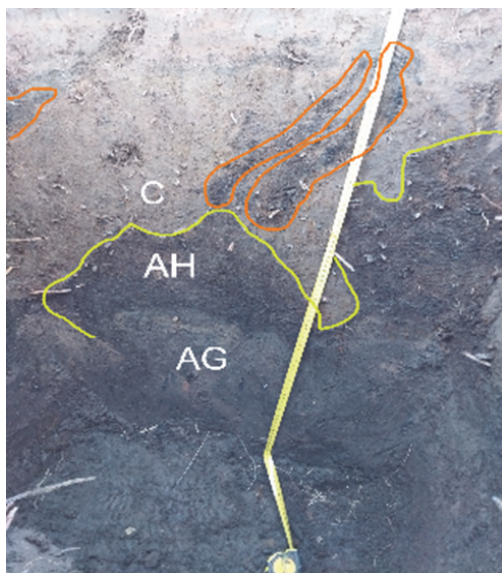


Рис. 1. Часть почвенного профиля разреза

Почвенный профиль разреза 2 (рис. 2) который находится на надпойменной террасе, в кровле и подошве погребенного гумусового горизонта видна языковатость, образованная в результате криогенного трещинообразования. Трещины имеют две генерации и заполнены материалом похожим морфологически на вышележащие над ними горизонты. Ширина нижнего уровня трещин составляет 15–30 см, а мощность 18–30 см. Расположены они друг от друга на расстоянии 30 см. Верхний уровень трещин имеет следующие размеры: ширина около 10 см, глубина – 10–15 см, и они «вложены» в трещины, сформированные ранее. Отмечается, что гранулометрический состав гумусированного материала в трещинах (2AU) более тяжелый, нежели в горизонте 1AU. Это может объясняться либо перемещением глины вместе с влагой вниз по трещинам, либо тем, что этот темный гумусированный горизонт когда-то состоял из двух слоев, нижний из которых был тяжелее по гранулометрическому составу. Часть его заполнила трещины, а другая была уничтожена или перемешана с вышележащим слоем в процессе почвообразования.

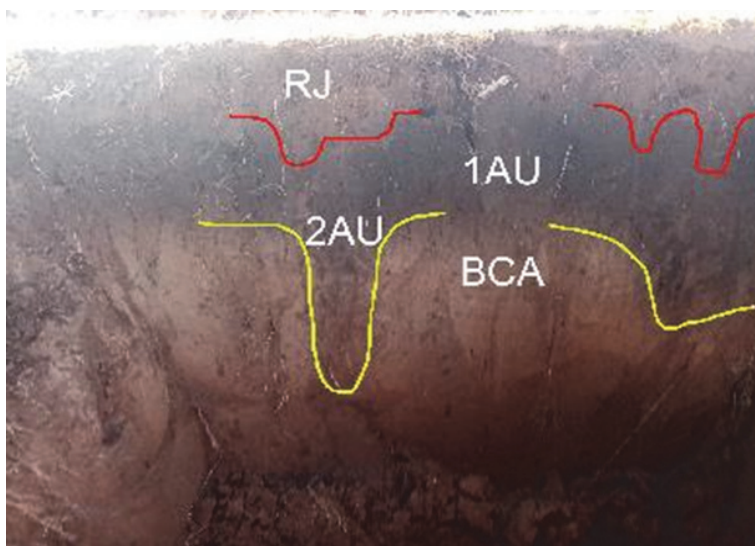


Рис. 2. Часть почвенного профиля разреза № 2 с выделенными криогенными структурами

Морозобойное растрескивание происходило при сильном и быстром охлаждении почвы. Из-за резкой разницы температур сжатие почвы на поверхности происходило сильнее, чем на небольшой глубине. Это привело к появлению трещин на поверхности. При дальнейшем попадании в трещины влаги и ее замерзании, они увеличивались. Нижний уровень трещин (1-я генерация) сформировался в более суровых условиях (на стыке плейстоцена и голоцена примерно 11,7 тыс. л. н.), когда температура была ниже на 5–10 °С, поэтому процесс трещинообразования в них развит сильнее чем в верхних (2-й генерации), которые формировались в более теплое голоценовое время.

Разрез 3 заложен на переходной поверхности между надпойменной террасой и поймой. В середине почвенного профиля (рис. 3) видны фрагменты, содержащие часть гумусового и срединного горизонтов, которые имеют более тяжелый гранулометрический состав и резко отличаются по морфологическим признакам от горизонта, вмещающего их. Эти фрагменты, вероятно, когда-то слагали бровку террасы и в процессе термоабразии отделились от нее и переместились вниз по склону (на пойму), где в дальнейшем были погребены другими отложениями. Острые края и достаточно крупные блоки фрагментов, могут свидетельствовать о том, что во время падения они были промерзшими.

Таким образом, в почвенных профилях были выделены криогенные структуры (термоабразия, криотурбация, трещинообразование и инволюция), сделана попытка объяснить механизмы их формирования.

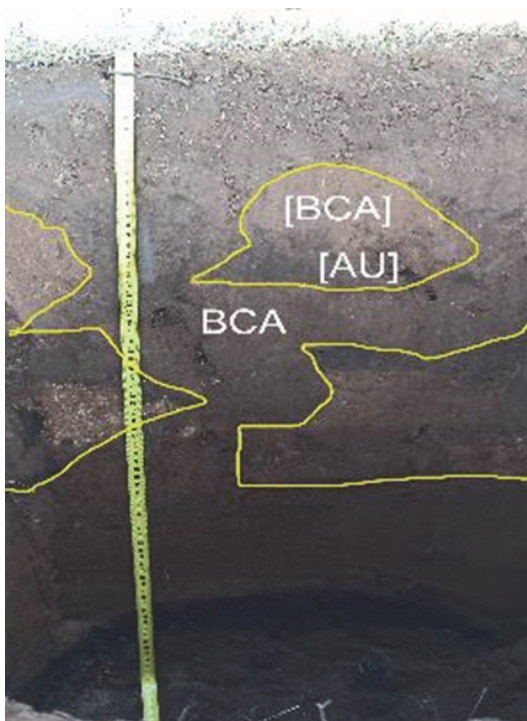


Рис. 3. Профиль почвы разреза № 3 с выделенными криогенными структурами

Список литературы

1. Доржиева Ю. В. Физико-географическая характеристика Эхирит-Булгатского района. URL: <https://infourok.ru/fizikogeograficheskaya-harakteristika-chiritbulagatskogo-rayona-2547524.html?ysclid=lg13mgv96a799754036> (дата обращения: 14.04.2023).

*Научный консультант: гл. специалист-эксперт отдела археологии
Службы по охране объектов культурного наследия Иркутской области
Стерхова И. В.*

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И ОТЛОЖЕНИЙ ПЕРВОЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ Р. КУДЫ (В ОКРЕСТНОСТИ ДЕР. БАЙТОГ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ)

М. Д. Рубцов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

MihalDmitrich@yandex.ru

This work is devoted to the study of the soil profile, which is located on the first floodplain terrace of the Kuda River. As a result of studying the soil on the first above floodplain terrace, it was found that the soil has a high humus content, pH from alkaline to strongly alkaline, which is explained by the influence of the rocks on which the soil is formed. The granulometric composition of the soil depends not only on the rocks, but also on diluvial and aeolian processes, which formed a profile with several buried humus horizons.

Цель работы: дать характеристику почв и отложений, вскрытых на первой надпойменной террасе р. Куды, в ее верхнем течении.

Рассматриваемый ниже разрез заложен на первой надпойменной террасе на правом берегу р. Куды в окрестностях дер. Байтог.

В ходе работы было проведено морфологическое описание, определение углерода мокрым сжиганием по И. В. Тюрина, измерение pH водной вытяжки, определение гранулометрического состава почвы по методу Н. А. Качинского в почвах и отложениях.

Морфологически в почве выделены 7 горизонтов, профиль которой описывается формулой – $AU_1-AU_2-BCA_1-BCA_2-[A_1]-AC-[A_2]$ Чернозем с погребенными горизонтами.

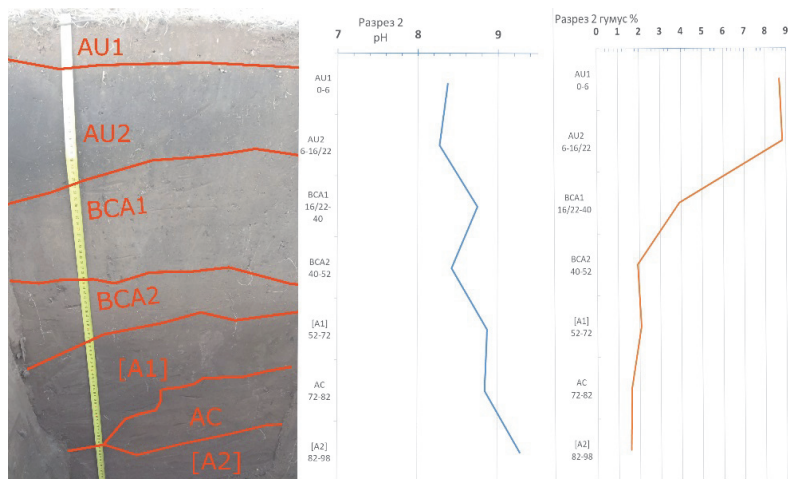


Рис. 1. Строение профиля почвы и такие свойства как pH и % гумуса

Почва в профиле имеет два гумусовых погребенных горизонта в нижней части профиля, а сверху на темноокрашенный горизонт AU_2 в результате эолово-делювиальных процессов нанесен горизонт, который в настоящее время активно вовлечен в почвообразовательный процесс и судя по гумусированности может называться темногумусовым (AU_1).

Гумусированность в верхних двух горизонтах AU высокая и примерно одинаковая (8,7 и 8,8 %) хотя окрашенность горизонтов различна – AU_2 более темный, чем AU_1 , возможно это связано с большим содержанием корней в верхнем горизонте, которые дали завышенный результат. Ниже по профилю гумусированность резко снижается, и даже в темноокрашенных погребенных гумусовых горизонтах нет резких скачков повышения содержания гумуса по сравнению с другими более светлоокрашенными горизонтами ($[A_1]$ – 2 %, $[A_2]$ – 1,5 %; AC – 1,6 %).

Почва имеет щелочную реакцию среды: 8,2–8,7 в верхней части профиля и 8,8–9,2 в нижней части профиля. Высокие значения pH связаны с карбонатными горными породами, а очень высокие значения до 9,2, вероятно, с содержанием гипса в нижних горизонтах почв

Анализ гранулометрического состава показал однородность почвы и показал преобладание фракции мелкого песка, среднее значение которого 55 % (рис. 2), не включая AU_1 , в нем содержание мелкого песка равно 40 %, также существенную долю занимает фракция крупной пыли. Это вызвано тем, что в этот горизонт, активно приносится материал делювиального и эолового происхождения. По Н. А. Качинскому, эту почву можно отнести к супесчано-легко суглинистым.

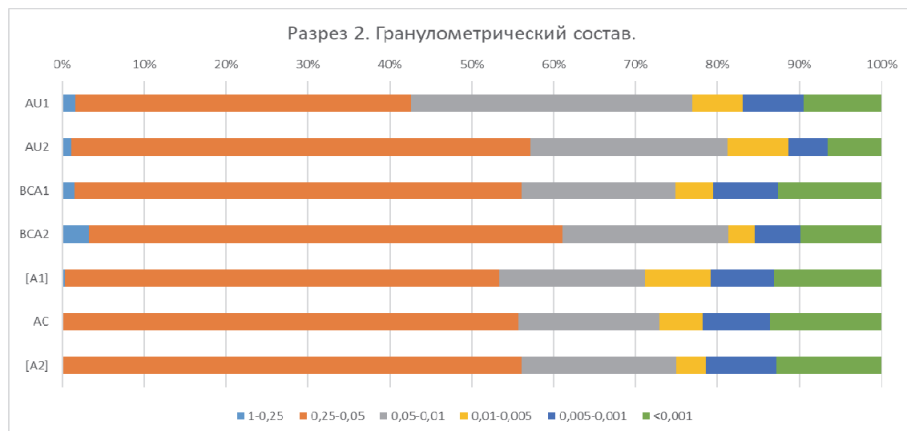


Рис. 2. Распределение гранулометрического состава по фракциям

В результате изучения почвы на первой надпойменной террасе, было выявлено, что почва имеет высокую гумусированность, pH от щелочного до сильнощелочного, что объясняется влиянием горных пород, на которых формируется почва. Гранулометрический состав почвы зависит не только от горных пород, но и от делювиальных и эоловых процессов, которые сформировали профиль с несколькими погребенными гумусовыми горизонтами.

Научный руководитель: канд. биол. наук, доцент кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Кукулина С. Л.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА ТБО (СВАЛКИ) ИРКУТСКОГО РАЙОНА НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЛАНДШАФТОВ РАСПАДКОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ДЕР. КАРЛУК

**В. В. Романкевич¹, Н. А. Мартынова¹, Е. И. Мартынова²,
Д. М. Беспалов³, А. В. Швец³, А. Ж. Дамдинова³, Ю. Ж. Дамдинова³,
Е. И. Филатова³, Е. И. Суворова³, С. Н. Севостьянова³, С. М. Федина³,
А. П. Макаревич³, А. А. Бобина³, С. В. Карташова³**

¹*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*

²*МБОУ СОШ № 19, г. Иркутск, Россия*

³*МОУ ИРМО «Карлукская» СОШ, Иркутский район, Россия
dililin158@gmail.com*

A study of the soils of the valley of the environs of the Karluk village was carried out, which were affected of landfill of solid household waste of the Irkutsk region. A strongly alkaline reaction of soils and a high content of chlorine ion were revealed, as well as a sharp decrease in the germination activity of biotest seeds, increasing with depth and in the soils of the underlying landscapes, which confirms the toxic effect of the landfill on nearby biogeocenoses.

Одной из насущных проблем современного общества является процесс урбанизации, способствующий интенсивному росту и развитию городов, что неизбежно приводит к необходимости своевременного удаления из мест проживания людей твердых бытовых отходов (ТБО), их безопасной утилизации, накопления, хранения и концентрации на специальных полигонах. Наиболее дешевым способом утилизации из всех современных технологий их является депонирование на специальных полигонах ТБО.

