



СИБИРСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

SIBERIAN  
FEDERAL  
UNIVERSITY



Интеграция науки и образования:  
современные проблемы, достижения  
и инновации в области экологии  
и устойчивого развития

Материалы научной конференции

Красноярск, 01–03 ноября 2022 г.

Красноярск  
СФУ  
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Сибирский федеральный университет

**ИНТЕГРАЦИЯ НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ:  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ, ДОСТИЖЕНИЯ  
И ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИИ  
И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

Материалы научной конференции

Красноярск, 01–03 ноября 2022 г.

*Электронное издание*

Красноярск  
СФУ  
2022

УДК 001.81(08)  
ББК 74  
И730

Ответственные за выпуск:      Безкорвайная Ирина Николаевна  
                                                 Мучкина Елена Яковлевна  
                                                 Гетте Ирина Геннадьевна

**И730      Интеграция науки и образования: современные проблемы, достижения и инновации в области экологии и устойчивого развития** : материалы научной конференции. Красноярск, 01–03 ноября 2022 г. [Электронный ресурс] / отв. за вып. : И. Н. Безкорвайная, Е. Я. Мучкина, И. Г. Гетте. – Электрон. дан. (1,77 Мб). – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2022. – 115 с. – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows 98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.  
ISBN 978-5-7638-4767-3

Представлены результаты научной работы сотрудников, выпускников, студентов, аспирантов и молодых ученых кафедры экологии и природопользования Института экологии и географии Сибирского федерального университета.

Предназначены для сотрудников кафедры, студентов и аспирантов.

Электронный вариант издания  
см.: <http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 001.81(08)  
ББК 74

ISBN 978-5-7638-4767-3

© Сибирский федеральный  
университет, 2022

*Электронное научное издание*

Корректор *А. В. Прохоренко*  
Компьютерная верстка *Е. А. Сафиной*

Подписано в свет 22.12.2022. Заказ № 17605  
Тиражируется на машиночитаемых носителях

Библиотечно-издательский комплекс  
Сибирского федерального университета  
660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82а  
Тел. (391) 206-26-16; <http://bik.sfu-kras.ru>  
E-mail: [publishing\\_house@sfu-kras.ru](mailto:publishing_house@sfu-kras.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ ЭКОЛОГИИ.....	7
<i>Агапова В. В., Кирдянов А. В., Арсак А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА BLUE INTENSITY ДЛЯ ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АЛТАЕ.....	10
<i>Артына Н. К., Григорьев Ю. С., Стравинскене Е. С.</i> ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТ-ИОНА НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВОДОРОСЛИ <i>DUNALIELLA TERTIOLESTA</i> К БИХРОМАТУ КАЛИЯ.....	13
<i>Блинов С. Д., Безкоровайная И. Н.</i> ЧИСЛЕННОСТЬ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСА НА ЗАЛЕЖНОЙ ПОЧВЕ.....	16
<i>Бочка В. В.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕДИ НА РОГОЛИСТНИК ПОГРУЖЕННЫЙ ( <i>CERATORHYLLU MDEMERSUM L.</i> ).....	19
<i>Буланова О. С.</i> ГРАНИ ПРОФЕССИИ БИОЭКОЛОГА.....	22
<i>Бурмакин А.</i> ВЛИЯНИЕ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА КЛИМАТ.....	25
<i>Видус В. Е., Фертиков А. И., Шарафутдинов Р. А., Гавриков В. Л.</i> ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТВОЛАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ( <i>PINUS SYLVESTRIS L.</i> ).....	28
<i>Гетте И. Г., Кортаева Н. Е., Боровский Г. Б., Косов И. В.</i> ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКОВ ТЕПЛОВОГО ШОКА В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ( <i>PINUS SYLVESTRIS L.</i> ) В ПОСТПИРОГЕННЫЙ ПЕРИОД....	34
<i>Гирева А. В., Шабалина О. М.</i> ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОБЕГА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ».....	37
<i>Гренадерова А. В., Михайлова А. Б., Подобуева О. В., Скребатун А. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА «CHARSOAL» ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ДИНАМИКИ ГОЛОЦЕНА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	40

<i>Гренадерова А. В., Михайлова А. Б.</i> РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ С ПОМОЩЬЮ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ.....	43
<i>Демешев В. В.</i> ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ КРАСНОЯРСКА.....	46
<i>Доценко А. И., Шабалина О. М.</i> СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ОЧАГАХ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ».....	48
<i>Евграфова В. В., Шабалина О. М.</i> СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ О. ТАТЫШЕВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ.....	51
<i>Ефремова И. С., Мучкин И. П.</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВРЕДОНОСНОСТЬ ФИТОПАТОГЕНОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	54
<i>Кириченко Н. И., Рязанова М. А., Ложенко М. Д., Ефременко А. А.</i> СОЗДАНИЕ РЕФЕРЕНСНЫХ ДНК-БИБЛИОТЕК ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ВИДОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕСТНЫХ И ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ – ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ.....	57
<i>Князева А. А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА.....	60
<i>Косов М. Е., Пахарькова Н. В.</i> ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЭКО-ПАРКА «ГРЕМЯЧАЯ ГРИВА» (Г. КРАСНОЯРСК).....	63
<i>Ложенко М. Д.</i> СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ ПИХТЫ ( <i>ABIES SIBIRICA LEDEB.</i> ).....	66
<i>Лысцева Т. В.</i> РЕАКЦИЯ СКОРОСТИ РОСТА <i>LEMNA MINOR L.</i> НА ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИГИДРИТА С ДОБАВЛЕНИЕМ КОБАЛЬТА.....	69

<i>Масенцова И. В., Пахарькова Н. В.</i> ВНУТРИВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО ПОКОЯ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>PINUS</i> .....	71
<i>Михайлов М. В.</i> АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРАСНОЯРСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА.....	74
<i>Мучкин И. П., Ефремова И. С., Мучкина Е. Я.</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ.....	77
<i>Мучкина Е. Я.</i> ЭКОЛОГИЯ В ПРОФЕССИИ И ОБРАЗЕ ЖИЗНИ.....	79
<i>Орбан Е. С., Шарафутдинов Р. А.</i> УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА.....	82
<i>Пахарькова Н. В., Масенцова И. В.</i> СОСНА СИБИРСКАЯ И ПИХТА СИБИРСКАЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ ЮЖНОЙ СИБИРИ И АЛТАЯ.....	85
<i>Пенина К. А., Безделева Ю. П.</i> СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОЙ АНАЛИЗ И АНАЛИЗ НЕПЫЛЬЦЕВЫХ ПАЛИНОМОРФ КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА..	88
<i>Полосухина Д. А., Прокушкин А. С.</i> СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ДОМИНАНТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА СРЕДНЕТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ.....	91
<i>Пономарева Т. В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НАРУШЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ.....	94
<i>Рязанова М. А., Кириченко Н. И.</i> РАЗРАБОТКА АННОТИРОВАННЫХ ГЕРБАРНЫХ КАТАЛОГОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ НАСЕКОМЫХ, МИНИРУЮЩИХ ЛИСТЬЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В РОССИИ.....	97

<i>Спиридонов Д. С., Сорокина Г. А.</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АЗС (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА).....	100
<i>Сушкевич А. Д., Шабалина О. М.</i> СОСТАВ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ЭКОПАРКА «ГРЕМЯЧАЯ ГРИБА».....	104
<i>Федонов М. А.</i> ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА ОТВАЛАХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	107
<i>Шабалина О. М., Безкоровайная И. Н., Гетте И. Г.</i> ЗАРАСТАНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ В ПОЙМЕ Р. АМБАРНАЯ (НОРИЛЬСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РАЙОН).....	110
<i>Якимов Н. Д., Безкоровайная И. Н., Пономарев Е. И.</i> СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПОСЛЕПОЖАРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ В ДРЕВОСТОЯХ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ НАРУШЕННОСТИ.....	113

## ИСТОРИЯ КАФЕДРЫ ЭКОЛОГИИ

В далеком 1977 году на биолого-химическом факультете Красноярского государственного университета была создана кафедра экологии (сегодня кафедра экологии и природопользования). Красноярский государственный университет (КГУ) на тот момент – один из крупнейших вузов г. Красноярска, как самостоятельное высшее учебное заведение «родился» в 1969 году, а в 2006 году стал ядром Сибирского федерального университета.

В становлении биолого-химического факультета огромную роль сыграли молодые ученые, выпускники 1961 года Томского государственного университета Зоя Георгиевна и Виктор Моисеевич Гольды, выпускник 1969 года физического факультета Галина Ивановна Боровкова; первый сотрудник и первый преподаватель Красноярского филиала Новосибирского госуниверситета Лидия Ивановна Луценко; выпускница 1955 г. Иркутского государственного университета Валерия Александровна Тюльпанова и многие др. Как известно, инициатором открытия КГУ был Леонид Васильевич Киренский – советский физик, академик Академии наук СССР, доктор физико-математических наук, Герой Социалистического Труда и самое главное – организатор Института физики СО РАН и нашего университета.