Под воздействием солнечного света и тепла, пожаров (в том числе и подземных), а также под влиянием атмосферных осадков на полигонах ТБО могут происходить различные неконтролируемые физико-химические реакции, приводящие к формированию многочисленных токсичных веществ (как в жидком, так и в твердом и газообразном состояниях), которые

с течением времени распространяются на почвы и биоценозы окружающих близлежащих ландшафтов (особенно – в распадах и падах).

Были исследованы образцы почв, отобранных из 6 почвенных прикопок (рис., А), заложенных по одному из распадков окрестностей дер. Карлук Иркутского района Иркутской области, непосредственно прилегающих к городской свалке – полигону ТБО Иркутского района (расположенному по адресу – Александровский тракт, 5). Также были изучены фоновые почвы (КЛ-1ф) склоновых ландшафтов пади с серыми иллювиально-железистыми легко-среднесуглинистыми остаточно-карбонатными почвами, развитыми на элювиально-делювиальных суглинистых окарбонированных отложениях, подстилаемых юрскими супесчано-суглинистыми породами с формирующимися на них злаково-разнотравно-осоковыми березово-сосновыми лесами. Почвы характеризуются слабокислой реакцией среды, увеличивающейся в почвообразующей породе до pH 8. Дерновогумусовая толща характеризуется высоким содержанием углерода и подвижного железа, максимум которого приходится на текстурный горизонт ВТf. В распадке формируются серо- и темногумусовые глеевые и глееватые натечно-карбонатные почвы, местами – с пирогенными горизонтами. Характер растительности, особенно – в нижележащих ландшафтах, свидетельствует о создании условий, не благоприятствующих ее росту, вплоть до умирания, что подтверждает наличие мертвых сухостойных остатков деревьев и кустарников по дну распадка.

pH почвенных суспензий и водных вытяжек из почвенных образцов щелочная и сильнощелочная (за исключением почв элювиальных позиций), увеличивается вниз по профилю в силу процессов натечности и промывания из-за хорошей дренируемости верхних горизонтов. Во всех почвах распадка выявлено повышенное количество хлора в водной вытяжке, причем в почвах нижележащих ландшафтов его количество заметно увеличивается.

Проведенные нами исследования экологического состояния через биотестирование количества и качества проростков редиса в пробах водной вытяжки из исследуемых почв распадка (рис., Б) показали однозначное увеличение загрязнения почв нижележащих по распадку точек обследования, причем, снижение длины проростков и их общей биомассы резко снижается с глубиной, что также, как и pH, подтверждает наибольшее накопление токсичных веществ в срединных горизонтах, что возможно обусловлено их большей адсорбционной способностью благодаря более тяжелому суглинистому составу.

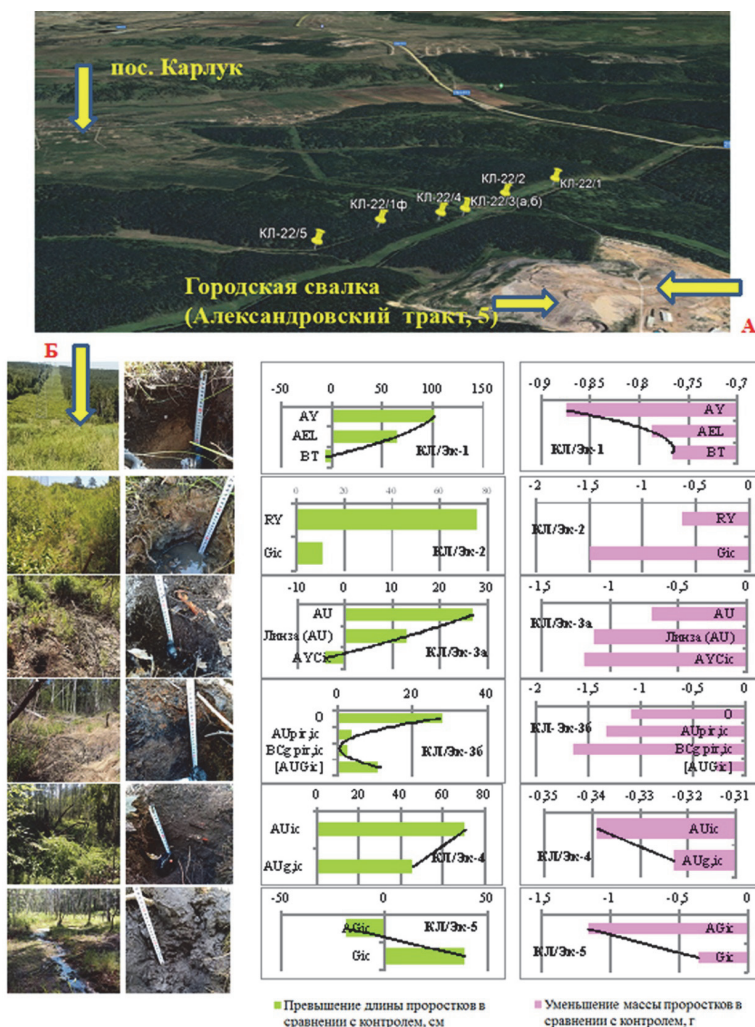


Рис. А – точки обследования окрестностей дер. Карлук; Б – показатели биотеста влияния загрязнения Александровского полигона ТБО Иркутского района на почвы: биодиагностики прорастания проростков семян и снижения их массы по сравнению с контролем

Примечание: почвы: КЛ/Эк-1 – серая иллювиально-железистая; КЛ/Эк-2 – серогумусовая глеевая натечно-карбонатная; КЛ/Эк-3a – темно-гумусовая натечно-карбонатная; КЛ/Эк-3б – темногумусовая пирогенная глееватая с погребенным гумусовым горизонтом натечно-карбонатная; КЛ/Эк-4 – темно-гумусовая глеевая натечно-карбонатная; КЛ/Эк-5 – глеезем натечно-карбонатный

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ ИРКУТСКОГО РАЙОНА

М. Б. Рюмин

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
maksim.ryumin@mail.ru*

Oil pollution of gray forest and soddy-podzolic soils led to a decrease in capillary water capacity, plasticity and solid phase of soils. As a result of the introduction of the nonionic surfactant tween-80 into the oil-contaminated soil, these indicators were partially restored, but their values remained lower than in soil samples subjected to oil treatment.

Почвы ежегодно подвергаются сильнейшему антропогенному давлению. Нефтяная промышленность оказывает значительную долю негативного воздействия на почвы. Попадание компонентов нефти в почву вызывает изменение ее физических, химических, биологических свойств, что неизбежно приводит к снижению и даже полной потере плодородия почвы [1]. И одним из ключевых вопросов в этой области является степень влияния нефтяного загрязнения на физико-химические свойства почвы [2; 3].

В условиях эксперимента в дерново-подзолистой почве под воздействием нефтепродуктов наблюдалось снижение скорости капиллярного подъема влаги. Так, в контрольном образце дерново-подзолистой почвы скорость капиллярного подъема воды составила 13,2 см/ч, капиллярная влагоемкость составила 21 %, что соответствует неудовлетворительной капиллярной влагоемкости по Н. А. Качинскому. Высота подъема капиллярной влаги в этом образце через 20 мин после начала эксперимента составила 1,2 см. Через 5 мин, через 10 мин она увеличилась на 0,2 см, а через 15 мин достигла значения 0,8 см, что в 1,5 раза меньше, чем в незагрязненном образце.

Скорость капиллярного подъема влаги дерново-подзолистой почвы после обработки нефтью составила 3,6 см/ч, поскольку нефть обладает способностью закупоривать поры почвы и, как следствие, замедляет прохождение влаги. Таким образом, при добавлении нефти к контрольному образцу почвы капиллярная влагоемкость уменьшилась на 7,2 % и составила 13,8 %, что соответствует неудовлетворительной капиллярной влагоемкости.

Обработка загрязненных нефтью образцов дерново-подзолистой почвы твином-80 в концентрации 333 мл/кг привела к увеличению скорости повышения влажности по сравнению с загрязненным нефтью образцом без добавления поверхностно-активных веществ. После введения неионного поверхностно-активного вещества твин-80 в загрязненный нефтью образец почвы в количестве 333 мл/кг исследуемый показатель увеличился на 4,7 % и стал равен 18,5 %, что соответствует неудовлетворительной ка-

пиллярной влагоемкости. Изменение высоты подъема влаги в незагрязненном (контрольном) образце серой лесной почвы через 5 мин после начала эксперимента составило 6,5 см, через 10 мин высота подъема увеличилась на 2 см, а через 15 мин составила 9,5 см. В то же время высота поднятия влаги в образце серой лесной почвы, обработанной нефтью, через 5 мин составила 0,5 см, через 10 мин увеличилась на 0,6 см, а через 15 мин – на 0,5 см. Внесение твина-80 привело к некоторому увеличению капиллярной влагоемкости почвы по сравнению с образцом, загрязненного нефтью. Однако полного восстановления значений влагоемкости до уровня исходного (незагрязненного) образца почвы не произошло. Скорость капиллярного подъема контрольного образца серой лесной почвы составила 36 см/ч, а после обработки нефтью она снизилась до 5,6 см/ч. После внесения твин-80 в загрязненную нефтью почву этот параметр был равен 9,5 см/час.

Аналогичный эффект наблюдался и при оценке параметра капиллярной влагоемкости. Нефть ухудшила этот показатель с 60,2 (в исходной почве) до 16,3 % (в почве, загрязненной нефтью), а последующее внесение твина-80 несколько “реабилитировало” эту характеристику почвы: капиллярная влагоемкость увеличилась до 21,8 %.

В контрольном образце дерново-подзолистой почвы показатель пластичности составлял 14,5 %, класс почвы был III, и почва была пластичной. После обработки маслом степень пластичности дерново-подзолистой почвы снизилась с 14,5 % до 2,0 %. Этот показатель соответствует почве II класса, почва слабопластична. Введение твина-80 (333 мл/кг) в загрязненный нефтью образец дерново-подзолистой почвы вызвало увеличение показателя пластичности до 9,9 %. Класс грунта – III, почва пластична. Но, тем не менее, показатель остался ниже контрольного. В контрольном (незагрязненном) образце серой лесной почвы число пластичности составляло 15,0 %, класс почвы был III, и почва была пластичной. После нефтяной обработки серой лесной почвы показатель пластичности значительно снизился и стал составлять 3,8 %. Класс почвы снизился до II, почва стала слабопластичной. Внесение твина-80 (333 мл/кг) в загрязненный нефтью образец почвы вызвало увеличение показателя пластичности до 9,0 %. Это в 2,5 раза выше, чем в загрязненной нефтью почве без добавления поверхностно-активных веществ, но все же ниже, чем в исходном (незагрязненном) образце. Класс почвы после внесения твина-80 остался на уровне загрязненной нефтью почвы (III), но почва стала более пластичной.

Выявлено изменение плотности твердой фазы почвы под воздействием нефти. Показатель твердой фазы почвы составил 1,7 г/см³. При добавлении нефти в почву показатель уменьшается (1,5 г/см³), что делает почву более рыхлой с точки зрения прилипания мелких частиц друг к другу. При добавлении поверхностно-активного вещества, показатель увеличивался до 1,6 г/см³. Это может быть связано с маслянистой структурой твина-80,

которая действует как клей для мелких частиц почвы. Изменение параметров твердой фазы серой лесной почвы после внесения нефти (333 мл/кг), а затем твин-80 (333 мл/кг) было аналогично изменению параметров дерново-подзолистой почвы. После обработки почвы нефтью показатель снизился до 1,5 г/см³. Почва стала более рыхлой, с трудом скатывалась в комки. Однако внесение твина-80 не позволило восстановить показатель твердой фазы до исходного значения (1,7 г/см³). Таким образом, нефтяное загрязнение привело к снижению показателей капиллярной водоемкости, пластичности и твердой фазы почв. Сильно загрязненные (нефть 333 мл/кг) образцы серых лесных и дерново-подзолистых почв быстро начали терять способность поглощать влагу, они стали характеризоваться более низкими значениями гигроскопической влажности, водопроницаемости и влагоемкости по сравнению с незагрязненными образцами. Также нефть, вероятно, действовала как своего рода адгезивный агент, способствующий сцеплению частиц, но действующий только на добавление и стабилизацию тонких капилляров, при этом закупоривая крупные поры, что приводило к снижению водоудерживающей способности почв. После добавления неионного поверхностно-активного вещества твин-80 к загрязненным нефтью образцам серых лесных и дерново-подзолистых почв произошли положительные изменения в показателях влагоемкости, пластичности и твердой фазы почв. Однако эти параметры оставались ниже значений исходных образцов почвы.

Список литературы

1. Bayramova A. R. Impact of oil pollution on soil fertility // East European Scientific Journal. 2021. N 10-2(74). P. 40–42.
2. Мухаметова И. В., Зайнутдинова А. Ф. Биотехнологии для снижения влияния нефтезагрязнений на почву и водоемы в Республике Башкортостан // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 5-2. С. 32–35.
3. Yu C., Yao J. Polycyclic aromatic hydrocarbons degrading microflora in a tropical oil-production well // Bull Environ Contam Toxicol. 2014. Vol. 93, N 5. P. 632–636.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Лопатовская О. Г.

ПРОФИЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ В ПОЧВАХ ЮЖНОГО ПРИАНГАРЬЯ

А. М. Савостьянова, Н. Д. Киселева

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Sasha_Savostyanova@mail.ru

In this article, the carbonate content of soils is considered. The ways of carbonates entering the soil, their forms and conditions of formation are listed. Observations of the formation of carbonates in various conditions of soil formation are given on the example of soils of the Southern Angara region.

Карбонаты – это уникальные минералы, которые участвуют в биологических, химических и физико-химических процессах на протяжении всех экологических эпох. Особенности распределения и морфологии карбонатов в профиле почв показывают направленность и интенсивность процессов почвообразования и зависит от большого количества факторов.

Содержание, глубина залегания и форма карбонатов в почве зависит от пути их поступления. В почву могут поступать двумя путями: формирование карбонатов в почве за счет материнской породы или осаждения из растворов и поступление извне. По классификации С. А. Захарова выделяют следующие формы новообразований карбонатов: выпоты, налет, жилки, пропитка, белоглазка, журавчики и дутики.

Для формирования карбонатных новообразований требуются определенные факторы. К таким относится чередование сухого и влажного сезонов, наличие теплого сухого сезона, преобладание испаряемости над количеством осадков, чередование нисходящего и восходящего тока почвенных растворов, нейтральные или слабощелочные условия среды, травянистая растительность, зрелость ландшафта [1].

Карбонатность почв оценивается по нескольким критериям: граница вскипания, процент содержания CaCO_3 в горизонте. По верхней границе вскипания почвы можно разделить на поверхностнокарбонатные, вскипающие в слое 0–20 см, высокопрофильнокарбонатные, в пределах 20–40 см, среднепрофильнокарбонатные с границей вскипания на глубине 40–100 см и глубококарбонатные, вскипающие на глубине 100–200 см. [5]. По содержанию CaCO_3 в горизонте, расположенном в пределах корнеобитаемого слоя, выделяют слабокарбонатные ($\leq 2\%$), карбонатные (2–15 %), среднекарбонатные (15–25 %), сильнокарбонатные (25–50 %), очень сильнокарбонатные ($>50\%$) [4]. На примере черноземов разных регионов Прибайкалья были рассмотрены данные критерии.

Зонами распространения карбонатных почв являются территория западного побережья оз. Байкал (Приольхонье), левый берег р. Белой и островные лесостепи Верхнего Приангарья, межгорные котловины Селенгин-

ского среднегорья. Регионы объединяет резко континентальный климат с жаркими и сухими условиями и сравнительно небольшим количеством осадков (300 мм год). Наблюдается криоаридный тип почвообразования, который характеризуется глубоким промерзанием почв в зимний период и длительным сохранением отрицательных температур. Приольхонье представлено породами позднего архея. Долины Верхнего Приангарья сложены кембрийскими карбонатными породами. Селенгинское Среднегорье лежит на элювий-делювий плотных пород [2].

На территории Приольхонья рассмотрен чернозем типичный (AU-BCA-Cca), который был сформирован на древних террасах, сложенных аллювиальными и делювиальными лессовидными отложениями, под злаково – полынными ассоциациями в естественных условиях [6]. Профиль лесостепей Верхнего Приангарья представлен черноземом дисперсно-карбонатным (AU-BCA-Cca). Он сформирован на бугре под степной разнотравно – злаковой растительностью [3]. На территории Селенгинского Среднегорья рассмотрен чернозем сегрегационный (AU-BCAnc-C), который был сформирован на террасе на золотых отложениях [2].

Несмотря на схожесть физико-географических условий, содержание карбонатов и их глубина залегания в почвах разных регионов отличается. Так содержание карбонатов в профиле чернозема сегрегационного Селенгинского Среднегорья значительно меньше других районов и достигает 4 %. Когда в почвах Прибайкалья, а именно в черноземе типичном и черноземе дисперсно-карбонатном, оно достигает 24 %. Так же отличительная особенность Селенгинского района – высокоокарбоначенные почвы. А почвы Приольхонья и Верхнего Приангарья неглубокоокарбоначные. К общим чертам всех районов относится то, что аккумулятивно-карбонатные горизонты почв имеют волнистую резкую границу, которая совпадает с уровнем вскипания от HCl. Глубина залегания находится в промежутке от 50–100 см. В среднем мощность горизонта аккумуляции карбонатов равна 50 см. Почвы карбонатные, среднемощные. Сложение фрагментарно-плотное. Верхний пик содержания карбонатов, связанный с их выщелачиванием и последующей аккумуляцией в ходе современного педогенеза, обычно максимален. Наибольшие содержания карбонатов отмечаются в верхних частях профилей разновозрастных почв, формирующихся в условиях близкого залегания карбонатных почвообразующих пород. Наиболее распространенные формы карбонатов в почвах Байкальского региона: пропиточные формы, белоглазка, гипокутаны, ризолиты, игольчатый кальцит, кутаны [2]. Карбонатные профили почв Селенгинского среднегорья и Приольхонья характеризуются внутрипрофильными максимумами CaCO_3 , что связано с перераспределением карбонатов на разных этапах почвообразования, за счет приноса карбонатсодержащих пород с продуктами выветривания. В профиле почвы Верхнего Приангарья распределение карбонатов увеличивается вниз по профилю, это связано с формированием

почвы на карбонатных породах и облегчением гранулометрического состава вниз по профилю.

Карбонатность – содержание в почве или почвообразующей породе карбоната кальция (CaCO_3). В целом по критериям оценки карбонатности почв, почвенные профили имеют схожие значения. Но есть некоторые различия, за счет различий условий их формирования.

Список литературы

1. Вальков В. Ф., Казеев К. Ш., Колесников С. И. Карбонатность почв: генетические и экологические аспекты // Грунтознавство. 2005. Т. 6, № 1-2.
2. Голубцов В. А., Черкашина А. А., Бронникова М. А. Карбонатные новообразования в степных и лесостепных почвах Байкальского региона: генезис, условия и хронология формирования / отв. ред. Ю. В. Рыжов ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т географии им В. Б. Соchавы. Новосибирск : СО РАН, 2021. 222 с.
3. Классификация и диагностика почв России / авт. и сост.: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Мелиорация засоленных почв и методы их изучения : учеб.-метод. пособие / авт.-сост. Е. В. Каллас, Т. А. Марон. Томск : Издат. дом Том. гос. ун-та, 2018. 138 с.
5. Руководство по управлению засоленными почвами / Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. Рим, 2017. 143 с.
6. Physical and Chemical Properties and Electrical Resistivity of South Cisbaikalia and Priolkhonye Soils / A. A. Kozlova, C. G. Gyulalyev, V. L. Khalbaev, V. V. Nechaeva, A. E. Egodurov, M. A. Sabutsky, D. A. Ushakov, A. L. Zurbanova, K. K. Minakov // European Geographical Studies. 2014. Vol. 3, N 3. С. 108–115.

УДК 631.421

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАССИЧЕСКИХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПОЧВОВЕДЕНИИ

А. Д. Уткина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
alina. utkina12@gmail.com*

In this study, classical statistical methods were applied to study the influence of hydrothermal, agrochemical, and biological properties on the productivity of phyto- and agrocenoses of soddy-brown-podzolic soils in the Southern Cis-Baikal region.

Математизация почвоведения, интенсивно идет последние 30–40 лет, что, несомненно, является естественным результатом развития, с одной стороны, самого почвоведения, а с другой – математики и вычислительной техники [2]. Современная статистика в почвоведении – это быстро развивающаяся область прикладной статистики с большим набором методов, моделей для анализа, обработки и представления пространственной информации. В последние годы геостатистические методы активно используются в почвоведении и экологии – при изучении структуры почвенного покрова, пространственной организации почвы и ее трансформации во

времени, закономерностей пространственного варьирования агроэкологического качества почв, их химического состава и гидрофизических параметров, микроклиматических и микробиологических особенностей, уровня загрязнения и устойчивости к деградации и загрязнению [1].

Целью исследования стало применение классических статистических методов при изучении влияния гидротермических, агрохимических и биологических свойств по отношению к продуктивности фито- и агроценозов дерново-буро-подзолистых почв Южного Предбайкалья.

Сначала методом описательной статистики были найдены среднее арифметическое и стандартное отклонение для укосов фитомассы фито- и агроценозов дерново-буро-подзолистых почв Южного Предбайкалья на целине, пашне и залежи. В программе Excel были построены частотная гистограмма и ящечная диаграмма.

Далее нам нужно определить имеет ли выборка нормальное распределение или нет, чтобы понимать: с какими далее статистическими методами работать. Установлено, что идёт ненормальное распределение, но для большего подтверждения был использован тест на нормальность в программе Past. Есть разновидности критериев, по которым можно рассчитать нормальное распределение, когда уровень значимости больше 0,05. Наиболее используемый из них – это критерий Шапиро – Уилка.

Если уровень значимости меньше 0,05, то распределение ненормальное, а во всех имеющихся данных почти все показатели имели ненормальное распределение, то применяют критерий Tukey's. Ненормальное распределение данных может быть связано или с недостаточным количеством взятых проб, или с внешними признаками условий среды. В нашей работе данные имели ненормальное распределение, поэтому дисперсный анализ применять нельзя. Было проведено сравнение гидротермических, физико-химических, питательных и биологических свойств согласно их расположению на территории по угодьям и элементам микрорельефа. На примере фитомассы, рассматривая угодья, наблюдается, что целина-пашня и целина-залежь имеют различия по фитомассе, а пашня-залежь не имеют. Поскольку целина не подвергалась сельскохозяйственной обработке, она имеет хороший растительный покров в отличие от пашни и залежи.

Далее мы можем рассмотреть влияние факторов на признак и их связь между собой при помощи корреляции. Можно рассмотреть корреляцию общую для всех угодий и элементов микрорельефа. Иногда по угодьям может быть выявлена корреляция, а по микрорельефу нет, что, по-видимому, связано со сложностью выявления зависимостей между свойствами данным, примененным методом.

Линейная регрессия, отражающая влияния температуры, влажности почвы, ее биологической активности на фитомассу показала имела отрицательную тенденцию. Установлено, что эти показатели находятся в обратной зависимости от фитомассы, т. е. с увеличением температуры и влаж-

ности и со снижением биологическая активность количество фитомассы снижается.

В целом изучение различных статистических методов на примере данных функционирования дерново-буро-подзолистых почв позволило установить алгоритм их применения:

- установление нормального или ненормального распределения данных. После чего выбирается метод дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа. В дерново-буро-подзолистых почвах Южного Предбайкалья установлено ненормальное распределение данных экологических и биологических свойств. В связи с чем из расчетов исключили дисперсионный анализ.

- корреляционный анализ показал, что всегда обнаруживается связь между продуктивностью фитомассы и биологической активностью, температурой почв по угодьям, но не всегда она выявляется применительно к микрорельефу.

- регрессионный анализ позволил установить положительную регрессию между биологической активностью почв и продуктивностью фитомассы и отрицательную регрессию между температурой почвы и продуктивностью фитомассы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ проект № 23-27-10013.

Список литературы

1. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии. Интерактивный курс / Ю. Л. Мешалкина [и др.]. М. : РГАУ-МСХА, 2010 – 95 с.
2. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении : учебник. М. : Изд-во МГУ, 1995. 320 с.

Научный руководитель: д-р биол. наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Козлова А. А.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАДАСТРОВОЙ И РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЭХИРИТ-БУЛАГАТСКОГО РАЙОНА ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

М. И. Шахматова

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
shakhmatova.mar@mail.ru*

The theoretical aspect of the difference between the cadastral and market value of soils is considered. In the article has been researched actual market and cadastral value of soils of agricultural land in the Ekhirit-Bulagatsky district of the Irkutsk region and have been identified disadvantages in the methods of land cadastral registration.

Наибольшей ценностью, которой обладает государство, является земля. Земля служит основой общественной и экономической деятельности человека, и в то же время товаром и источником благосостояния людей. Земля занимает уникальное и ключевое положение в экономической жизни общества, – фактор производства, прямо или косвенно необходимый при изготовлении всех товаров. Будучи базовым ресурсом, земля – источником всех других благ.

Цель данной работы заключается в проведении сравнительного анализа кадастровой и рыночной стоимости почв земель сельскохозяйственного назначения Эхирит-Булагатского района Иркутской области.

Объект оценки – земельный участок площадью 102900 м² – земли сельскохозяйственного назначения, кадастровый номер 85:06:071002:207, расположенный в Иркутская область, Эхирит-Булагатский район, местность Хусхай.

Собственником объекта является субъект Российской Федерации – Иркутская область. Ограничения (обременения) не были зарегистрированы. При оценке использовался сравнительный подход.

Учитывая особенности представленного к оценке участка, затратный подход не может быть применен, так как элементы затратного подхода используются в части расчета стоимости воспроизводства или замещения улучшений земельного участка методом остатка и методом выделения; метод остатка не может быть использован, так как у оценщика отсутствуют сведения о физических характеристиках будущих улучшений, а метод выделения применяется для оценки застроенных земельных участков. Доходный подход тоже не может быть использован, так как у оценщика отсутствуют достоверные сведения о будущих доходах от его использования. Единственно приемлемым подходом является сравнительный подход, так как у оценщика имеется достаточно информации о рыночной стоимо-

сти аналогичных земельных участков. В рамках сравнительного подхода использовался метод сравнения продаж.

Определение рыночной стоимости земельного участка методом сравнения продаж включал в себя четыре этапа. На первом выбирались единица и элементы сравнения. На втором проводился сравнительный анализ объекта оценки и каждого объекта-аналога по всем элементам сравнения. Третий этап включает в себя корректировку значений единицы сравнения для объектов аналогов по каждому элементу сравнения в зависимости от соотношения характеристик объекта оценки и объекта аналога по данному элементу сравнения. Заключительным этапом проводилось согласование результатов корректирования значений единиц сравнения по выбранным объектам аналогам и определение рыночной стоимости оцениваемого объекта [1].

Для сравнения выбрано 4 аналога, их рыночная стоимость предоставлена Интернет-сервисом Avito. Кадастровый номер, площадь и стоимость была предоставлена государственным Интернет-ресурсом ЕГРН, Публичной кадастровой картой, а также добровольно собственниками сельскохозяйственных земель местности Хусхай.

Местоположения аналогов изучаемого участка: Иркутская область, Иркутский район, дер. Зорино-Быково, дп. Родник, пос. Ангарские хутора, а также Шелеховский район, рп. Большой Луг. Все указанные аналоги имеют статус земель сельскохозяйственного назначения.

При увеличении количества корректировок достоверность результата снижалась. Исходя из теории математической статистики была выбрана гиперболическая модель зависимости «вес – количество корректировок».