В 1970-е годы Красноярский государственный университет активно привлекает к педагогической деятельности ведущих ученых академических институтов. Например, студенты биолого-химического факультета слушали лекции зав. лабораторией фотобиологии Института физики им. Л. В. Киренского СО АН СССР (ИФ СО АН СССР) И. И. Гительзона, зав. лабораторией управляемого биосинтеза Института физики им. Л. В. Киренского СО АН СССР, д.с.-х.н., Г. М. Лисовского и других ученых Красноярского центра Академии наук. Вот и организатором, и первым заведующим кафедры экологии КГУ стал Александр Сергеевич Исаев, на тот момент д.б.н., директор Института леса и древесины СО АН СССР, ученый в области лесной биогеоценологии, впоследствии академик Академии наук СССР, государственный деятель, председатель Государственного комитета СССР по лесу – Министр СССР.

Необходимость создания кафедры экологии в университете была подготовлена как развитием факультета, его научными исследованиями, так и теми экологическими проблемами, которые возникли в биосфере

в результате хозяйственной деятельности человека. Сам термин «экология» стал широко известен, приобрел популярность на рубеже 70–80-х годов XX века. Во многих вузах открывались кафедры экологии, студентам разных специальностей читали курс экологии.

Одна из важнейших задач – подготовка молодых кадров экологов для академических и отраслевых институтов. Вторая – воспитание экологического мышления у студентов университета всех направлений обучения, формирование необходимости сознательного подхода человека к таким вопросам, как использование природных ресурсов; воздействие хозяйственной деятельности на состояние экосистем и поддержание биологического разнообразия, устойчивости биосферы.

Кафедра экологии была организована как базовая кафедра Института леса и древесины СО АН СССР. Первыми преподавателями на кафедре были: Кравчук Серафима Васильевна, ст. преподаватель; Кузнецова Татьяна Семеновна к.б.н., доцент; Нефодина Наталья Львовна, ассистент; Корсунова Татьяна Михайловна, к.б.н., Соросовский профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации; Владышевский Дмитрий Владимирович – советский и российский ученый – эколог, д.б.н., профессор; Киселев Виктор Васильевич, д.б.н., профессор, академик Российской Академии Естественных Наук, которому в 1994 г. присвоено ученое звание профессора по кафедре экологии; Тарасова Ольга Викторовна, д.с.-х.н., профессор кафедры, «Почётный работник сферы образования Российской Федерации».

Кафедра росла, приглашая и новых сотрудников, преподавателей разных направлений экологии: Н. П. Кутафьеву, О. Е. Крючкову, Г. А. Сорокину, Н. В. Пахарькову, М. В. Солнышкину, М. А. Шемберга, Ю. Н. Краснощекова, О. М. Шабалину, И. В. Борисову, Е. Я. Мучкину, И. М. Попельницкую, А. В. Гренадерову, В. В. Круглова, Т. Л. Шашкову, М. А. Субботина, В. В. Заворуева, С. В. Верховца, Р. Г. Хлебопруса, под руководством которого группа сотрудников кафедры стала лауреатом «Национальной экологической премии» в номинации «Образование для устойчивого развития» (2009) и др.

С 1986 г. кафедру экологии возглавил к.б.н., профессор КГУ Юрий Сергеевич Григорьев, а с ним пришло и новое научное направление, и обновленный коллектив. В сентябре 2010 г. в результате объединения кафедр лесоведения, эволюционного ландшафтоведения и исторической экологии, экотоксикологии и микробиологии, экономики природопользо-

вания отделения экологии и природопользования (ИЭУиП СФУ) была образована кафедра экологии и природопользования, которую возглавил ректор СФУ, д.б.н., академик РАН Евгений Александрович Ваганов.

С 2018 г. кафедрой заведует д.б.н. Ирина Николаевна Безкоровайная.

Начиная с 1978 г., когда состоялся первый выпуск студентов кафедры экологии (2 человека), всего за 45 лет кафедра подготовила и выпустила более 1000 специалистов в области экологии. Подготовленный к юбилею кафедры сборник работ ее сотрудников и студентов дает представление о направлениях исследований на кафедре, включающих дендрохронологические и лесоводческие исследования, работы по оценке состояния биоты на территории Красноярска и национального парка «Столбы», анализ проблем, связанных с изменением климата на территории Сибири, развитие методов исследования в лесной энтомологии. Широта областей исследования в этих работах согласуется с широтой и сложностью экологических проблем на территории Сибири и, в частности, Красноярского края.

Профессор кафедры экологии и природопользования ИЭиГ СФУ  
О. В. Тарасова

**В. В. Агапова**<sup>1</sup>, аспирант,

**А. В. Кирдянов**<sup>2</sup>, д-р биол. наук,

**А. Арсак**<sup>3</sup>, канд. биол. наук

<sup>1,2,3</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

<sup>2</sup> *Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА BLUE INTENSITY ДЛЯ ДЕНДРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА АЛТАЕ**

**Аннотация.** Исследование направлено на сравнение климатической реакции ширины древесных колец (ШГК), Blue intensity (BI) и Delta Blue intensity (DBI) деревьев лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.), произрастающих на верхней границе леса в долине ледника Актру (Алтай). Сравнительный анализ обобщенных стандартизованных хронологий выявил различный климатический отклик между исследуемыми параметрами. ШГК показала сфокусированный ответ на изменения средней температуры текущего июня, тогда как BI и DBI оказались наиболее подходящими в качестве индикатора средних летних температур.

**Ключевые слова:** *blue intensity, Delta Blue intensity, ширина древесных колец, Larix sibirica, Алтай*

Ширина годичных колец деревьев (ШГК) является одним из наиболее широко используемых параметров в дендроклиматологии. Однако сила климатического сигнала у ШГК в холодном климате по сравнению с другими параметрами, например с максимальной плотностью поздней древесины (MXD), относительно слабая [1]. Рентгеновское измерение MXD требует дорогостоящего специализированного оборудования, что ограничивает его широкое использование. Blue intensity (BI) является новым параметром древесных колец, аналогичным плотности древесины [2], хронологии которого содержат сильный климатический сигнал. BI измеряется как интенсивность отраженного синего света от тщательно подготовленных поверхностей древесных образцов. Поскольку BI основан на коэффициенте отражения, то любые цветовые искажения, не связанные с климатом (грибок, цветовые различия между сердцевиной и заболонью), могут повлиять на результат. Предлагаемый метод коррекции этих

погрешностей называется Delta Blue intensity (DBI) и состоит в вычитании значения VI ранней древесины из значения VI поздней древесины.

Сбор образцов древесины *Larix sibirca* проведен на верхней границе леса склона западной экспозиции рядом с ледником Актру (50°05' с.ш., 87°47' в.д., 2 109 м над ур. м.). Территория характеризуется холодным континентальным климатом с продолжительной холодной зимой и жарким летом. По данным метеостанции Актру (2 150 м над ур. м.), среднегодовая температура за период 1940–2020 гг. составила –4,6 °С, среднегодовая сумма осадков равна 490 мм.

Экстракция смолы у образцов проведена этанолом (96 %) в аппарате Сокслета в течение 72 часов. Далее керны были вклеены в держатели и обработаны с использованием шлифовальной бумаги зернистостью 1 200. Отполированные образцы сканировали с разрешением 3 200 dpi с помощью планшетного сканера Epson Perfection V800 (Epson, Япония) и программы Silverfast SE (LaserSoft Imaging, США). Для калибровки сканера была использована цветовая карта IT8 Calibration Target. Для предотвращения попадания внешних источников света сканер был закрыт темным ящиком. Измерения ширины годичных колец и VI были выполнены с использованием Coorecoder версии 9.3 (Cybis Elektronik & Data AB, Швеция) и отдельные ряды VI и ШГК были датированы в программе CDendro. Качество датировки проверялось программой COFESHA. Процедура стандартизации индивидуальных серий VI и ШГК проводилась с помощью сглаживающей сплайн-функции «Detrend» в R.

Хронологии ШГК двадцати девяти из тридцати деревьев были успешно измерены и перекрестно датированы, но VI и DBI были использованы только для двадцати шести из них из-за искажения цвета древесного материала. Протяженность обобщенной хронологии составила 339 лет (1683–2021). Значения EPS составили 0,9 для ШГК и 0,87 для VI и DBI, что выше общепринятого порога 0,85. Серии ШГК, VI и DBI имели положительную и значимую корреляцию ( $r = 0,5$ ;  $P < 0,001$ ) между собой.

Климатический отклик параметров древесных колец существенно различен (рис. 1). ШГК показал более сфокусированный ответ на изменения температуры текущего июня с изменением чувствительности с течением времени (рис. 1, а). Для VI характерно более длительное временное окно со значимыми связями с температурой с мая по август (рис. 1, б).