Проводя сравнительный анализ рыночной и кадастровой оценки земельного участка установлено, что конечный результат значительно отличается. Рыночная стоимость оцениваемого земельного участка составляет 9 529 000 руб., в то время как его кадастровая стоимость равна 420 861 руб., что меньше в 22 раза.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что кадастровая оценка земельного участка проводится без какой-либо ориентировки на рыночную стоимость того же объекта.

Важным недостатком в кадастровой оценке также является то, что существующие методики оценки слабо учитывают влияние географических и климатических факторов, а также не учитывают физическое плодородие почвы, рельефа местности, транспортной доступности, удаленности от рынка сбыта и иные факторы. Их игнорирование приводит к необоснованному завышению или занижению стоимости участков.

В ходе изучения технологий определения рыночной и государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения и их подходов было выявлено, что методика проведения государственной кадастровой оценки земель данной категории обладает недостатками, такими

как использование единых по всей стране удельных показателей и поправочных коэффициентов при расчете нормативной урожайности сельскохозяйственных культур, которые не учитывают специфику объектов и региона, в котором они находятся.

Кроме того, при оценке не используются результаты агрохимического обследования земель, а применение международного опыта в полной мере не учитывает неустойчивость российского рынка земли. Помимо всего этого, при проведении кадастровой оценки объекта оценщики не берут во внимание рыночную стоимость того же участка, что чревато резкой разницей между кадастровой и рыночной стоимостями.

Список литературы

1. Болтанова Е. С. Комментарий к Земельному кодексу Российской Федерации (постатейный). 3-е изд. М. : РИОР: ИНФРА-М, 2019. 412 с.

Научный руководитель: старший преподаватель кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов ИГУ Киселева Н. Д.

УДК 574.5

ЗООБЕНТОС ЛИТОРАЛИ В БУХТЕ БОЛЬШИЕ КОТЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Ю. А. Антонова, Е. Б. Говорухина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
ylechka_antonova@mail.ru*

Zoobenthos is one of the main elements of the ecosystem of Lake Baikal. The study of the dynamics of the zoobenthos of the littoral zone is an important element of the ecological monitoring of Lake Baikal. With the increase in anthropogenic load in Bolshye Koty Bay, it is necessary to conduct regular monitoring studies of zoobenthos.

Зообентос – это важный элемент экосистемы оз. Байкал, состав и обилие которого зависит от многих факторов, таких как глубина, подвижность воды, колебание уровня, характер грунта. Наибольший интерес представляет собой изучение динамики зообентоса в литоральной зоне озера, которая постоянно подвергается колебаниям абиотических факторов и антропогенному воздействию. Из-за стабильной локализации зообентоса на определенных местах обитания в течение длительного времени он может являться удобным объектом для проведения экологического мониторинга. С увеличением, в последние годы, антропогенной нагрузки на водную экосистему Байкала в районе бухты Большие Коты (увеличение количества туристов, развитие маломерного судоходства, строительство новых средств размещения) делает тему исследования актуальной.

Изучение зообентоса в районе бухты Большие Коты началось еще с начала функционирования Байкальской биологической станции (начало XX в.), но исследования проводились не регулярно [3]. Характеристика макрозообентоса каменистых грунтов литорали Байкала в районе бухты Большие Коты и его сезонная динамика была представлена в работе С. Г. Каплиной, которая проводила исследования в период с 1963 по 1968 г. с мая по октябрь [2]. С. Г. Каплиной был сделан вывод, что биомасса и численность представителей макрозообентоса у уреза воды резко колеблется по сезонам. Сотрудниками Лимнологического института СО РАН в 1988 г. были проведены исследования по изучению видового разнообразия сообществ макрозообентоса и особенностей их пространственного распределения в мелководной зоне Южного Байкала, в пади Жилище (пос.

Большие Коты), на глубинах от 0 до 20 м [4]. В период 2009–2011 гг. также они провели комплексные исследования заплесковой зоны в относительно чистых районах бухты Большие Коты [7]. В настоящее время сотрудниками биолого-почвенного факультета Иркутского госуниверситета начаты регулярные исследования в бухте Большие Коты по изучению состава, распределению и динамики зообентоса мелководной зоны (до 10 м).

Материалы и методы. Отбор проб зообентоса осуществлялся в бухте Большие Коты (Южный Байкал) 6 августа 2022 г. в точках, расположенных в местах максимального антропогенного воздействия, на глубинах от 1,5 до 3 м. Всего отобрано 5 проб по 3 повторности. Три пробы – в районе действующего пирса, две пробы – напротив устья р. Большая Котинка. Для отбора проб использовался дночерпатель Петерсена ($S = 0,025 \text{ м}^2$). Собранный материал фиксировался 4%-м раствором формальдегида [1; 5; 6]. Камеральная обработка проб проводилась в лабораторных условиях с использованием бинокулярных микроскопов. Воздушно-сухая биомасса донных беспозвоночных определялась с помощью торсионных и электронных весов с точностью до 0,001 г. Численность и биомасса организмов зообентоса пересчитывалась на 1 м^2 .

Результаты работы. В составе зообентоса на глубине 1,5 м были встречены представители следующих таксономических групп: *Amphipoda*, *Oligochaeta*, *Gastropoda*, *Bivalvia*, *Polychaeta*, *Nematoda*, *Ostracoda*. Доминировали представители *Amphipoda*, *Oligochaeta*, *Gastropoda*, *Polychaeta*, *Ostracoda*. *Bivalvia* и *Nematoda* встречены единично. Большую часть в пробе по численности составляли олигохеты (68 %), амфмподы (16 %) и остракоды (9 %), по биомассе – олигохеты (56 %), амфмподы (27 %) и гастроподы (16 %) (рис. 1, 2).

После разбора всех проб зообентоса будет проведено полное и подробное изучение состава зообентоса и его продукционных показателей в районе бухты Большие Коты, что в дальнейшем позволит провести сравнение с данными научных исследований за другие годы и также проследить динамику.

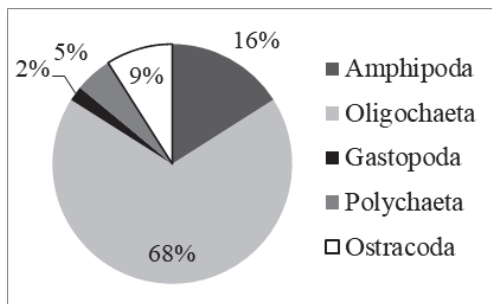


Рис. 1. Процентное соотношение численности доминирующих групп зообентоса на глубине 1,5 м (на 1 м^2)

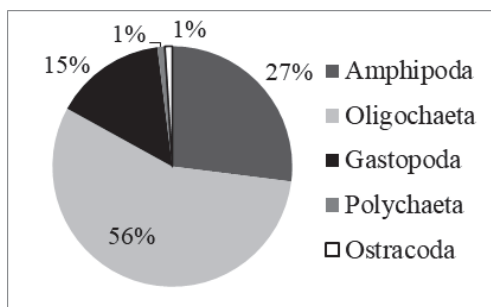


Рис. 2. Процентное соотношение биомассы доминирующих групп зообентоса на глубине 1,5 м (на 1 м²)

Для установления степени антропогенного влияния на водную экосистему оз. Байкал в районе пос. Большие Коты, а также для изучения влияния изменений уровня воды в озере на сообщества зообентоса мелководной зоны необходимо проведение регулярных мониторинговых исследований.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта с Министерством науки и высшего образования РФ «Разработка подходов к оценке воздействия колебаний уровня озера Байкал на разнообразие, качественные и количественные показатели зообентоса и рыб литоральной и прибрежно-соровой зон» (№ контракта FZZE-2021-0012).

Список литературы

1. Жадин В. И. Методы гидробиологического исследования. М. : Высш. шк., 1960. 130 с.
2. Каплина Г. С. Макрозообентос каменистых грунтов литорали оз. Байкал и его сезонная динамика // Продуктивность Байкала и антропогенные изменения его природы. 1974. С. 126–137.
3. Кожов М. М. К познанию фауны Байкала, ее распределения и условий обитания // Известия БГНИИ при ИГУ. 1931. Т. 5, вып. 1.
4. Макрозообентос субаквальных ландшафтов мелководной зоны Южного Байкала. 1. Локальное разнообразие донного населения и особенности его пространственного распределения / Л. С. Кравцова [и др.] // Зоологический журнал. 2003. Т. 82, № 3. С. 307–317.
5. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов / отв. ред. Ф. Д. Мордухай-Болтавской. М. : Наука, 1975. 240 с.
6. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В. А. Абакумова. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 240 с.
7. Тимошкин О. А. Биология прибрежной зоны озера Байкал. Сообщение 1. Заплесковая зона: первые результаты междисциплинарных исследований, важность для мониторинга экосистемы / О. А. Тимошкин [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. 2011. Т. 4, № 4. С. 75–110.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ЗАГРЯЗНЕНИИ МИКРОПЛАСТИКОМ ОЗЕРА БАЙКАЛ (ПОС. БОЛЬШИЕ КОТЫ)

**С. А. Бирицкая, А. В. Лавникова, Н. А. Кульбачная,
Д. Ю. Карнаухов**

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
biritskaya.sofya@mail.ru*

Microplastic pollution of freshwater ecosystems is currently almost unstudied. Lake Baikal is a unique ecosystem whose pollution needs to be studied.

Микропластик – это частицы пластика, размером менее 5 мм [1]. Загрязнение окружающей среды микропластиком привлекает с каждым годом все больше внимания. Частицы микропластика в водных экосистемах впервые были обнаружены около 50 лет назад [2]. В последние десятилетия проблема загрязнения активно изучается, появляется большое количество статей и крупных исследований, посвященных изучению морских и пресноводных экосистем. Озеро Байкал – это уникальный природный объект, отличающийся особенностями происхождения, климата и высоким уровнем эндемизма растений и животных. К сожалению, уровень антропогенной нагрузки на озеро растет с каждым годом. Первые исследования по загрязнению оз. Байкал микропластиком были проведены в 2015 г. [5], а первые опубликованные данные появились лишь в 2020 г. [4]. С 2020 г. в районе пос. Большие Коты в Южном Байкале ежегодно отбирались пробы воды для анализа на предмет загрязнения частицами микропластика. Целью нашего исследования является анализ и сравнение результатов пробоотборов воды, а также выявление наиболее распространенных типов частиц микропластика по морфологической структуре.

Пробоотборы проходили в летнее время при благоприятных погодных условиях – при отсутствии осадков и высокой волновой активности. Пробы отбирались с помощью специальной нейстонной сети с площадью входного отверстия 0,1 м². Сеть из мелкоячеистого газа была прикреплена к металлической рамке, по бокам от которой располагались поплавки для удержания сети на поверхности. На конце сети был прикреплен краник для слива пробы.

Всего было получено 13 проб – по три в 2020 и 2022 г. и 7 проб в 2021 г. Количество частиц микропластика в пробах подсчитывалось визуальным методом с помощью бинокля с увеличением 96×. После количество частиц микропластика в пробах было пересчитано на единицы объема (табл.).

Таблица

Количество частиц микропластика в пробах на единицу объема (1 м³)

	2020		2021		2022	
	Сумма	Ср. знач.	Сумма	Ср. знач.	Сумма	Ср. знач.
Волокна	0,84	0,28	40	5,7	4,3	0,43
Фрагменты	0,6	0,2	1,1	0,16	0	0

Несмотря на то что в литературе принято выделять четыре морфологические группы частиц микропластика (фрагменты, волокна, гранулы и пленки), в пробах на оз. Байкал встречались только два типа частиц – волокна и фрагменты. Эти типы частиц микропластика являются одними из самых часто встречаемых и в других водоемах [3; 6]. Фрагменты и волокна можно отнести к группе вторичных микропластиков – они образуются при разрушении крупных пластиковых предметов. В случае с волокнами это происходит при стирке синтетической одежды, разрушении выброшенных рыболовных сетей из синтетических материалов. Фрагменты микропластика образуются при разрушении пластикового мусора под воздействием солнечного света, ветровой и волновой активности и других абиотических факторов. Волокна и фрагменты также являются одними из наиболее опасных для живых организмов, в том числе гидробионтов, так как способны задерживаться в организме и закупоривать пищеварительный тракт, что влияет на питание, а в дальнейшем и на рост организма [1]. Необходимо продолжать мониторинговые исследования загрязнения оз. Байкал, а также расширять географию пробоотборов и увеличивать количество отбираемых проб для создания наиболее полной картины загрязнения оз. Байкал.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ.

Список литературы

1. Bruck S., Ford A. T. Chronic ingestion of polystyrene microparticles in low doses has no effect on food consumption and growth to the intertidal amphipod *Echinogammarus marinus*? // *Environ. Pollut.* 2018. Vol. 233. P. 1125–1130.
2. Carpenter E. J., Smith K. L. Plastics on the Sargasso Sea surface // *Science*. 1972. Vol. 175. P. 1240–1241.
3. Hendrickson E., Minor E. C., Schreiner K. Microplastic abundance and composition in western Lake Superior as determined via microscopy, Pyr-GC/MS, and FTIR. // *Environ. Sci. Technol.* 2018. Vol. 52. P. 1787–1796.
4. Pollution by macro- and microplastic of large lacustrine ecosystems in Eastern Asia / Karnaukhov D., Biritskaya S., Dolinskaya E., Teplykh M., Silenko N., Ermolaeva Ya., Silow E. // *Pollut. Res.* 2020. Vol. 36, N 2. P. 440–442.
5. A unified dataset of colocated sewage pollution, periphyton, and benthic macroinvertebrate community and food web structure from Lake Baikal (Siberia) / Meyer M. F., Ozersky T., Woo K. H., Shchapov K., Galloway A. W. E., Schram J. B., Snow D. D., Timofeyev M. A., Karnaukhov D. Yu., Brouil M. R., Hampton S. E. // *Limnol. Oceanogr. Lett.* 2022. Vol. 7. P. 62–79.
6. Microplastic concentrations, size distribution, and polymer types in the surface waters of a northern European lake / Uurasjärvi E., Hartikainen S., Setälä O., Lehtiniemi M., Koistinen A. // *Water Environ. Res.* 2020. Vol. 92. P. 149–156.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ДЛЯ ПОПУЛЯЦИЙ ТУВООДНЫХ РЫБ СЕМЕЙСТВА SALMONIDAE, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

А. А. Бобкова¹, Н. А. Жаравин¹, А. И. Никифоров²

*Московский государственный институт международных отношений МИД РФ,
г. Москва, Россия*

*Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, г. Москва, Россия*

The article deals with the complex of negative impacts that the mining industry has on ichthyocenoses of various watercourses. It is noted that fish of the family Salmonidae are particularly vulnerable components of river hydrobiocenoses.

Горнодобывающая промышленность занимает ключевое место в мировой экономике, в качестве стратегически важной отрасли природопользования. Во многих странах эта отрасль обеспечивает значительное количество рабочих мест. Специфика данной отрасли заключается в исключительно активном воздействии на компоненты окружающей среды, результатом которого чаще всего является самое разнообразное негативное воздействие на экосистемы. В частности, это воздействие может выражаться в существенной деградации природных ландшафтов, сокращении и утрате компонентов биологического разнообразия, мощнейшем химическом загрязнении почвы, воздуха, а также поверхностных и подземных вод. Всё это приводит к значительному ухудшению качества среды обитания многих групп живых организмов, при этом риск загрязнения зачастую сохраняется даже после прекращения деятельности горнодобывающих предприятий. Следует подчеркнуть, что воздействие горнодобывающей промышленности на различные водные экосистемы является одним из самых значительных по масштабам негативных последствий осуществления этого типа природопользования. При этом компоненты ихтиоценозов всегда характеризуются повышенной уязвимостью к данному типу антропогенного влияния, поскольку основные экологические характеристики водотоков находятся в тесной связи с ландшафтом водосборного бассейна [1–3; 7].

В целом деятельность горнодобывающей промышленности практически на всех этапах производственного цикла сопровождается потреблением больших объемов воды. Так, при разработке рудных месторождений немалое количество воды применяется для осуществления таких технологических операций, как сепарация минерального сырья, извлечение отдельных минералов из вмещающих пород, мойка и транспортировка материалов, пылеподавление, охлаждение бурящих устройств и ряда иных процессов. Также немалое количество водных ресурсов используется для подъема размытых пород землесосными снарядами. В зависимости от типа

добываемого ресурса, объемы использования воды могут существенно различаться. В частности, весьма значительные количества воды необходимы для обеспечения технологического цикла по непосредственному извлечению из руды минералов и драгоценных металлов, таких как алмазы, медь, золото, платина, никель и др. [1; 3; 6].

В качестве наиболее негативной формы воздействия горнодобывающей промышленности на водные экосистемы следует выделить множественные изменения гидрохимического режима, крайне негативно сказывающиеся на рыбопродуктивности водных объектов. Одним из самых распространённых и опасных для ихтиоценозов типов загрязнения, сопровождающих хозяйственную деятельность по добыче полезных ископаемых, является попадание кислых стоков в расположенные поблизости водоёмы и водотоки. При отсутствии должного контроля за деятельностью предприятий горнодобывающей промышленности, кислые стоки с поверхностными и грунтовыми водами поступают в ближайшие гидроэкосистемы, воды которых в результате могут приобретать выраженно кислый характер (до pH 5 и ниже). Эти стоки могут содержать шахтные кислые воды и дренажные воды хвостохранилищ и отвалов. Последние помимо крайне низких значений pH характеризуются повышенным содержанием тяжелых металлов, а также серной кислоты и ее соединений, образующихся в результате воздействия воды и воздуха на сульфидсодержащие гордые породы. При достижении определенного уровня кислотности среды некоторые микроорганизмы (в частности, ацидофильные бактерии *Thiobacillus ferroxidans*) начинают ускорять процессы окисления и выщелачивания, которые могут длиться сотни лет. Тяжёлые металлы (ртуть, медь, свинец, кадмий и др.), поступая в водоём, могут оказывать мощное пролонгированное токсичное воздействие на гидробиоценозы, вызывая различные негативные физиологические эффекты [2; 4–6].

Помимо указанного выше химического воздействия для рыб также могут быть губительными минеральная пыль и мелкодисперсные взвеси горных пород, так как они вызывают массовую гибель рыб и других жабрнотышащих гидробионтов вследствие механического поражения их респираторного эпителия. Как тяжёлые металлы, так и различные токсические соединения (например, цианиды) с течением рек переносятся на значительные расстояния, в результате чего комплексному загрязнению подвергаются обширные территории. Характеризуя потенциальный вред для гидробиоценозов вследствие горнодобывающей деятельности, нельзя забывать также и о способности пресноводной биоты к аккумуляции поллютантов в восходящих звеньях пищевых пирамид. Этот эффект приводит к накоплению в тканях высших консументов (в том числе лососевых рыб) таких высоких концентраций тяжелых металлов, которые многократно превышают установленные санитарно-эпидемиологические требования [1; 2; 4; 6; 7].

Популяции туводных рыб семейства Salmonidae являются одним из самых уязвимых компонентов ихтиоценозов, поскольку составляющие их особи на протяжении всего жизненного цикла находятся в пределах водотока, испытывающего перечисленные выше типы негативного воздействия горнодобывающей деятельности. К основным рискам для жилых форм лососевых рыб, обитающих в подверженных вышеуказанными типами загрязнения реках, является непосредственная гибель вследствие острого токсического эффекта ряда соединений (например, цианидов), аккумуляция в тканях ядовитых поллютантов, деградация и разрушение нерестилищ, нарушение процессов развития икры и молоди, а также сокращение кормовой базы вследствие комплексной деградации гидробиоценоза. Высокий уровень рассмотренных выше экологических рисков определяет необходимость осуществления строгого контроля со стороны государства за неукоснительным соблюдением горнодобывающими компаниями норм природоохранного законодательства [2; 4; 5].

Список литературы

1. Воронин А. В., Киселёва С. П., Рыков С. В. Экологические проблемы использования малых рек // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2007. № 3.
2. Жаравин Н. А., Никифоров А. И. Воздействие предприятий горнодобывающей промышленности на экосистемы малых рек // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. Воронеж, 2020. С. 24–28.
3. Коннов В. И. Исследование влияния этапов работ на малые реки при добыче полезных ископаемых в восточном Забайкалье // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. Т. 1, № 12.
4. Лихатович Д. А. Лосось без рек. История кризиса тихоокеанских лососей. Владивосток : Дальний Восток, 2004. 376 с.
5. Никифоров А. И., Нечепуренко А. И. Факторы негативного воздействия золотодобычи на водные экосистемы и международный опыт по его минимизации // Закономерности трансформации экологических функций геосфер крупных горнопромышленных регионов. Воронеж, 2020. С. 176–181.
6. Mining and Water Pollution. URL: <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/miningandwaterpollution> (дата обращения: 30.03.2023)
7. Ugya A. Y., Ajibade F. O., Ajibade T. F. Water pollution resulting from mining activity: an overview // Proceedings of the 2018 Annual Conference of the School of Engineering & Engineering Technology (SEET), The Federal University of Technology, Akure, Nigeria, 2018. P. 17–19.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОГЛОЩЕНИЯ И ВЫВЕДЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА КРУПНЫМИ ВИДАМИ БАЙКАЛЬСКИХ ЭНДЕМИЧНЫХ АМФИПОД

Л. Б. Бухаева, С. А. Бирицкая, Я. К. Ермолаева, Д. Ю. Карнаухов

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Buhaeva2017@gmail.com

The article considers the actual problem of microplastic pollution of Lake Baikal and its inhabitants today. The ability of representatives of the species *Eulimnogammarus vittatus* and *Eulimnogammarus verrucosus* to absorb and remove microplastic particles with different morphological structures has been studied.

Микропластик (МП) – это частицы пластика размером до 5 мм [3]. В зависимости от происхождения он делится на первичный и вторичный микропластик. Первичный микропластик производится и попадает в окружающую среду в виде мелких пластиковых частиц. Вторичный микропластик образуются в результате фрагментации крупных пластиковых отходов, под действием различных факторов окружающей среды [4].

На сегодняшний день отсутствуют данные о влиянии микропластика на гидробионтов Байкала. В оз. Байкал обитает более 350 видов и подвидов амфипод, они являются важным звеном в пищевой цепи, поэтому важно знать какое влияние микропластик оказывает на данную группу животных [1].

Неизвестно, способны ли байкальские амфиподы воспринимать микропластик за объект пищи, и способны ли к его поглощению. Поглощение микропластика может вести за собой нарушение важных физиологических процессов, таких как питание, рост и размножение [2]. Для более точного понимания воздействия микропластика на байкальских амфипод нами был проведен ряд экспериментов, целью которых является изучение процессов поглощения и выведения частиц микропластика крупными видами байкальских эндемичных амфипод.

Объектами исследования были выбраны литоральные байкальские виды амфипод *Eulimnogammarus vittatus* (Dyb., 1874) и *Eulimnogammarus verrucosus* (Gerstfeldt., 1858). Всего в эксперименте использовали 72 амфиподы каждого вида, которых рассадил по 4 аквариумам по 18 шт. В качестве микропластика использовали флуоресцентные волокна из полиэстера и флуоресцентные фрагменты из полистирола.

Байкальские виды амфипод *E. verrucosus* и *E. vittatus* были подвержены воздействию микропластика в присутствии пищи. Были проведены 2 эксперимента с каждым видом амфипод, один эксперимент с частицами микропластика, а другой с волокнами микропластика. Начало эксперимента проводилось в 9 утра, когда амфиподы получали пищу с микропласти-

ком. Затем через 6, 12, 24, 48, 72 и 96 ч было отобрано по 3 амфиоды из каждого аквариума. Отобранных амфиод фиксировали для дальнейшего исследования ЖКТ амфиод. Всего было получено 144 препарата. Препараты смотрели под синим и ультрафиолетовым излучениями с помощью светового микроскопа. Полученные данные были занесены в таблицы (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Первичные данные по поглощению фрагментов микропластика

	<i>Eulimnogammarus verrucosus</i>						<i>Eulimnogammarus vittatus</i>					
	1-я группа			2-я группа			1-я группа			2-я группа		
№ 1 / 6 ч	7	8	31	1	2	1	0	1	0	1	8	7
№ 2 / 12 ч	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
№ 3 / 24 ч	3	0	1	10	0	4	0	0	0	0	0	1
№ 4 / 48 ч	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
№ 5 / 72 ч	1	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1
№ 6 / 96 ч	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Проглощенные фрагменты видами *E. vittatus* и *E. verrucosus* в максимальном количестве были найдены в пищеварительном тракте после воздействия 6 ч. По мере длительности эксперимента количество микропластика в пищеварительном тракте уменьшалось, а по истечению 96 ч фрагменты микропластика были обнаружены только один раз.

Таблица 2

Первичные данные по поглощению волокон микропластика

	<i>Eulimnogammarus verrucosus</i>						<i>Eulimnogammarus vittatus</i>					
	3-я группа			4-я группа			3-я группа			4-я группа		
№ 1 / 6 ч	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№ 2 / 12 ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№ 3 / 24 ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№ 4 / 48 ч	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
№ 5 / 72 ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
№ 6 / 96 ч	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

В эксперименте с поглощением волокон микропластика, видом *E. vittatus* ни один из полученных препаратов ЖКТ не содержал волокон. В эксперименте с поглощением волокон микропластика видом *E. verrucosus* только 2 из 30 животных содержали волокна после 6 и 48 ч воздействия. По истечению 72 ч ни одно из животных не содержало волокон микропластика.

Таким образом, эксперимент показал, что крупные виды байкальских амфиод способны к поглощению частиц микропластика. Однако стоит продолжать исследования с разными представителями амфиод и разными размерами частиц микропластика для получения наиболее достоверных результатов. Также необходимо вести постоянные наблюдения за распространением микропластика в оз. Байкал, так как его влияние может нега-

тивно повлиять на жизнедеятельность важной для экосистемы озера группы организмов. Стоит проводить дополнительные исследования, по более углубленному изучению механизмов влияния микропластика на разные группы организмов.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ.

Список литературы

1. Тахтеев В. В., Дидоренко С. И. Фауна и экология бокоплавов озера Байкал : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. 115 с.
2. Bruck S., Ford A. T. Chronic ingestion of polystyrene microparticles in low doses has no effect on food consumption and growth to the intertidal amphipod *Echinogammarus marinus*? // *Environmental Pollution*. 2018. Vol. 233. P. 1125–1130.
3. Courtene-Jones W. et al. Microplastic pollution identified in deep-sea water and ingested by benthic invertebrates in the Rockall Trough, North Atlantic Ocean // *Environmental Pollution*. 2017. Vol. 231. P. 271–280.
4. Distribution and impacts of microplastic incorporation within sea ice / N.-X. Geilfusa [et al.] // *Marine Pollution Bulletin*. 2019. Vol. 145. P. 463–473.

УДК 574.24

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ, УСОЛЬСКИЙ РАЙОН)

Е. А. Верещагина

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
zizograf1@gmail.com*

Description and comparison of the main developed methods for assessing of level of environmental pollution. An indicator of the characteristics of bryophytes for the evaluation of pollution by heavy metals is considered.

Проблема загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды с все большим развитием производства известна и изучена комплексно. Ежегодно с выбросами предприятий в окружающую среду поступает огромное количество токсичных соединений, большую часть которых составляют тяжелые металлы – химические элементы с плотностью более 5 г/см³, которые обладают высокой токсичностью и способностью к аккумуляции в клетках живых организмов, а также стойкостью к их выведению. Со стороны использования в промышленности главную роль играют следующие химические элементы: свинец, ртуть, кадмий, цинк, висмут, кобальт, никель, медь, олово, сурьма, ванадий, марганец, хром, молибден и мышьяк, так называемый комплекс 40 [2].

В настоящее время возможности системы экологического мониторинга позволяют определить уровень загрязнения повсеместно, как в атмосфере, так и в почве.

Большой аккумуляторной способностью обладают некоторые группы живых организмов. Для определения уровня содержания в окружающей среде тяжелых металлов принято использовать растения. Но, длительное воздействие вредного вещества на живые объекты и системы, основываясь только на ПДК (предельно допустимая концентрация), отследить невозможно, как и невозможно охарактеризовать в полной мере происходящие изменения в окружающей среде [3]. Поэтому химикоаналитические методы применяются в комплексе с методами биомониторинга, в основе которых лежит биоиндикация.