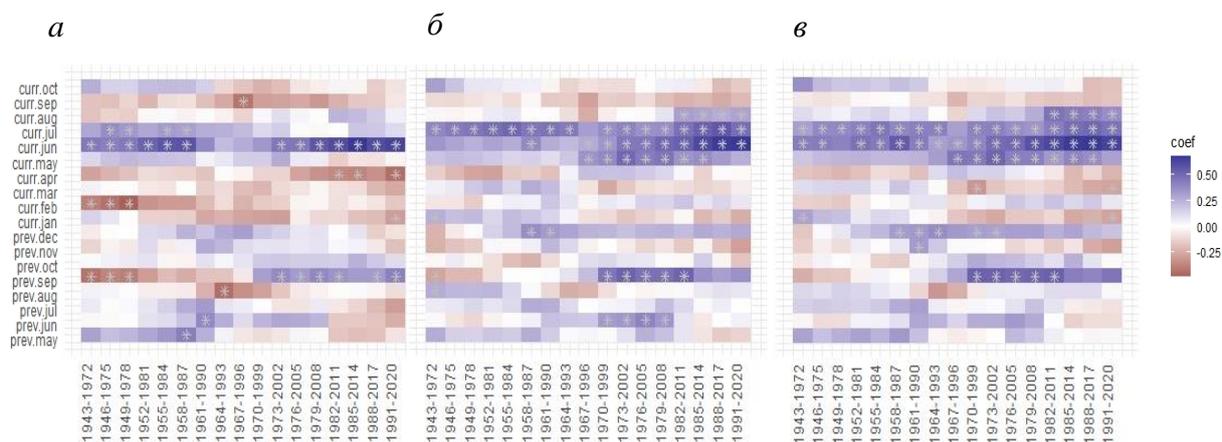


Рис. 1. Скользящие корреляции (30-летнее окно) параметров древесных колец ШГК (а), BI (б) и DBI (в) со среднемесячной температурой

DBI показал тот же сигнал, что и BI, но с более сильной корреляцией. Это означает, что DBI является параметром, наиболее подходящим для дальнейших климатических исследований и реконструкции температуры вегетационного периода.

*Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и образования Российской Федерации [ФСРЗ-2020-0014] и Российского научного фонда [18-14-00072Р]. Климатические данные предоставлены УНУ «Система экспериментальных баз, расположенных вдоль широтного градиента» НИ ТГУ.*

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Heeter K. J., Harley G. L. Blue intensity as a temperature proxy in the eastern United States // *Dendrochronologia*. 2019. Vol. 55. P. 105–109.
2. Björklund J. A., Gunnarson B. E., Seftigen K. Blue intensity and density from northern Fennoscandian tree rings, exploring the potential to improve summer temperature reconstructions with earlywood information // *Climate of the Past*. 2014. Vol. 10. P. 887–885.

Н. К. Артына<sup>1</sup>, аспирант,

Ю. С. Григорьев<sup>2</sup>, канд. биол. наук, проф.,

Е. С. Стравинскене<sup>3</sup>, канд. биол. наук, ст. преподаватель

<sup>1,2,3</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТ-ИОНА НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВОДОРΟΣЛИ *DUNALIELLA TERTIOLECTA* К БИХРОМАТУ КАЛИЯ

**Аннотация.** Проведена оценка воздействия бихромата калия на рост культуры водоросли *Dunaliella tertiolecta* методом биотестирования в средах с различным содержанием сульфата магния. Показано, что увеличение чувствительности *D. tertiolecta* к  $K_2Cr_2O_7$  происходило при пониженном содержании сульфат-ионов в среде.

**Ключевые слова:** биотестирование, *Dunaliella tertiolecta*, бихромат калия, сульфат-ион

Одноклеточные морские водоросли используются в биотестировании для оценки токсичности вод различной минерализации, растворимых веществ и водных вытяжек [1, 2]. При этом существующие методы и рекомендации имеют различия, касающиеся, в частности, состава питательных сред, способные повлиять на результаты токсикологического анализа. Зависимость воздействия модельного токсиканта от состава питательной среды была ранее показана нами при оценке роста культуры одноклеточной морской водоросли *Dunaliella tertiolecta* Butcher [3]. Вместе с тем не выясненным остается вопрос о влиянии каждого отдельного компонента питательной среды на проявление токсичных свойств исследуемых веществ. В связи с этим целью работы являлась оценка воздействия бихромата калия на рост культуры водоросли *D. tertiolecta* в средах с различным содержанием сульфата магния.

Оценка воздействия бихромата калия на рост культуры водоросли производилась в среде следующего состава [2]: 16 г/дм<sup>3</sup> NaCl, 6,94 г/дм<sup>3</sup> MgSO<sub>4</sub>×7H<sub>2</sub>O, 0,1 г/дм<sup>3</sup> KNO<sub>3</sub>, 0,025 г/дм<sup>3</sup> K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, комплекс микроэлементов. Находящуюся в экспоненциальной стадии роста культуру *D. tertiolecta* вносили в стаканы, содержащие разные варианты питательной среды (рис. 1, 2), а также модельный токсикант (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>). Содержимое каждого стакана в объеме 6 см<sup>3</sup> разливалось в 4 флакона, которые устанавливались

в культиватор УБ-01. После 45 часов экспозиции измеряли оптическую плотность выросшей культуры водоросли на приборе ИПС-03. Для оценки токсического воздействия использовали показатель  $EC_{50}$ , отражающий концентрации токсиканта, вызвавшие 50 %-ное снижение роста тест-культуры.

Ранее было высказано предположение, что низкая чувствительность *D. tertiolecta* к бихромату калия может быть вызвана присутствием в высокоминерализованной среде ионов жесткости [3]. В связи с этим нами была исследована чувствительность водоросли к  $K_2Cr_2O_7$  в среде, содержащей 10; 2,5; 0,625 или 0,156 г/дм<sup>3</sup> сульфата магния. Из рис. 1 видно, что снижение уровня сульфата магния ведет к увеличению чувствительности водоросли к бихромату калия. Так, эффективные концентрации  $EC_{50}$  составляли 65,0; 18,0; 8,8 и 4,3 мг/дм<sup>3</sup> в среде, содержащей 10; 2,5; 0,625 или 0,156 г/дм<sup>3</sup> сульфата магния, соответственно.

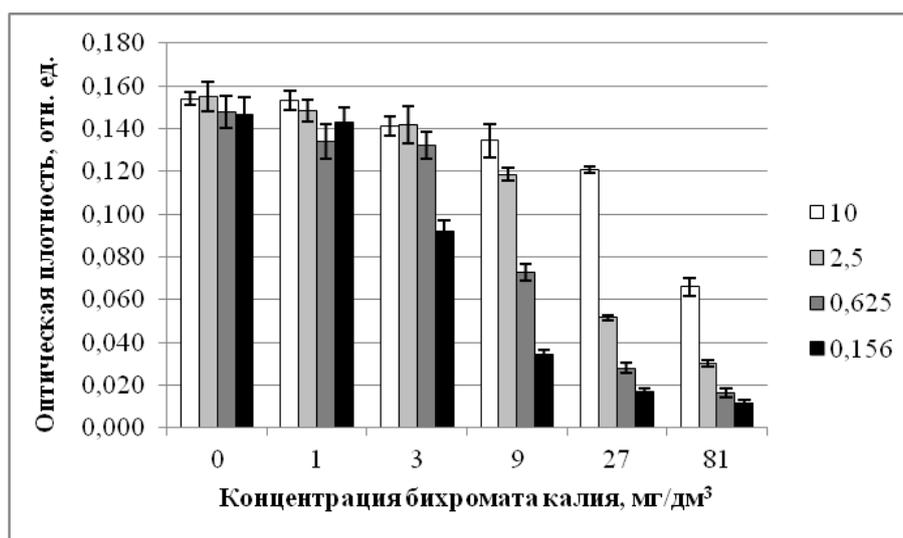


Рис. 1. Оптическая плотность культуры *D. tertiolecta* после 45 часов культивирования в присутствии бихромата калия в средах, содержащих 10; 2,5; 0,625 или 0,156 г/дм<sup>3</sup>  $MgSO_4 \times 7H_2O$

Другим объяснением увеличения чувствительности *D. tertiolecta* к бихромату калия при пониженном содержании  $MgSO_4$  может являться конкуренция сульфат-ионов с ионами  $Cr_2O_7^{2-}$  в процессе взаимодействия с поверхностью клеток. Как видно на рис. 2, 40-кратное увеличение содержания сульфата магния вызывает существенное снижение чувствительности водоросли: значения  $EC_{50}$  бихромата калия составляют 5,6 и 68,8 мг/дм<sup>3</sup> в средах, содержащих 0,25 и 10 г/дм<sup>3</sup>  $MgSO_4 \times 7H_2O$ , соответственно. В то же время при повышенном содержании в среде хлорида

магния чувствительность водоросли к токсиканту была такой же высокой, как и при более низком содержании данного соединения. Так, значения  $EC_{50}$  бихромата калия составляли 1,95 и 2,8 мг/дм<sup>3</sup> в средах, содержащих 0,25 и 10 г/дм<sup>3</sup>  $MgCl_2 \times 6H_2O$ , соответственно.