Биоиндикация представляет собой использование доступных и хорошо заметных биологических объектов – тесторганизмов, для изучения компонентов, напрямую указывающих на различные стрессовые воздействия. В настоящее время для описания подобных исследований принято применять термин «биотестирование» или «активный мониторинг». Регистрация изменений любых биологических показателей (тестфункций) в результате воздействия токсических веществ проводится в полевых и лабораторных условиях.

Благодаря биоиндикаторам можно определить скорость изменений, пути и места скоплений в экосистемах различных токсикантов, делать выводы о степени опасности для человека и биоты конкретных веществ.

Тест-организмы в биомониторинге могут быть использованы с позиций прямых и косвенных методов, которые решают следующие задачи:

1. Оперативная диагностика воздействия на окружающую среду. Для решения этой проблемы прибегают к направленному поиску биоиндикаторов быстрого реагирования.

2. Предварительная оценка экологической ситуации на больших площадях.

3. Оценка загрязнения природной среды тяжелыми металлами. В настоящее время активно развивается направление поиска биоаккумуляторов, благодаря которым можно определить качественные и количественные параметры тяжелых металлов. Перспективным направлением является также разработка методов определения тяжелых металлов в микродозах и установления критериев чистоты окружающей среды по содержанию комплекса тяжелых металлов [4].

Исходя из выше сказанного, можно выделить две большие группы методов и описать их достоинства и недостатки в сравнении. Прямой анализ содержания тяжелых металлов является комплексно разработанным и доступным методом определения. Так как необходимо определение многочисленных элементов, результаты которого нельзя получить лишь одним методом, способ является трудозатратным. Благодаря косвенному методу

исследования есть возможность определения одного вещества и быстрой простой интерпретации результатов, но несмотря на это, метод обладает достаточно низкой специфичностью в связи с влиянием внешних экологических факторов и нередким возникновением адаптаций у биоиндикатора при долгосрочном влиянии на него токсиканта.

Описание данных методов позволяет сделать следующие выводы:

1. Роль косвенных методов заключается в возможности дать предварительную оценку состояния окружающей среды, так как методы менее трудозатратны, их можно использовать как самостоятельные методы при оперативном отслеживании в экосистемах под влиянием антропогенных факторов в сочетании с естественными экологическими условиями.

2. Косвенные методы должны предшествовать прямому анализу содержания в среде различных токсикантов, в том числе и тяжелых металлов.

Для оценки степени загрязнения урбаноcреды и состояния санитарно-защитных насаждений разработан ряд методов косвенного анализа, таких как использование морфофизиологических показателей (форма листьев, длина жилок, длина и масса корней, содержание хлорофилла и каротиноидов, сроки фенофаз, изменение уровня дыхания), анатомических признаков (состояние устьичного аппарата, толщина листовой пластины). Также установлено, что повышенное содержание поллютантов в атмосфере влияет на рост листьев, подавляя его, и повышает количество и степень некротических повреждений листовой пластины, что приводит к снижению обводненности тканей (усыханию) и увеличению количества золы. Информативным биоиндикационным признаком является асимметрия листовой пластины [4].

Одной из главных групп индикаторов являются мохообразные, обладающие отличительными особенностями, которые обуславливают индикаторные свойства и определяют возможности использования в биомониторинге. Основными анатомо-морфологическими признаками являются относительно большая поверхность по отношению к объёму, отсутствие корневой и проводящей систем, неразвитость защитного слоя при высокой способности тканей вмещать катионы [4].

Роль мохообразных как тесторганизмов в биомониторинге обуславливает наличие высокой чувствительности некоторых видов к газовому составу атмосферы и аккумулирующей способности к загрязнителям.

Использование мохообразных в классическом мониторинге заключается в определении изменения морфологических, фитоценотических, флористических признаков во времени, изменение показателей которых в сторону уменьшения количества и ухудшения качества указывает на деградацию растительного покрова и на нарастание негативных тенденций в изменении состояния окружающей среды.

Практически доказано, что мохообразные являются эффективным сорбентом металлов и других микроэлементов. Обильно произрастая в биоценозах напочвенного покрова, они аккумулируют поллютанты, депонируют их внутри своего организма, надолго защищая почву от загрязнения [3].

Биоаккумуляторная функция бриофитов доказана многочисленными исследованиями и не требует дополнительного подтверждения [1; 3; 4]. Биомасса мохообразных используется в первую очередь для исследования защитных механизмов в случае депонирования тяжелых металлов, таких как синтез веществ, указывающих на присутствие в организме фенольных соединений, по количеству которых можно установить степень воздействия тяжелых металлов и определить факт загрязнения исследуемой территории тяжелыми металлами. Поэтому способность бриофитов к выработке фенольных соединений мы можем отнести к косвенному методу биомониторинга для определения загрязнения тяжелыми металлами.

Данный тип исследования требует дополнительной проработки, так как существует ряд нерешенных задач, таких как определение различных концентраций тяжелых металлов, обуславливающих выработку достаточного для определения количества фенольных соединений; сопоставимости полученных результатов с другими видами мониторинга, а также установление зависимости между биоаккумуляцией и количеством фенольных соединений.

Список литературы

1. Анищенко Л. Н., Шапурко В. Н., Сафранкова Е. А. Особенности аккумуляции тяжелых металлов растениями и лишайниками в условиях сочетанной антропогенной нагрузки // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-7. С. 1527–1531
2. Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды : учеб. пособие. СПб. : СПб ГТУРП, 2012. 67 с.
3. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошкообразных пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. М 049-П/04. СПб. : Спектрон, 2004. 20 с.
4. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы / Н. С. Рогова, Н. К. Рыжакова, А. Л. Борисенко, В. Г. Меркулов // *Оптика атмосферы и океана*. 2011. Т. 24, № 1. С. 79–83.

ЭКОЛОГИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ *SALIX ARCTICA* PALL. (*SALICACEAE* MIRB.) В БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

Э. В. Енин

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия
edward_lp@icloud.com

The features of natural habitat conditions and location of identified populations of *Salix arctica* Pall. in the territory of Baikal Siberia are presented. The species belongs to the Holarctic chorological and tundra-mountain or arctic belt-zonal group, is a psychrophyte, oligotrophic heliophyte.

Salix arctica Pall. (synonym: *S. ehlei* Flod., *S. diplodictya* Trautv., *S. anglorum* Cham., *S. brownii* (Andersson) Bebb., *S. browni* Lundstr., *S. arctica* var. *antiplasta* (C. K. Schneid.) Fernald, *S. arctica* var. *araioclada* (C. K. Schneid.) Raup, *S. arctica* var. *brownii* Anderson, *S. arctica* var. *kophophylla* (C. K. Schneid.) Polunin, *S. anglorum* var. *araioclada* C. K. Schneid. [11]) – Ива арктическая, впервые описана с низовой р. Оби Петром Симоном Палласом (Peter Simon Pallas) в 1788 г. во «Flora Rossica ...» [9].

Вид принадлежит к голарктической хорологической и тундрово-высокогорной или арктической поясно-зональной группе [1; 5; 6].

На территории Байкальской Сибири местонахождения *S. arctica* обнаружены в следующих флористических выделах [2; 4; 5; 8]: северный макросклон хр. Хамар-Дабан, Тофолария и Передовой хребет Восточного Саяна Ангаро-Саянского флористического района и Восточный Саян, Джидинское нагорье, хребты Малый Хамар-Дабан и Хангарульский Южнобурятского флористического района; Байкальский хребет и хребет Кодар Северобайкальского нагорья Приленско-Катангского флористического района; хребты Байкальский, Верхнеангарский, Сынныр, Северомуйский, Южномуйский и Баргузинский Северобурятского флористического района (рис.).

Эколого-ценотическая приуроченность *S. arctica* связана с высокогорными тундрами, а также гольцовым и подгольцовым растительными поясами областей высотной поясности Алтае-Саянской горной страны, Байкальской рифтовой зоны и Байкало-Патомского нагорья [1; 5; 6]. Также вид отмечается в верхней полосе лесного пояса, где может выступать эдификатором или субэдификатором кустарничковых фитоценозов.

По нашим наблюдениям, подкрепленным данными других исследователей [1; 5; 6], произрастает на холодных, мерзлотных, бедных (горно-тундровых), глеевых почвах, т. е. является психрофитом и олиготрофом. При этом всем, *S. arctica* очень чувствительна к любым видам затемнения, предпочитает открытые хорошо освещенные местообитания, что позволяет назвать его облигатным гелиофитом.

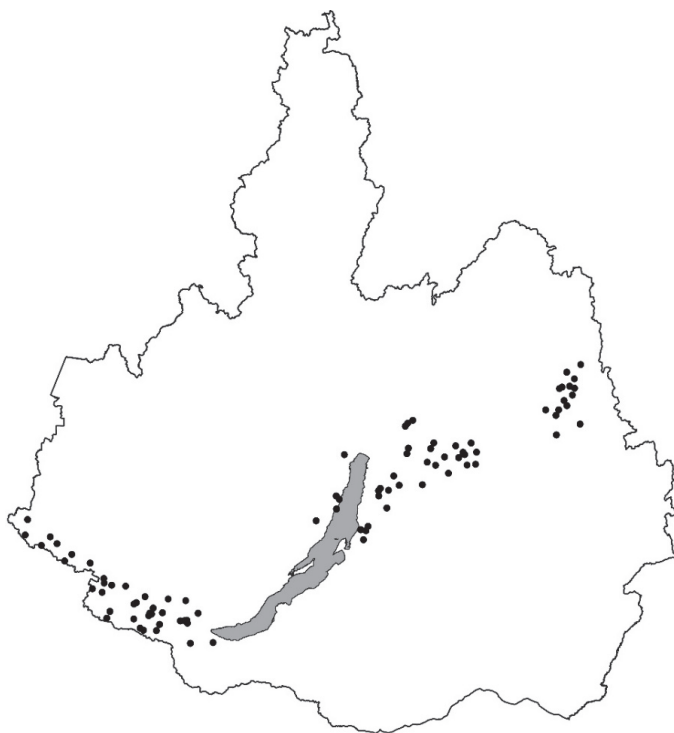


Рис. Карта-схема местонахождений *S. arctica* на территории Байкальской Сибири

Необходимо отметить высокий полиморфизм *S. arctica*, связанный с экологической пластичностью и способностью переносить экстремальные условия областей высотной поясности.

Помимо всего прочего, растение имеет кормовое значение, например, для северных оленей, а также, возможно, для других растительноядных животных. Несмотря на то что это весьма декоративный вид, в культуре не используется в связи с тем, что сложно подобрать оптимальные условия для его выращивания [3; 5]. Скорее всего, никто не занимался внедрением вида в культуру, хотя подобного рода рекомендации в соответствующей литературе имеются [7; 10].

Список литературы

1. Енин Э. В., Виньковская О. П. Ботанико-географические параметры представителей *Salix*-фракции западной части Байкальской Сибири // Journal of Agriculture and Environment. 2023. № 1(29).
2. Енин Э. В. Представители рода *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) на территории Иркутской области // Вестник ИРГСХА. 2019. № 94. С. 72–84.
3. Енин Э. В. Хозяйственное значение видов рода *Salix* L. (Salicaceae Mirb.) в Иркутской области // Значение научных студенческих кружков в инновационном развитии агропромыш-

ленного комплекса региона : сб. науч. тез. студентов. Иркутск, 26–27 нояб. 2019 г. Иркутск : Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского, 2019. С. 162–164.

4. Конспект флоры Иркутской области (сосудистые растения) / В. В. Чепинога [и др.] ; [отв. ред. Л. И. Малышев]. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 2008. 340 с.

5. Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск : Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2002. 707 с.

6. Малышев Л. И., Пешкова Г. А. Особенности и генезис флоры Сибири (Предбайкалье и Забайкалье). Новосибирск : Наука, 1984. 263 с.

7. Усенко Н. В. Деревья, кустарники и лианы Дальнего Востока: справ. кн. / вступ. ст. С. Д. Шлотгауэр. 3-е изд., перераб. и доп. Хабаровск : Приамур. ведомости, 2010. 272 с.

8. GBIF Occurrence Download. URL: <https://doi.org/10.15468/dl.7bennd> (date of access: 14 January 2023).

9. Pallas P. S. Flora Rossica seu Stirpium Imperii Rossici per Europam et Asiam indigenarum descriptiones et icons. Jussu et Auspiciis CATHARINÆ II. AUGUSTÆ. Tomi I. Pars II. Petropoli : E Typographia Imperial, 1788. 167 s.

10. Vinkovskaya O., Enin E. Environmental principles for planting of greenery in settlements of baikal siberia // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 210. P. 09002.

11. WFO Plant List. URL: <https://wfoplantlist.org/plant-list/taxon/wfo-0000929004-2022-12?page=1> (date of access: 08 April 2023).

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

УДК 574.589(282.256.341)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОБЕНТОСА II–III РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЯСОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА БАЙКАЛ НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА У МЫСА БЕРЁЗОВЫЙ)

И. А. Кириллова, А. А. Широкая

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
kirillova19.19@mail.ru*

Underwater survey carried out in autumn 2022 provided more information about plant communities of the vegetation belts II and III at the experimental site of the Limnological Institute SB RAS near Cape Berezovy (south-western part of Baikal). The data were compared with the photos taken during arrangement of this field test site prior to initial negative ecological changes in the littoral zone. Fresh evidence of the ongoing anthropogenically induced environmental changes on the lake has been obtained.

Оценка современного состояния экосистемы Байкала базируется на видовом составе её первичного звена, в том числе фитобентоса. В донных фитоценозах прибрежной зоны озера преобладают водоросли. В период открытой воды именно они являются ресурсной основой пищевой сети толщи вод литорали и оказываются наиболее уязвимыми при росте антропогенной (включая рекреационную) нагрузки. Знание распределения водорослей на территории позволяет понять динамику экосистемы, её устойчивость к негативному воздействию.