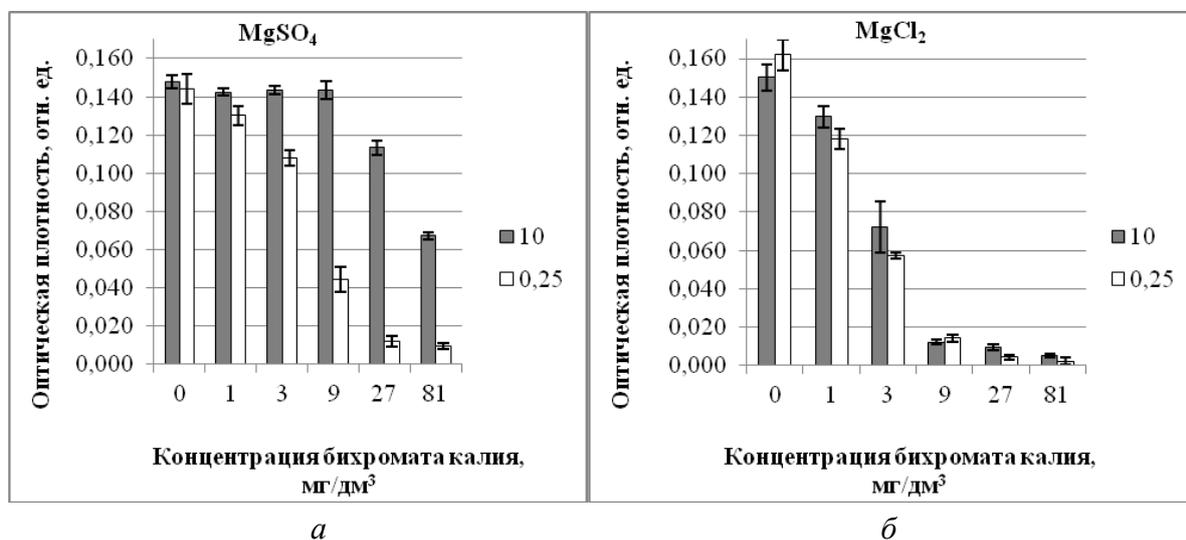


Рис. 2. Оптическая плотность культуры *D. tertiolecta* после 45 часов культивирования в присутствии бихромата калия в средах, содержащих сульфата (а) или хлорида (б) магния в концентрациях 10 и 0,25 г/дм<sup>3</sup>

Таким образом, снижение содержания сульфат-ионов в среде приводит к увеличению чувствительности водоросли *D. tertiolecta* к бихромату калия.

### Список источников

1. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. ГОСТ Р 53910-2010 (ИСО 10253:2006). М.: Стандартинформ. 2011. 40 с.

2. Оценка токсического загрязнения вод водотоков и водоемов различной солености и зон смешения речных и морских вод методами биотестирования. Рекомендации Р 52.24.690-2006. Ростов н/Д, 2006. 21 с.

3. Стравинскене Е. С., Григорьев Ю. С., Шашкова Т. Л., Субботин М. А., Полосухина М. А. Влияние состава питательной среды на чувствительность водоросли *Dunaliella tertiolecta* к бихромату калия // Теоретическая и прикладная экология. 2021. № 3. С. 186–192.

С. Д. Блинов, аспирант,

И. Н. Безкоровайная, д-р биол. наук, зав. кафедрой

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## ЧИСЛЕННОСТЬ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСА НА ЗАЛЕЖНОЙ ПОЧВЕ

**Аннотация.** Проведен анализ изменений численности дождевых червей в серой залежной почве в ходе сукцессионных изменений, обусловленных формированием лесного сообщества. Показано, что в процессе зарастания серой залежной почвы и формирования на ней соснового древостоя комплекс дождевых червей проходит несколько стадий, тесно связанных с сукцессией растительного покрова: от лугового на залежи до типично лесного сообщества.

**Ключевые слова:** залежная почва, сукцессия, дождевые черви, численность

В настоящее время в России имеется значительная площадь залежных земель. Их общая площадь по данным за 2018 г. составляет 33,08 млн га, или шестую часть всех сельскохозяйственных угодий страны. Неиспользуемые земли постепенно зарастают дикой растительностью, что затрудняет их возвращение в сельскохозяйственный оборот [2, 5].

Сукцессионные изменения растительности, происходящие на залежных землях, влекут за собой изменение свойств залежной почвы. Эти изменения затрагивают в том числе структуру сообществ почвенной биоты. Существуют работы, посвященные изменению состава почвенной биоты при сукцессионных изменениях на залежах [6, 7]. Однако данные работы не уделяют внимание важному компоненту почвенной биоты – дождевым червям. Известно, что численность дождевых червей существенно отличается на пашне и в лесу [1]. Интерес представляет изменение этой численности (а также биомассы) в ходе растительных сукцессий на залежи – промежуточном звене между пашней и лесом.

Таким образом, цель данной работы – провести анализ изменений численности дождевых червей (*Lumbricidae*) в серой залежной почве в ходе сукцессионных изменений, обусловленных формированием лесного сообщества.

Исследования проводились на территории восточной окраины Кемчугской возвышенности, на границе южной тайги и Красноярской лесостепи. Было заложено 5 пробных площадок: а) участок нескасываемой залежи; б) участок скашиваемой залежи; в) экотон между скашиваемой залежью и 15-летним сосняком; г) 15-летний сосняк на залежи; д) 50-летний сосняк. На каждой площадке были отобраны почвенные монолиты 25x25x10 см, из которых в лаборатории методом ручной разборки были извлечены почвенные беспозвоночные (макрофауна), определена численность беспозвоночных [3].

Проведенные ранее исследования показали, что пашня (как начальный этап сукцессии на залежной почве) отличается крайне низкой численностью дождевых червей – на 1 м<sup>2</sup> приходится не более двух экземпляров [1]. По мере зарастания и формирования лугового сообщества происходит увеличение общей плотности крупных беспозвоночных и численность червей в почвах 5-ти и 16-летней залежи составляет 18 и 20 экз/м<sup>2</sup> соответственно. Следует отметить, что сенокос отрицательно сказывается на численности беспозвоночных – на регулярно скашиваемом участке численность дождевых червей в 2 раза ниже таковой на незатронутом сенокосе-нием участке. По мере формирования соснового древостоя на залежной почве наблюдаются колебания численности беспозвоночных: в почве 15-летнего сосняка дождевые черви не обнаружены, для экотона также выявлена низкая численность червей – 7 экз/м<sup>2</sup>, в почве 50-летнего сосняка отмечена максимальная численность беспозвоночных – 40 экз/м<sup>2</sup>. Возможно, данные различия связаны с разным количеством растительного опада и его качественными характеристиками. Дождевые черви – сапрофаги – и подстилка и/или степной войлок являются для них и местообитанием, и пищевым ресурсом [4]. В зрелом сосняке опад формирует мощную подстилку (толщина около 4 см); в залежных сообществах подстилки нет, однако ежегодно поступает опад травянистых растений; в молодом сосняке подстилка маломощна (около 1 см), нет обильного травянистого опада.

Таким образом, при зарастании залежи комплекс дождевых червей проходит несколько стадий своего формирования: 1) рост численности при переходе от пашни к травянистой залежи; 2) падение численности, вплоть до полного исчезновения, в первые годы после зарастания травянистой залежи лесом; 3) рост численности до значений, существенно превосходящих таковые для травянистой залежи и типичных для лесного сообщества.

### Список источников

1. Безкорвайная И. Н., Егунова М. Н. Формирование комплексов почвенных беспозвоночных в процессе лесовосстановления (южная тайга, Центральная Сибирь) // Ульяновский медико-биологический журнал. 2011. № 4. С. 117–128.
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 340 с.
3. Количественные методы в почвенной зоологии: справочник / Ю. Б. Бызова, М. С. Гиляров, В. Дунгер [и др.]; отв. ред. М. С. Гиляров, Б. Р. Стриганова; АН СССР, Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцева. М.: Наука, 1987. 287 с.
4. Перель Т. С. Жизненные формы дождевых червей (Lumbricidae) // Журнал общей биологии. 1975. Т. 36. № 2. С. 189–202.
5. Терехин Э. А. Сукцессии на залежных землях юго-запада Среднерусской возвышенности и их изучение с применением спутниковых данных // Географический вестник. 2017. № 2(41). С. 118–126.
6. Frouz J. Soil food web changes during spontaneous succession at post mining sites: A possible ecosystem engineering effect on food web organization? // PLoS One. 2013. No. 8. P. 79694.
7. Holtkamp R., Kardol P., Wal A. van der. Soil food web structure during ecosystem development after land abandonment // Applied Soil Ecology. 2008. № 39. P. 23–34.

**В. В. Бочка**, аспирант

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕДИ НА РОГОЛИСТНИК ПОГРУЖЕННЫЙ (*CERATOPHYLLUM DEMERSUM* L.)**

**Аннотация.** В статье рассмотрено воздействие ионов меди на прирост и флуоресцентные показатели роголистника погруженного. В результате опытов было установлено, что концентрации ионов данного металла выше 0,03 мг/л вызывают снижение массы растений из-за потери листьев и приводят к нарушению работы фотосинтетического аппарата. В то же время растение при таких воздействиях сохраняет свою жизнеспособность.

**Ключевые слова:** *тяжелые металлы, роголистник погруженный, ионы меди, ОПЗФ, фиторемедиация*

Такой тяжелый металл, как медь, включен во множество биохимических процессов растительных организмов. Однако высокие концентрации данного элемента приводят к нарушению процессов обмена веществ из-за формирования активных форм кислорода [1]. Ионы меди также способны оказывать угнетающее воздействие на фотосинтетический аппарат [2].

Роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L.) способен аккумулировать тяжелые металлы [3]. Изучение токсического действия данных поллютантов поможет определить диапазон условий, в пределах которого может быть использован метод фиторемедиации.

Для исследования устойчивости *C. demersum* к действию ионов меди применялся сульфат меди (II) ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Верхушечная часть растений помещалась во флаконы культиватора УЭР-03 объемом 50 мл, наполненные 20 % средой Штейнберга. Эксперименты проводились в трех повторностях в концентрациях ионов меди 0–0,05 мг/л.

На седьмые сутки эксперимента наибольший прирост массы отмечается у растений из системы с отсутствием ионов меди и при их концентрации 0,02 мг/л (рис. 1). Ионы меди в данной концентрации оказывают стимулирующее воздействие на рост растений, т. к. данный металл принимает участие в процессах фотосинтеза, дыхания, белкового обмена и усвоения азота [4]. У растений, находившихся в среде с концентрациями ионов меди

0,03 мг/л и выше, отмечается уменьшение массы, вызванное разрушением мягких тканей и потерей листьев.

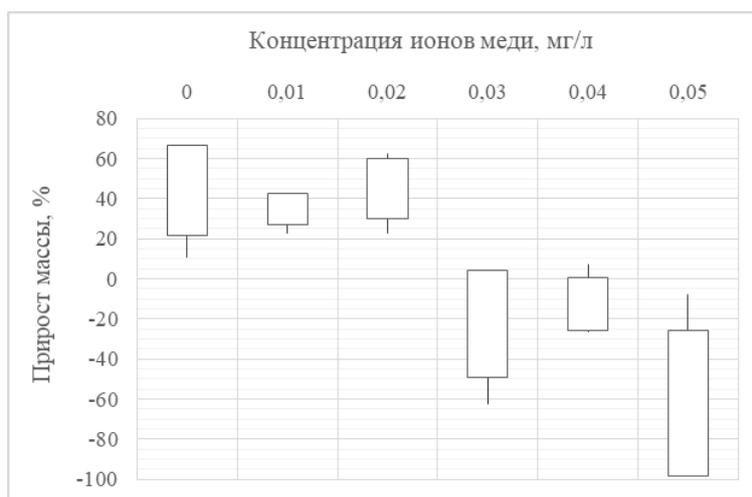


Рис. 1. Прирост массы роголистника погруженного на седьмой день эксперимента

Критерием токсичности вод является снижение средней величины ОПЗФ на 25 % и более по сравнению с контрольным вариантом [5].

Отмечается снижение относительного показателя замедленной флуоресценции с увеличением концентрации ионов меди (рис. 2).

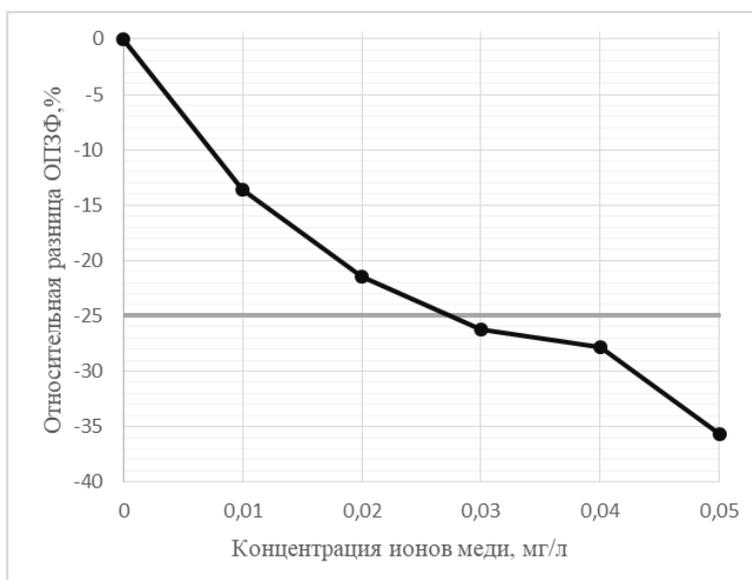


Рис. 2. Снижение ОПЗФ по сравнению с контролем

На седьмые сутки эксперимента наблюдается уменьшение ОПЗФ на 25 % и более по сравнению с контролем при концентрации ионов меди 0,03 мг/л и выше. Это может быть связано с подавлением процессов фотосинтеза, вызванного нарушением работы фотосинтетического аппарата.

Таким образом, все исследованные концентрации ионов меди не являются предельными для роголистника погруженного, однако концентрации ионов данного металла 0,03 мг/л и выше приводят к снижению массы растений. Также изученные концентрации приводят к нарушению работы фотосинтетического аппарата, о чем свидетельствуют флуоресцентные показатели. Роголистник погруженный сохраняет свою жизнеспособность вплоть до концентрации меди, соответствующей 50 ПДК<sub>рх</sub>.

#### **Список источников**

1. Rehman A. U., Nazir S., Irshad R., Tahir K., Rehman K. U., Islam R. U., Wahab Z. Toxicity of heavy metals in plants and animals and their uptake by magnetic iron oxide nanoparticles // *Journal of Molecular Liquids*. 2021. Vol. 321. 33 p.

2. Rama Devi S., Prasad M.N.V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: Response of antioxidant enzymes and antioxidants // *Plant Science*, 1998. № 138. P. 157–165.

3. Kastratović V., Krivokapić S., Bigović M., Đurović D., Blagojević N. Bioaccumulation and translocation of heavy metals by *Ceratophyllum demersum* from the Skadar Lake, Montenegro // *Journal of the Serbian Chemical Society*, 2014. Vol. 79. P. 1445-1460.

4. Sommer A. L. Copper as an essential for plant growth // *Plant physiology*, 1931. № 6(2). P. 339–345.

5. Григорьев Ю. С., Стравинскене Е. С. Методика определения токсичности питьевых, природных и сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). М., 2009. 43 с.

**О. С. Буланова**, канд. биол. наук, доц.

*Сибирский государственный университет науки и технологий  
имени академика М. Ф. Решетнева, Красноярск,  
Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## ГРАНИ ПРОФЕССИИ БИОЭКОЛОГА

**Аннотация.** Путём анализа личного опыта профессиональной деятельности описаны разные стороны работы биоэколога; указаны объекты профессиональной деятельности и области знания. Приводятся профессиональные навыки и личные качества специалиста, работающего в области науки и образования, на разных этапах карьеры. Показана важность создания системы «университет – предприятие» для подготовки молодых специалистов.

**Ключевые слова:** *специальность, профессия, прикладные умения и навыки*

Мой путь от выпускника кафедры экотоксикологии и микробиологии КГУ (2002 г.) до сотрудника кафедры экологии и природопользования СФУ (2022 г.) не был прямым и коротким, но именно это обстоятельство позволило выявить и развить личные и профессиональные качества специалиста-биоэколога, которые были заложены преподавателями. Главными из них являются: преданность профессии и навык учиться.

Кто такой биоэколог? Подобный вопрос задавали не только абитуриенты 1990-х годов, но и руководители предприятий 2000-х годов при собеседовании, так как в то время эта профессия была новой. Конкурс на специальности «Экология» и «Биоэкология» в КГУ в 1997 г. был ниже (приблизительно 2,4), чем на «Биологию» (4,2) и «Биохимию» (3,8) [1, с. 1].

Жизненный опыт подтвердил, что биоэколог – специалист широкого профиля. Моя научно-исследовательская работа («Запас, структура и трансформация органического вещества почв предтундровых редколесий») началась с 3 курса в лаборатории лесного почвоведения Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН под руководством канд. биол. наук Э. Ф. Ведровой и канд. биол. наук Г. А. Сорокиной. Здесь пригодились усидчивость при разборе образцов подстилки по фракциям, навыки проведения химических анализов и постановки модельного эксперимента, изучения специальной литературы.

Диссертация под руководством д-ра с.-х. наук О. В. Тарасовой на базе кафедры экологии и защиты леса ГОУ ВПО «СибГТУ» была посвящена изучению другого компонента экосистем: формированию комплекса дендрофильных насекомых в ходе начальной стадии лесной сукцессии на залежных сельскохозяйственных землях. Для этого потребовались навыки: проведения полевых работ, геоботанического описания территорий, сбора и определения насекомых, работы с информационными источниками, обобщения данных по нескольким компонентам лесных экосистем, а также наблюдательность, целеустремлённость, интерес к работе и работоспособность.

Научные исследования в должности доцента кафедры лесоводства, охраны и защиты леса СибГУ им. акад. М. Ф. Решетнева касаются популяций насекомых-вредителей леса и методов борьбы с ними; видového разнообразия энтомофауны и санитарного состояния естественных и нарушенных насаждений. Стажировка в ЦЗЛ Красноярского края (2018 г.) позволила получить новые профессиональные навыки. В настоящее время представляет интерес применение методики косвенной оценки видového разнообразия лесных экосистем через оценку их структурного разнообразия. Такие работы требуют комплексного подхода и знаний ряда дисциплин.

Новый поворот в научной деятельности (август 2022 г.) – участие в полевых работах на р. Ангаре по проекту «Определение современного состояния водных биоресурсов и качества поверхностных вод района строительства Нижнебогучанской ГЭС ...» (под руководством канд. техн. наук Т. П. Спицыной) в рамках конкурса НОЦ «Енисейская Сибирь». Пригодились усидчивость при разборе проб, знания по зоологии беспозвоночных, обучаемость работе с новым оборудованием, опыт полевых исследований.

В профессии биоэколога есть опасность работы с вредными производственными факторами и в некомфортных условиях труда. Однако учебные практики на биостанции КГУ хорошо подготовили нас к полевым условиям и закалили характер. Справиться с трудностями профессии помогает также общение с коллегами из смежных отраслей и положительные эмоции.

Для работающего в университете биоэколога ещё одной стороной жизни служит образовательная деятельность и воспитание подрастающего поколения. Здесь нужны тактичность, терпение, настойчивость, личный

пример, эмоциональная устойчивость и навыки публичного выступления. У части студентов отсутствует мотивация к работе по специальности. Одно из решений проблемы – сотрудничество профильных предприятий и университета на этапе производственных практик. Если студенты не формально направляются на производство, а привлекаются к выполнению работ в рамках госзаданий, они чувствуют значимость своей профессии. В текущем году четыре студента (что в 2 раза больше, чем в прошлом году) выполняют экспериментальные работы в Центре лесной пирологии под руководством канд. с.-х. наук А. А. Агеева.