В 2000 г. сотрудниками ЛИН СО РАН разработана универсальная концепция слежения за состоянием прибрежных сообществ древних озёр, основанная на ландшафтно-экологическом подходе [1]; создано несколько экологических экспериментальных баз со стандартным набором трансект для проведения краткосрочных (статических) и долгосрочных (динамических) наблюдений. Первой экспериментальной базой стал междисциплинарный полигон у мыса Берёзовый, предоставивший уникальный набор данных (в том числе, фото- и видеоматериалы) о состоянии фитобентоса юго-западного побережья Байкала в период, предшествующий проявлению негативных изменений в прибрежной зоне (2001–2006 гг.).

Проанализировав имеющийся набор данных для II и III растительных поясов, 22–24.10.2022 мы продублировали макрофотосъёмку дна вдоль стандартной трансекты полигона. Основной задачей исследования было выявить наличие/отсутствие изменений в донных фитоценозах за последние 20 лет.

Макрофотографии 2022 г. демонстрируют скопления цианобактерий рода *Tychonema* Anagnostidis et Komárek, 1988 на дне в диапазоне глубин 3–15 м (рис., Б). На фотографиях 2001–2006 гг. данные цианобактерии не видны (рис., А). В списках видов водорослей бентоса и перифитона оз. Байкал, опубликованных в XX столетии и в первом десятилетии XXI в., данный род не упомянут. Либо количество тихонемы в озере было незначительным, либо это явление – новое для Байкала. Учёные, исследующие образ жизни и филогенетические связи этих цианобактерий [3; 4], предполагают, что они массово развиваются в местах избыточного поступления питательных веществ. Круглогодичный сброс неочищенных бытовых и сельскохозяйственных стоков в посёлке Листвянка способствует освоению цианобактериями новых экологических ниш и вытеснению эндемичных видов водорослей.

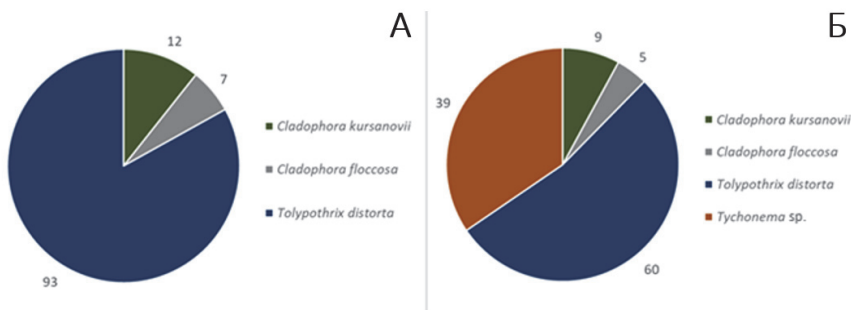


Рис. Процентное соотношение видов мейо- и макрофитобентоса на глубине 15 м по данным макрофотосъёмки дна от 26.10.2004 (А) и 22.10.2022 (Б)

Макрофотосъёмка 2015–2016 гг. зафиксировала массовое развитие «сапрофитных» сине-зелёных на отмирающих талломах эндемичных *Draparnaldioides* Meyer et Skabitsch., 1976. Эта тенденция обильного разрастания сине-зелёного бентоса в прибрежной зоне сохранилась и в 2022 г. В конце октября III пояс представлял собой «сплошной ковёр» цианобактерий и диатомовых водорослей.

С 2016 г. в Байкале регистрируется ежегодное массовое развитие нитчатых водорослей рода *Spirogyra* Link, 1820 [5]. До 2022 г. в посёлке Листвянка спирогира круглогодично находилась в числе доминирующих видов фитобентоса II пояса [2]. Однако осенью 2022 г. доминирующим видом на глубине 1,5 м оказалась *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., 1843. Спирогира присутствовала в пробах в виде единичных нитей и на макрофотографиях не была видна. Причины подобного развития и распределения макроводорослей мелководья в осенний период 2022 г. пока не установлены. Известно, что кладофора также является индикатором загрязнения водоёмов, и в условиях сильного антропогенного пресса в массе развивается во многих озёрах мира, что приводит к значительным перестройкам в донных сообществах.

Авторы искренне благодарны д-р биол. наук, проф. О. А. Тимошкину (ЛИН СО РАН) за предоставленный материал и ценные консультации в ходе выполнения работы.

Список литературы

1. Подводные ландшафты озера Байкал / Е. Б. Карабанов [и др.]. Новосибирск : Наука, 1990. 183 с.
2. Тимошкин О. А., Мальник В. В., Широкая А. А. Некоторые особенности экологии и распространения доминирующих групп фитобентоса в прибрежной зоне озера Байкал по результатам экспедиций 2021 г. (с акцентом на чужеродные нитчатые водоросли рода *Spirogyra*) // Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2021 году. Ижевск : Принт, 2022. С. 197–199.
3. Микроцистин-продуцирующая цианобактерия *Tychonema* sp. из биопленок озера Байкал / И. В. Тихонова, А. В. Кузьмин, Е. Г. Сороковикова, А. Ю. Краснопеев, Г. А. Федорова, Н. А. Жученко, Е. В. Елецкая, С. А. Потапов, А. Д. Галачянц, И. А. Липко, О. И. Белых // Химия в интересах устойчивого развития. 2022. Т. 30, № 4. С. 427–435.
4. *Tychonema* sp. BVK16 Characterization: Lifestyle, Phylogeny and Related Phages / P. Evseev, I. Tikhonova, A. Krasnopeev, E. Sorokovikova, A. Gladikh, O. Timoshkin, K. Miroshnikov, O. Belykh // Viruses. 2023. Vol. 15. P. 442.
5. Timoshkin O. A. Coastal zone of the world's great lakes as a target field for interdisciplinary research and ecosystem monitoring: Lake Baikal (East Siberia) // Limnology and Freshwater Biology. 2018. N 1. P. 81–97.

САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДЫ ОЗЕРА БАЙКАЛА

Е. С. Линейцева¹, А. А. Плиски², Н. А. Горовиков¹,
Н. А. Плотникова²

¹Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

²Иркутская межобластная ветеринарная лаборатория, г. Иркутск, Россия
79832475006g@gmail.com

The aim of the work was to isolate pathogenic and non-pathogenic forms of microorganisms (*Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*) from water samples taken from Lake Baikal near the village of Listvyanka, to investigate isolated cultures of microorganisms by express method on Microflex LT MALDI-TOF.

Целью работы явилось выделить из проб воды, отобранных из оз. Байкал в районе пос. Листвянка, патогенные и непатогенные формы микроорганизмов (*Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*), исследовать выделенные культуры микроорганизмов экспресс методом на Microflex LT MALDI-TOF.

Объектом исследования являлись образцы, поступившие для исследования в ФГБУ Иркутская МВЛ. В соответствии с нормативной документацией СанПиН 2.1.4.1074-01 и СанПиН 2.1.4.1116-02 воду исследовали на показатели ОМЧ, БГКП, *Staphylococcus aureus* и *Clostridium perfringens*.

На протяжении пяти месяцев проводился мониторинг микробиологических показателей проб воды, отбираемых из оз. Байкал в пос. Листвянка. Отбор проб производился вдоль береговой линии с глубины 10–15 см.

Было исследовано 150 проб воды из оз. Байкал по показателям ОМЧ (общее микробное число), БГКП (бактерии группы кишечной палочки) и *Clostridium perfringens*.

Общее микробное число определяли глубинным методом, посевом в питательный агар.

При учете результатов на питательных средах обнаружен характерный рост для БГКП, *Clostridium perfringens*.

Все выделенные колонии микроорганизмов были исследованы экспресс методом – на ДНК уровне при помощи лабораторного оборудования – экспрессанализатора – Microflex LT MALDI-TOF – времяпролётный масспектрометр. Результаты исследования представлены в таблице № 1.

Исследование показало, что из 150 проб воды в 9 (6 %) норма ОМЧ была превышена. Это указывает на низкое санитарное качество воды что свидетельствует о загрязнении органическими соединениями (например, содержащихся в фекалиях) и различными формами азота [1].

Остальные пробы соответствуют норме по данному показателю.

При учете результатов на плотной питательной среде Эндо было дифференцировано 16 штаммов *Escherichia coli* и 28 штаммов *Clostridium perfringens* на питательной среде железосульфитный агар. В процессе учета результатов на питательной среде МПА солевой характерного для *Staphylococcus aureus* роста не обнаружено. Все выделенные штаммы были идентифицированы экспрессанализатором – Microflex LT MALDI-TOF. Результаты исследования представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Общее микробное число

Количество проб воды, отобранных из оз. Байкал в пос. Листвянка	Количество проб с допустимым уровнем ОМЧ (меньше 100 КОЕ/мл)	Количество проб с превышением ОМЧ (больше 100 КОЕ/мл)
150	141 (94 %)	9 (6 %)

Таблица 2

Общее микробное число

Вид	Количество	Доля идентифицированных микроорганизмов, в %
<i>Clostridium perfringens</i>	28	60,8
<i>Escherichia coli</i>	16	34,7
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0

Escherichia coli это грамотрицательные, мелкие палочки с закругленными концами, не образуют спор. Относятся к семейству *Enterobacteriaceae* [2]. *E. Coli* и *Clostridium perfringens* являются санитарно-показательными микроорганизмами при оценке фекального загрязнения воды и почвы [3].

Clostridium perfringens это грамположительные, неподвижные палочки, строгие анаэробы относятся к семейству *Clostridiaceae* [2].

Список литературы

1. Введение в биомониторинг пресных вод: Учеб. пособие для студентов направления подготовки 05.03.06. Экология и природопользование (бакалавриат) / Т. С. Вшивкова, Н. В. Иваненко, Л. В. Якименко, К. А. Дроздов. Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2018. 214 с.
2. Колычев Н. М., Госманов Р. Г. Ветеринарная микробиология и микология : учебник. СПб. : Лань, 2014. 624 с.
3. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / под ред. М. О. Биргера. М. : Медицина, 1982. 464 с.

Научный руководитель: канд. вет. наук, доцент Плиска А. А.

КЛИМАТИЧЕСКИЙ ОТКЛИК В РАДИАЛЬНОМ ПРИРОСТЕ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA*) НА ЖОМБОЛОКСКОМ ЛАВОВОМ ПОЛЕ

Н. Н. Мичурин, В. А. Осколков, Р. С. Мориц

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

NikitaDranik@hotmail.com

The results on radial growth of larch (*Larix sibirica* Ledeb.) at the “Jombolok lava field” are presented. Larch trees responded to changes in air temperature and precipitation. Larch trees growing in the “Jombolok lava field” have a deficit of atmospheric moisture due to the environmental features, especially edaphic conditions. In this reason, there is a strong response to atmospheric precipitation in radial growth.

В последнее время дендрохронологическая информация широко используется в экологическом прогнозировании. Анализ зависимости динамики радиального прироста от внешних факторов позволяет моделировать состояние экосистемы при изменении условий среды.

В работе представлены результаты исследования радиального прироста лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), произрастающей на Жомболокском лавовом поле (долина р. Сенца, Восточный Саян).

Местом исследования выбрано Жомболокское лавовое поле, являющееся уникальным объектом позднелейстоцен-голоценового внутриконтинентального вулканизма. Оно расположено в горном массиве Восточного Саяна на границе Окинского плоскогорья и хребта Кропоткина, где занимает большую часть долины р. Жомболок. Комплекс вулканов и поле (потоки) базальтовой лавы (гавайиты) простираются в длину до 72 км и в ширину 4 км при максимальной толщине 150 м. Начало формирования приурочено к деградации ледника сартанской фазы позднелейстоценового оледенения [1].

Цель исследования: определить климатический отклик радиального прироста лиственницы сибирской, произрастающей на Жомболокском лавовом поле. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Построение древесно-кольцевой хронологии (далее ДКХ) лиственницы сибирской, произрастающей на Жомболокском лавовом поле.
2. Проанализировать климатический сигнал в полученной ДКХ

Для отбора кернов использовался бур Пресслера, спилы отбирались с применением цепной пилы. В камеральных условиях образцы шлифовались, обрабатывались скальпелем со сменными лезвиями [2]. Ширина годичного кольца измерялась с применением полуавтоматической установки Lintab и программного обеспечения TsapWIN [7]. Использовался стереомикроскоп «Ломо МСП-1» при 40-кратном увеличении. Далее полученные индивидуальные древесно-кольцевые хронологии индексировались с уда-

лением возрастного тренда и автокорреляции, после чего усреднялись для получения обобщенной ДКХ. Подготовка ДКХ производилась с применение пакета dplR в среде R. Дендро-климатический анализ производился в пакете dendroTools в среде R [3–6].

Для оценки климатического отклика были использованы суточные данные температуры воздуха и атмосферных осадков за период 1960–2017 гг. Дендро-климатический анализ показал слабый температурный отклик и наиболее выраженный отклик радиального прироста на атмосферное увлажнение (рис.).

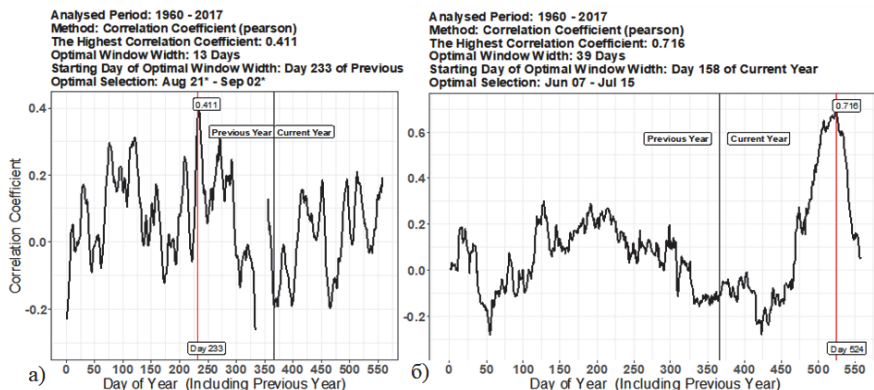


Рис. Наибольшие корреляции по температуре (а) и осадкам (б)

В ходе исследования проанализировано 64 образца древесины, среди которых керны с живых деревьев и спилы с отмерших деревьев. Биологический возраст колебался от 70 до 635 лет. Составлена обобщенная ДКХ для лиственницы с Жомболокского лавового поля и выявлены наибольшие (при рассмотрении линейных зависимостей) показатели климатического отклика в радиальном приросте: 0,411 – для температуры и 0,716 – для атмосферных осадков.

Совокупность условий на Жомболокском лавовом поле обеспечивает высокую продолжительность жизни лиственниц и хорошую сохранность древесных остатков, что позволяет продлить хронологию в прошлое. В перспективе длительная древесно-кольцевая хронология позволит реконструировать режим увлажнения в данном регионе.

Лиственницы, произрастающие на Жомболокском лавовом поле, испытывают дефицит атмосферного увлажнения в связи с особенностями среды, в частности с эдафическими условиями (мелкообломочные породы, пористые базальты, незначительное количество органики). Недостаточное увлажнение обуславливает наличие выраженного положительного отклика прироста на атмосферные осадки, как на основной источник влаги.

Список литературы

1. Возраст Жомболокского лавового поля (Восточный Саян) по дендрохронологическим и радиоуглеродным данным / С. Г. Аржанников [и др.] // Геология и геофизика. 2017. Т. 58, № 1. С. 27–47.
2. Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : учеб.-метод. пособие. 2000.
3. Bunn A. et al. Package 'dplR', 2014. 101 p.
4. Bunn A., Korpela M. Crossdating in dplR // 2016. Vol. 0. P. 1–12.
5. Jevšenak J., Levanič T. dendroTools: R package for studying linear and nonlinear responses between tree-rings and daily environmental data // Dendrochronologia. 2018. Vol. 48, N October 2017. P. 32–39.
6. R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria : R Foundation for Statistical Computing, 2017.
7. Rinn F. TSAP-Win time series analysis and presentation for dendrochronology and related applications. 2003. 91 p.

УДК 502.3:658.597.622.33

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТЬЕВЫХ ОБЛАСТЕЙ РЕК СЕВЕРНОЙ КОТЛОВИНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Н. Д. Семигузов, Г. В. Подлесная

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия
nazarsemiguzov@gmail.com*

The publication contains data on microbiological studies in rivers and estuarine water areas of Northern Baikal during the spring (June), summer (July) and autumn (September) periods of 2021.

Озеро Байкал – крупнейший резервуар чистой воды. С водами рек в озеро привносятся загрязняющие компоненты со всего водосборного бассейна, в частности в их русла осуществляется сброс очищенных сточных вод крупных населенных пунктов. Исследование бактериопланктона, осуществляющего круговорот веществ, и в том числе санитарно-показательных микроорганизмов, свидетельствующих о фекальном загрязнении, имеет важное научное и практическое значение для экологии как самих рек, так и всего озера.

Основные микробиологические исследования сосредоточены на главном притоке Байкала – р. Селенге [2; 4; 6]. Исследования на акватории Ангаро-Кичерского мелководья проводили в 1976–1978, 1982–1999, 2006–2008 гг. Установлена положительная корреляция пространственного распределения микробиологических параметров и температуры воды [5].

Цель настоящей работы – изучение пространственного распределения и численности бактериопланктона в устьевых областях рек северной котловины оз. Байкал.

Материалом для исследования послужили пробы воды, отобранные в области впадения рек Тья, Кичера и Верхняя Ангара в оз. Байкал в 2021 г. Пробы отбирали в русле, устье и приустьевой акватории рек на расстояни-

ях 1, 3, 5, 7, 10 км в сторону озера с различных глубин и участков в июле и до расстояния 3 км в сторону озера исключительно из поверхностного горизонта в июне и сентябре.

Для подсчета общей численности микроорганизмов (ОЧМ) использовали метод, основанный на окрашивании проб флюорохромным красителем ДАФИ и подсчетом клеток под эпифлуоресцентным микроскопом [7]. Общее микробное число (ОМЧ) определяли на мясопептонном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч [3]. Учет численности органотрофных бактерий проводили на рыбо-пептонном агаре, разбавленном в 10 раз [1]. Колиформные бактерии и бактерии рода энтерококков (*Enterococcus*) определяли методом мембранной фильтрации на дифференциально-диагностических средах (Эндо и Энтерококкагар соответственно) [3].

Проведенное исследование показало, что ОЧМ в зоне смешения р. Верхней Ангары с водами Байкала находилась в пределах $0,33 \pm 0,01$ – $5,06 \pm 0,02$ млн кл/мл. Наибольшие показатели численности обнаружены в Дагарском русле реки в сентябре, наименьшие на 3 км от среднего устья в июне. ОЧМ в зоне смешения р. Кичеры с водами Байкала колебалась от $0,82 \pm 0,008$ до $4,73 \pm 0,04$ млн кл/мл. Наибольшую численность отмечали в русле реки в июле, наименьшую в глубинном слое на расстоянии 10 км от устья в том же месяце. В области впадения р. Тья в оз. Байкал на всех станциях отбора ОЧМ была не высокой, характерной для поверхностных вод Байкала – от $0,11 \pm 0,002$ до $1,80 \pm 0,01$ млн. кл/мл.

Численность органотрофных бактерий в районе впадения рек Верхняя Ангара, Кичера и Тья в оз. Байкал колебалась от 2 до 5900 КОЕ/мл, от 36 до 2780 КОЕ/мл и от 6 до 1754 КОЕ/мл соответственно.

ОМЧ при 37 °С в исследованных акваториях варьировало от 0 до 804 КОЕ/мл. Наибольшее количество сапрофитных микроорганизмов выявлено в области впадения р. Кичера в поверхностной воде в июле.

Превышений нормативов по содержанию колиформных бактерий не выявлено ни в одной исследуемой пробе. Превышения допустимых значений численности бактерий р. *Enterococcus* детектировали, в основном, в руслах и устьях рек в июле.

Также стоит отметить уменьшение численности микроорганизмов в пробах по мере удаления от устьев рек в сторону озера, за исключением некоторых станций.

Таким образом, полученные данные о пространственном распределении и численности бактериопланктона в устьевых областях рек северной котловины оз. Байкал могут быть использованы при организации комплексного микробиологического мониторинга.

Работа выполнена при финансовой поддержке бюджетных тем № 0279-2022-0004 «Оценка эколого-экономических аспектов воздействия на оз. Байкал от ...», № 0279-2021-0015 «Исследования вирусных и бактериальных сообществ как основы ...».

Список литературы

1. Горбенко Ю. А. О наиболее благоприятном количестве сухого питательного агара в средах для культивирования морских микроорганизмов // Микробиология. 1961. Т. 30, № 1. С. 168–172.
2. Микробное сообщество водной толщи на биогеохимическом барьере «река Селенга – озеро Байкал» / С. Ю. Максименко [и др.] // Микробиология. 2008. № 5. С. 660–667.
3. МУК 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. Методические указания. 2005. 75 с.
4. Современное состояние биоты дельты реки Селенги (бассейн озера Байкал) в условиях нестабильности гидрологического режима. Сообщение I. Микробное сообщество и водоросли / Бондаренко Н. А. [и др.] // Гидробиологический журнал. 2015. № 5. С. 17–28.
5. Структура микробных сообществ в зоне впадения р. Верхняя Ангара в оз. Байкал / С. Ю. Максименко [и др.] // Гидробиол. журнал. 2012. Т. 48, № 2. С. 55–68.
6. Суслова М. Ю., Пестунова О. С., Парфенова В. В. Оценка качества вод. р. Селенги и ее дельты по санитарно-микробиологическим показателям // Гидробиологический журнал. 2017. Т. 53, № 1. С. 74–84.
7. Manual of methods for general bacteriology / P. Gerhardt [et al.]. Washington : Amer. Soc. Microbiol., 1981. 524 p.

УДК 504.75

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МАКРОФИТАМИ

В. А. Устинова, Г. В. Аксентьева

*МАУДО г. Иркутска СЮН, город Иркутск, Россия
Galaks78@mail.ru*

The article describes the effectiveness of the use of macrophytes, such as elodea, for the post-treatment of wastewater after treatment in wastewater treatment plants. Elodea, due to its ability to filter and recycle organic substances, can be used as a biocatalyst for water purification.

В настоящее время особое внимание уделяется сохранению качества природных водоемов, тщательно изучаются и разрабатываются методики по охране естественных вод от загрязнения сточными водами. Даже наиболее совершенные очистные сооружения не освобождают стоки от неорганических соединений азота и фосфора, а существующие физико-химические методы доочистки дороги и недостаточно эффективны. На сегодняшний день популярностью пользуется гидробиологический способ очистки вод, т. е. использование высших растений, в научно-исследовательском институте биологии города Иркутска проводят исследования с такими растениями, как элодея, ряска и др.

Цель данного исследования – экспериментально определить возможность использования макрофитов в доочистке сточных вод и выявить преимущества гидробиотического способа очистки сточных вод.

Гипотеза: высшие водные растения способны накапливать вредные вещества (органические вещества) и очищать сточные воды.

Практическая значимость работы – результаты могут быть использованы при прогнозировании эколого-токсикологической ситуации в водоемах, в которые поступают биогенные элементы (соли азота, фосфора и другие).

Очистка сточных вод – это совокупность действий, направленных на удаление вредных примесей и веществ из стоков, в результате которых происходит устранение или разрушение вредных веществ. Существует несколько способов очистки: механический, химический, физический и другие (биохимический, биологический). Но, к сожалению, качество воды, которая сбрасывается в водоемы не всегда отвечает требованиям.

Макрофиты – водные фотосинтезирующие растения, плавающие на поверхности воды или погруженные в ее толщу, они играют положительную роль в формировании качества воды, являются мощными агентами очистки воды от солей; однако обильное их развитие снижает скорость течения реки, что приводит к заилению.

Опыт запланировали в октябре 2021 г. и частично проводили в лаборатории НИИ биологии ФГБОУ ВО «ИГУ». Изначально планировалось взять для эксперимента сточные воды с МУП «Водоканал» г. Иркутска, но так как это достаточно сложная процедура, забор воды был взят с р. Ангара, в том месте, где происходит выброс воды (г. Иркутск, пос. Боково).

Первым этапом для исследования в литровые банки налили: первый образец – сточная вода, второй – контроль – чистая, отстоянная вода, третий – сточная вода с добавлением чистой воды. Воду разбавили для того, чтобы определить токсичность образца. В сильно токсичной воде макрофиты могут погибнуть. Опыт проводили в двух повторях.

Изначально провели оценку качества воды с помощью «Тетра-теста 6 в 1», который позволяет определить содержание нитратов, нитритов, хлора. Содержание фосфатов определяли с помощью фوسفат-теста. Данные тесты предоставили в НИИ биологии, где и производили первые измерения.

В качестве макрофитов выбрали элодею (*Elodea canadensis*), так как это легко доступное растение, а также легко отслеживать процесс роста.

В каждый образец добавили растение одинакового размера.

Образцы были помещены в теплое, хорошо освещаемое место. Каждые 7 дней наблюдали за ростом элодеи, измеряя в мм, а также определяли содержание органических веществ в воде. Измерения производили в течение месяца (табл. 1).

В табл. 2 можно наблюдать, что растение в образце № 1 заметно увеличилось в размере, что свидетельствует о том, что макрофиты способны накапливать органические вещества, это и способствует быстрому их росту.

На рисунке представлена концентрация органических веществ в образцах воды. Мы можем наблюдать снижение всех определяемых показателей.

Таблица 1

Результаты анализов воды

Органические вещества	Образцы											
	Образец № 1 «Сточная H ₂ O», мг/л				Образец № 2 «Сточная вода+ H ₂ O», мг/л				Образец № 3 «Контроль», мг/л			
	21.01	28.01	04.02	11.02	21.01	28.01	04.02	11.02	21.01	28.01	04.02	11.02
NO ₃	1,5	1,0	0,2	0,2	1,0	0,5	0,2	0,2	0,8	0,8	0,5	0,2
NO ₂	1	1	0,7	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
PO ₄	10,0	7	3,4	0,8	7,8	7	4,4	2,0	0	0	0	0
Cl	1,0	1,0	0,6	0,1	0,8	0,5	0,3	0,1	0	0	0	0

Таблица 2

	Образцы											
	Образец № 1 «Сточная H ₂ O»				Образец № 2 «Сточная вода+H ₂ O»				Образец № 3 «Контроль»			
Дата	21.01	28.01	04.02	11.02	21.01	28.01	04.02	11.02	21.01	28.01	04.02	11.02
Элодея, см	7	16	21	25	6	8	10	12	5	5	6	8

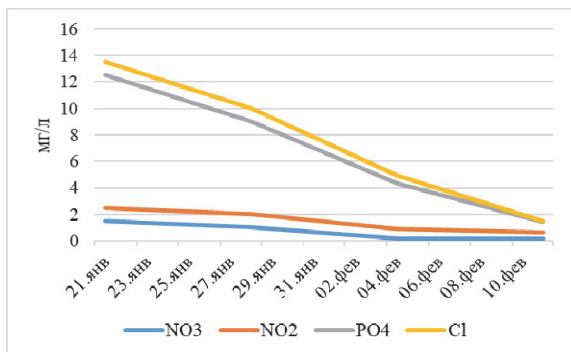


Рис. Результаты анализов воды через 1 месяц после посадки элодеи

В результате исследования экспериментально определили возможность использования элодеи в доочистке сточных вод. Мы доказали, что водоросли эффективно очищают сточные воды. Содержание нитритов снизилось на 87 %, нитратов на 60 %, фосфатов на 92 %, хлоридов на 90 %.

Обобщая данные исследования, можно сделать вывод, что элодея эффективно поглощает биогены и, следовательно, может рекомендована для доочистки сточных вод.

Научный консультант: мл. науч. сотр. НИИ биологии ИГУ Карнаухов Д. Ю.

Научное издание

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ
VI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 110-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ
ПРОФЕССОРА Н. И. КАРНАУХОВА
Иркутск, 21 апреля 2023 г.

ISBN 978-5-9624-2203-9

*Тезисы публикуются в авторской редакции
Дизайн обложки: П. О. Ершов*

Темплан 2023. Поз. 107
Уч.-изд. л. 13,9

ИЗДАТЕЛЬСТВО ИГУ
664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124