Зажечь и поддерживать искру научного интереса в обучающихся позволяет также проведение экологических олимпиад и подготовка студентов к участию в них, поддержка школьников в профильных конкурсах.

Таким образом, биоэколог – это биолог, работающий на стыке наук, специалист с множеством граней. Он должен знать основы базовых естественно-научных дисциплин, уметь отбирать пробы, пользоваться измерительными приборами в различных природных средах, а также производить расчёты. Эта профессия требует любознательности, способности к научному творчеству, усидчивости и физической выносливости [2]. Для профессионального роста молодому специалисту также полезно общение со старшими коллегами. Даже при появлении новых экологических профессий [3], фундаментом всех направлений экологии останется биоэкология.

#### **Список источников**

1. Пополнение-97 // Университетская жизнь. №8 (647). 09 сентября 1997. С. 1.
2. Профессиограмма. Эколог. 29.11.2016. URL: <https://trud.krskstate.ru/professiograms/detail/434c3f1b-bcb0-44cb-a77b-4dcb090457f7> (дата обращения: 29.10.2022).
3. Экологические профессии будущего. URL: <https://wwf.ru/resources/ekoprofessii/> (дата обращения: 29.10.2022).

А. Бурмакин, студент

Сибирский федеральный университет, Красноярск

## ВЛИЯНИЕ КРАСНОЯРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА КЛИМАТ

**Аннотация.** Целью работы является выделение климатического параметра, скорректированного на многолетний временной ряд из общего фона повышения глобальной температуры. Кроме того, в задачи работы входило описание прилегающей территории вокруг Красноярского водохранилища и его влияние на климат в течение определенного периода времени. В результате выявлен быстрый рост температуры после постройки станции.

**Ключевые слова:** климатические прогнозы, температурный тренд, Красноярское водохранилище, дендрохронологический метод, повышение температуры, ускорение потепления

В Российской Федерации имеется около 26 500 км<sup>3</sup> пресной воды [1]. Крупные водные объекты оказывают значительное влияние в регулировании климатических условий.

Российская Федерация занимает значительное место по обеспеченности водоемами. В России расположены шесть из пятнадцати крупнейших водохранилищ мира по объему накопленной воды, где общий номинальный объем составляет 486,2 км<sup>3</sup> [2].

Красноярское водохранилище (на юге Сибири) на момент своего появления было самым большим водохранилищем в мире. Поэтому оно является прекрасным объектом для изучения влияния водохранилищ и озер на микроклиматические условия. Такого рода климатические исследования на Красноярском водохранилище, в отличие от работ на естественных водоемах, позволяют проводить оценку водоема по климату с более точной временной привязкой.

*Pinus sylvestris* – один из самых распространенных видов хвойных в сибирских лесах и основная порода, имеющая хозяйственное значение. Сообщалось, что деревья сосны, произрастающие на юге Сибири, ограничены влажностью почвы и температурой в весенний период.

Климатические прогнозы предполагают ускоренное потепление в текущем столетии с негативными последствиями для лесных экосистем

и могут быть использованы при планировании лесопользования. Таким образом, оценка прироста сосны дендрохронологическими методами может помочь лучше понять влияние Красноярского водохранилища на местные климатические условия [3].

В связи с этим целью данной работы является оценка возможного влияния водоемов на рост деревьев, а также оценка водоема на климат и составление временных трендов.

Мы преследовали следующие цели:

1. Выделить локальный/региональный климатический параметр, скорректированный на многолетний временной ряд, из общего фона повышения глобальной температуры.

2. Описать географическую протяженность острова тепла и прилегающей территории вокруг Красноярского водохранилища и его влияние на климат в течение определенного периода времени.

Здесь мы покажем предварительное исследование инструментальных и смоделированных климатических данных. Инструментальные данные по четырем станциям (Красноярск, Светлолобово, Абакан и Минусинск) доступны на сайте [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru). Смоделированные данные были получены от Центра исследования климата (CRU) с пространственным разрешением  $0,5^\circ$ . Климатические данные использовались для:

1. Мы проанализировали климатические временные ряды (температура и осадки) для всех данных.

2. Мы искали временные тренды. В случае Красноярска и Абакана мы представляем разные тенденции до и после периода строительства плотины.

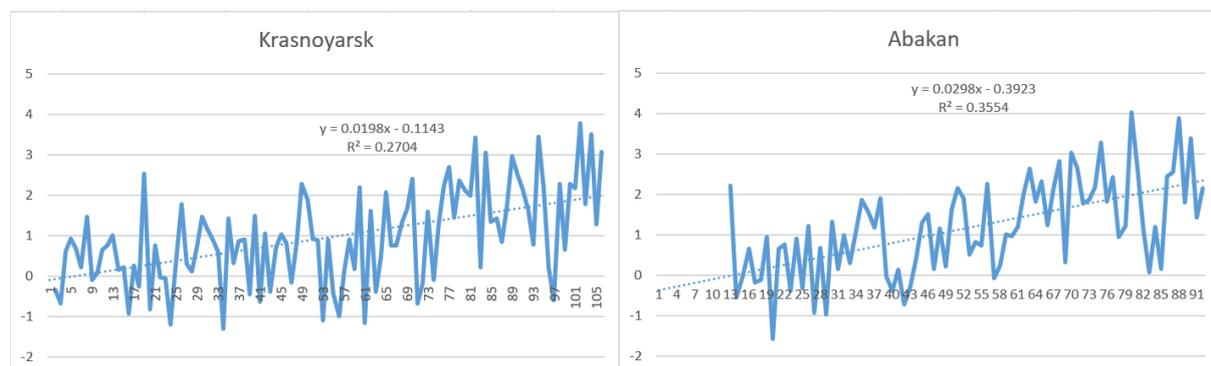


Рис. 1. Средние температуры в Красноярске и Абакане за 100 лет

Мы видим, что после постройки станции температура стала расти быстрее.

Климатические прогнозы предполагают ускорение потепления в текущем столетии с негативными последствиями для лесных экосистем и могут быть использованы при планировании лесопользования [4].

Негативное влияние на рост деревьев заключается в увеличении учащения сильных засух, которые можно усилить созданием особого микроклимата [5].

В заключение хотим сказать, что после строительства плотины наблюдается существенное изменение температурного тренда. Это может быть связано с плотиной, но исследование будет продолжено.

### **Список источников**

1. Филатов Н., Гронская Т. Озера России. Энциклопедия озер и водохранилищ / под ред. Ларс Бенгтссон, Реджинальд В. Херши и Родс В. Фэйрбридж. Springer Dordrecht, Гейдельберг, Нью-Йорк, Лондон. 2012. С. 674–679.

2. Двухэтапный вероятностный подход к индексам сходства нескольких сообществ, Chao et al., 2008.

3. Панин Г. Н., Насонов А. Е., Фокен Т. Испарение и теплообмен водоема с атмосферой при наличии мелководий // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 3. С. 367–383.

4. Густокашина Н. Н. Многолетние изменения основных элементов климата на территории Предбайкалья, Иркутск, 2000. С. 5–6.

5. Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазепа В. С, Наурзбаев М. М., Хантемиров Р. М. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.

**В. Е. Видус**<sup>1</sup>, студент,

**А. И. Фертиков**<sup>2</sup>, инженер-исследователь,

**Р. А. Шарафутдинов**<sup>3</sup>, канд. геогр. наук, доц., директор ИЭГ,

**В. Л. Гавриков**<sup>4</sup>, д-р. биол. наук, проф.

<sup>1,2,3,4</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В СТВОЛАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS L.*)**

**Аннотация.** Цель настоящего исследования состояла в оценке того, насколько вариабельно распределение элементов в стволах деревьев. Методика изучения элементного состава древесных колец посредством рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) предполагает получение тонких пластин древесины, которые в дальнейшем подвергаются сканированию и определению активности в древесине тех или иных химических элементов. Большинство элементов распределены в радиальных направлениях ствола довольно хаотично, что выражается в отсутствии устойчивых сильных корреляций между рядами отсчетов элементов. Вместе с тем два элемента, Са и К, такие корреляции обнаруживают.

**Ключевые слова:** дендрохимия, круглые керны, рентгенофлуоресцентный анализ

Усиление антропогенной нагрузки на леса и ухудшение их состояния обусловили необходимость ведения экологического мониторинга, эффективность которого во многом зависит от правильности выбора объектов и диагностических параметров. Дендрохимия – это развивающаяся научная область, включающая биомониторинг загрязнения окружающей среды, реконструкцию долгосрочных изменений условий окружающей среды или обнаружение и датировку вулканических извержений [4, 5].

Одним из основных носителей информации о состоянии лесных экосистем являются деревья, а химический состав их тканей изменяется в зависимости от погодных и лесорастительных условий, а также антропогенного воздействия [5, 8]. Источником этих сведений являются годовые кольца. Закодированная в них информация о динамике состояния самого дерева, его биотического окружения и внешней среды требует «расшифровки» и глубокого анализа [1, 6]. Применяемые в настоящее время приемы и методы позволяют лишь частично осуществить эту расшифровку [8].

Методика изучения элементного состава древесных колец посредством рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) предполагает получение тонких пластин древесины, которые в дальнейшем подвергаются сканированию и определению активности в древесине тех или иных химических элементов. Древесные пластины, как правило, получают посредством выпиливания из круглых кернов, извлекаемых из стволов с помощью специальных буравов. В подавляющем числе исследований из одного дерева извлекается один керна.

Последнее предполагает, что один керна рассматривается как надежный «представитель» всего ствола дерева в отношении содержания и распределения в нем химических элементов. Вместе с тем данное предположение не является доказанным или даже изученным. Вполне возможно допустить, что ствол дерева неоднороден. Химические элементы могут быть распределены в нем так, что два керна, полученные из одного ствола, будут отличаться друг от друга. Этот вопрос требует тщательного изучения до того, как метод РФА будет применен в исследовательских или практических целях.

Цель настоящего исследования состояла в оценке того, насколько вариабельно распределение элементов в стволах деревьев. Нами была выбрана группа деревьев одного вида сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) близкого размера, произрастающая в западной части экопарка «Гремячая грива» г. Красноярск. Лесной массив с преобладанием сосны расположен на склоне левого берега р. Енисей, ориентированном на юг (рис. 1).

Схема отбора материала для исследования состояла в следующем. У деревьев без видимых повреждений и аномалий роста с помощью компаса определяли стороны ствола в направлении юга, запада, севера и востока. С установленных сторон света у дерева извлекали керна на высоте 1–1,2 м от поверхности почвы, по четыре керна на дерево. Керны извлекались посредством специального бурава Haglof диаметром 12 мм. После извлечения керна упаковывались в плотную бумагу и маркировались. Всего керна были извлечены у шести деревьев, и, таким образом, для последующего анализа было отобрано 24 керна. Отбор материала осуществлялся осенью 2020 г. после окончания сезонного роста и ранней весной 2021 г. – до начала сезонного роста. Таким образом, последнее кольцо роста деревьев датировалось 2020 г.

После извлечения керна транспортировались в лабораторию и до анализа хранились в комнатных условиях. После высыхания керна

распиливались поперек направления трахеид циркулярной минипилой, в ходе чего из керна извлекались древесные пластины толщиной 2 мм. В дальнейшем эти пластины сканировались на РФА-установке Itrax.

Метод рентгенофлуоресцентного анализа основан на зависимости интенсивности рентгеновской флуоресценции от концентрации элемента в образце. При облучении образца мощным потоком излучения рентгеновской трубки возникает характеристическое флуоресцентное излучение атомов, которое пропорционально их концентрации в образце [7]. Сканирование приводит к измерению интенсивности излучения в относительных единицах для каждого элемента – числа отсчетов, которые отражают количество квантов определенной энергии, специфической для ядер разных химических элементов. Расстояние между точками сканирования составляло 100 мк.

В анализ были включены элементы: Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Sr. Предварительная статистическая обработка состояла в вычислении количества отсчетов, приходящихся на одну точку сканирования в пределах годовых колец, что является аналогом концентрации ядер элементов. Использование относительных единиц (в расчете на одну точку) было необходимо, чтобы исключить влияние скорости роста деревьев, т. е. ширины колец: более широкое кольцо будет содержать больше отсчетов, чем узкое.

В ходе предварительной обработки для каждого извлеченного керна получали ряды чисел, где каждое число соответствовало определенному календарному году, а величина числа – оценке того, какова концентрация ядер определенных химических элементов в древесине кольца. Для большинства деревьев длина рядов чисел составляла 81 г., от 1940 до 2020 г.

Основная часть статистической обработки проводилась методом корреляционного анализа. Вопрос, который ставился в ходе анализа, формулировался следующим образом – коррелируют ли между собой ряды отсчетов определенного элемента, полученные с разных сторон ствола дерева. Если все четыре ряда (по сторонам света) попарно сильно коррелируют между собой, то это с высокой вероятностью свидетельствует о похожем характере распределения элемента в разных радиальных направлениях ствола дерева. Следовательно, один извлеченный керн может являться «представителем» того, как элемент распределен и в стволе в целом.

Если же все четыре ряда количества отсчетов показывают попарно низкую или нулевую корреляцию, то это, вероятно, означает, что распре-

деление элемента сильно зависит от направления взятия керна. Отсюда следует, что один керн, извлеченный из ствола в некотором случайном направлении, не отражает распределение элемента в ряду годовичных колец ствола.

В табл. 1–3 показаны фрагменты корреляционных таблиц для дерева № 1. В таблицах приведены коэффициенты парной корреляции между рядами некоторых элементов, выбранных для примера: кальция, калия и фосфора.

Таблица 1

Фрагмент корреляционной таблицы кальция для дерева № 1

	Са_вос*	Са_зап	Са_сев
Са_зап	0,76		
Са_сев	0,76	0,90	
Са_юг	0,79	0,90	0,90

\* вос, зап, сев, юг обозначают направления сторон света: восток, запад, север и юг

Таблица 2

Фрагмент корреляционной таблицы калия для дерева № 1

	К_вос	К_зап	К_сев
К_зап	0,89		
К_сев	0,92	0,91	
К_юг	0,68	0,64	0,67

Таблица 3

Фрагмент корреляционной таблицы фосфора для дерева № 1

	Р_вос	Р_зап	Р_сев
Р_зап	0,30		
Р_сев	0,19	0,08	
Р_юг	-0,11	0,01	0,10

Как следует из табл. 1, 2, ряды отсчетов по Са и К достаточно сильно коррелируют между собой. В то же время ряды отсчетов по Р (табл. 3) практически не коррелируют.

Изучение корреляционных таблиц для других деревьев и элементов показывает, что данная картина характерна для них всех. А именно во всех исследованных деревьях сосны обыкновенной только Са и К демонстрируют устойчивые корреляции между рядами отсчетов по всем направ-

лениям света. Ни у каких других из рассмотренных элементов не наблюдается аналогичных сильных корреляций.

На основании полученных данных можно сделать следующий вывод. Концентрация элементов в годичных кольцах сосны обыкновенной подвержена значительной вариабельности. Большинство элементов распределены в радиальных направлениях ствола довольно хаотично, что выражается в отсутствии устойчивых сильных корреляций между рядами отсчетов элементов. Вместе с тем два элемента, Са и К, такие корреляции обнаруживают.

Причины наблюдаемого поведения элементов в настоящее время не известны. Вероятно, они лежат в тех химических формах, в которых элементы существуют в матрице древесных волокон, и во взаимодействии химических веществ с древесиной в процессе роста. На данном этапе исследований можно лишь зафиксировать, что наблюдаемые факты обладают повторяемостью и воспроизводимостью, и это позволяет использовать их для формирования исследовательской программы.

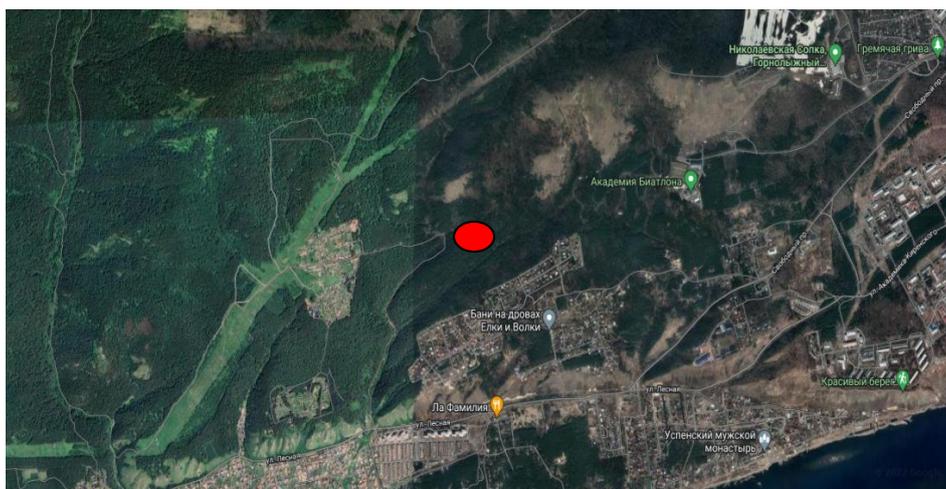


Рис. 1. Место отбора проб (кernов, почвы)

С методической точки зрения высока вероятность того, что только в отношении Са и К можно рассматривать любой единичный kern, изъятый из дерева сосны обыкновенной, как надежный «представитель» распределения элементов в стволе.

### Список источников

1. Адаменко В. Н. Химический состав годичных колец деревьев и состояние природной среды // Докл. АН СССР. 1982. Т. 265, № 2. С. 507–512.

2. Антипова Е. М. Флора г. Красноярска: конспект. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, 2009.

3. Демаков Ю. П. Диагностика устойчивости лесных экосистем: методологические и методические аспекты. Марий Эл, 2000. 415 с.

4. Демаков Ю. П. Возможности дендрохронологии в индикации и прогнозе течения природных и антропогенно обусловленных процессов // Математические и физические методы в экологии и мониторинге природной среды. 2001. С. 257–263.

5. Крамер П. Д. Физиология древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1983. 464 с.

6. Соболев В. И. Рентгенофлуоресцентный анализ: методическое пособие. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. 18 с.

7. Hevia A. Towards a better understanding of long-term wood-chemistry variations in old-growth forests: A case study on ancient *Pinus uncinata* trees from the Pyrenees // Science of the Total Environment, 2018. № 625. P. 220–232.

8. Scharnweber T. Common trends in elements? Within- and between-tree variations of wood-chemistry measured by X-ray fluorescence – A dendrochemical study // Science of the Total Environment, 2016. № 566. P. 1 245–1 253.

**И. Г. Гетте**<sup>1</sup>, ст. преподаватель,

**Н. Е. Коротаева**<sup>2</sup>, канд. биол. наук, науч. сотрудник,

**Г. Б. Боровский**<sup>3</sup>, д-р биол. наук, проф., гл. науч. сотрудник,

**И. В. Косов**<sup>4</sup>, канд. с.-х. наук, науч. сотрудник

<sup>1</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

<sup>2,3</sup> Сибирский институт физиологии и биохимии растений, Иркутск

<sup>4</sup> Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

## **ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ БЕЛКОВ ТЕПЛОВОГО ШОКА В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В ПОСТПИРОГЕННЫЙ ПЕРИОД**

**Аннотация.** В работе проводилась оценка стрессовой реакции хвои сосны обыкновенной в виде накопления белков теплового шока в краткосрочной и долгосрочной динамике. Проведенное исследование выявило признаки стрессового состояния древостоя в виде накопления БТШ в краткосрочном послепожарном периоде. Установлены различия в начальном содержании белков для хвои, сформированной в условиях восстановления, а также хвои, непосредственно подвергавшейся конвективному нагреву.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, белки теплового шока, лесной пожар, выжигание

В настоящее время все больший интерес проявляется к изучению влияния различных стрессовых факторов на рост и развитие растений. Лесные пожары можно отнести к стрессовым абиотическим факторам, с коротким интервалом действия высоких температур. Одним из известных факторов, способствующих послестрессовому восстановлению на уровне клеток, являются стрессовые белки, или белки теплового шока (БТШ). Цель работы заключалась в определении содержания белков теплового шока в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), накапливающихся как во время низового пожара, так и в постпирогенный период.

Объектом исследования служили естественные чистые насаждения сосны обыкновенной 2 класса возраста разнотравной группы типов леса, расположенные на территории экспериментального опытного хозяйства «Погорельский бор» (г. Красноярск). Для оценки содержания стрессовых

белков в хвое использован современный высокочувствительный аналитический метод выделения и полуколичественной оценки содержания белков теплового шока растений [1].

Для оценки первичной стрессовой реакции и в кратковременной динамике отбор обобщенной пробы (с модельных деревьев) 2-летней хвои проводили перед выжиганием 2017 года (контроль), через 30 минут и спустя 2 и 5 суток. Для установления различия в начальном содержании белков, а также в темпах его синтеза для хвои, сформированной после контролируемого выжигания 2017 года, был применен прием повторного стрессирования побегов в термостате (1 ч при 45 °С), инициируя синтез БТШ. Образцы для исследования отбирали в различные периоды: в условиях активной вегетации, осеннего закаливания, зимнего покоя и выхода из покоя. Такого рода периодичность отбора образцов была необходима для комплексной оценки функционального состояния древостоя, с учетом естественного изменения в метаболизме. Анализ содержания стрессовых белков произведен как на сформированной хвое, так и непосредственно подвергавшейся конвективному нагреву во время горения.

Содержание стрессовых белков БТШ 101 и 17,6 значительно не отличалось от контрольного уровня через 30 мин и на 5-е сутки после выжигания и достигало максимальных значений на 2-е сутки, при этом оно в 1,5 раза превышало контрольные значения. Подобного рода синтез специфических БТШ обусловлен их участием в восстановлении растительной клетки. Установлены различия в начальном содержании набора БТШ и его синтезе в ответ на повторный тепловой стресс, для хвои, сформированной в условиях восстановления, а также хвои, непосредственно подвергавшейся конвективному нагреву. Результаты, полученные в фазу осеннего закаливания и выхода из зимнего покоя, оказались наиболее показательными. В ноябре исходное содержание набора БТШ в 1,5–2,5 раза выше в хвое с площади после контролируемого выжигания относительно контроля. В апреле термическая обработка приводит к увеличению БТШ 101 и 70 в хвое с древостоя, находящегося в восстановительном периоде, тогда как в контроле происходит снижение набора БТШ либо сохранение исходного содержания.

*Выявление белков теплового шока было выполнено с использованием оборудования ЦКП «Биоаналитика» Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск).*

### **Список источников**

1. Korotaeva N. E., Oskorbina M. V., Kopytova L. D., Suvorova G. G., Borovskii G. B., Voinikov V. K. Variations in the content of stress proteins in the needles of common pine (*Pinus sylvestris* L.) within an annual cycle // J. Forest Research. 2012. V. 17. № 1. P. 89–97.

**А. В. Гирева**<sup>1,2</sup>, магистрант, мл. науч. сотр.,

**О. М. Шабалина**<sup>1</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

<sup>1</sup> *Национальный парк «Красноярские Столбы», Красноярск*

## **ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ПОБЕГА ПИХТЫ СИБИРСКОЙ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»**

**Аннотация.** Изучена изменчивость морфометрических признаков побега пихты сибирской, произрастающей на различной высоте на северном макросклоне Восточного Саяна в национальном парке «Красноярские Столбы». Установлено, что по мере увеличения абсолютной высоты происходит статистически достоверное уменьшение годового прироста, длины и ширины хвои пихты сибирской, а также увеличение охвоенности побега. Изменчивость основных морфометрических признаков побега пихты сибирской в изученных ценопопуляциях варьирует преимущественно на среднем и низком уровне.

**Ключевые слова:** *пихта сибирская* *Abies sibirica* *Ledeb.*, *морфометрические признаки, изменчивость, побег, национальный парк «Красноярские Столбы»*

В наше время исследованию реакции наземных экосистем на происходящие глобальные и региональные климатические изменения уделяется большое внимание.

Высокогорная растительность, которая формировалась на протяжении длительного периода времени в экстремальных условиях среды, может служить индикатором климатических изменений. Хвойные растения, по данным многих авторов, являются одними из наиболее чувствительных к изменениям экологических условий. В неблагоприятных условиях у них происходят видимые морфометрические изменения [1].

Пихта сибирская (*Abies sibirica* *Ledeb.*) – один из самых распространенных видов хвойных в лесных экосистемах гор Южной Сибири.

На территории национального парка «Красноярские Столбы» пихта сибирская растет на всем диапазоне высот, однако изменчивость морфометрических признаков *A. sibirica* по градиенту высоты здесь ранее не изучалась, что, безусловно, определяет актуальность данного исследования.

Объектами для выявления морфологической изменчивости побега пихты сибирской послужили образцы, которые отбирались на различной высоте на территории национального парка «Красноярские Столбы». В общей сложности для отбора побегов было заложено пять точек на высотах 288, 400, 517, 602 и 730 м н.у.м. Для характеристики морфологии побегов с 75 деревьев пихты сибирской II и III классов возраста (15 деревьев в каждой точке) было отобрано по одному побегу. В каждой точке отбора образцов проводилось полное геоботаническое описание растительности по традиционным методикам [2].

В лабораторных условиях измерялась длина годового прироста, длина и ширина хвои, охвоённость побега (число хвоинок на 1 см длины побега). Измерения морфометрических показателей побегов проводились за 3-летний период с 2018–2020 гг. Степень изменчивости по коэффициентам вариации ( $C_v$ , %) характеризовали с использованием шкалы, разработанной применительно к древесным растениям [3].

По результатам исследования морфометрические показатели побегов деревьев пихты сибирской (*A. sibirica*) в национальном парке «Красноярские Столбы» варьируют в зависимости от высоты (табл. 1).

Таблица 1

Изменчивость морфометрических параметров пихты сибирской (*A. sibirica*) в зависимости от высоты над уровнем моря в национальном парке «Красноярские Столбы»

Высота н.у.м.	Годичный прирост, см		Охвоённость, хв/1 см		Длина хвои, см		Ширина хвои, мм	
	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v$ %	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v$ %	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v$ %	$X_{cp} \pm m_x$	$C_v$ %
288	11,32±0,24	14,57	17,51±0,4	15,57	3,17±0,05	12,09	1,11±0,007	4,33
400	9,96 ± 0,24	16,70	18,6±0,38	13,86	2,76±0,03	9	1,07±0,006	4,25
517	9,94 ± 0,24	16,67	18,71±0,47	16,92	2,54±0,03	8,99	1,01±0,003	2,23
602	6,38 ± 0,15	16,45	19,88±0,38	12,87	2,17±0,03	9,56	0,95±0,003	2,76
730	5,33 ± 0,15	19,66	22,44±0,49	14,7	1,96±0,02	7,88	0,90±0,005	3,96

Самый большой годичный прирост наблюдается в таёжном поясе на высоте 288 м н.у.м. и составляет  $11,32 \pm 0,24$  см. Эта величина достоверно выше соответствующего прироста в среднегорье, где длина побега уменьшается и на высоте 730 м н.у.м. сокращается практически в два раза. Годичный прирост на высотах 400 и 517 м н.у.м. статистически достоверно не различается. Это значит, что перепад в 100 м не сказывается существен-

но на изменении годичного прироста пихты сибирской. Коэффициенты вариации на всех высотах соответствуют среднему уровню изменчивости.

Охвоённость побегов варьирует от  $17,51 \pm 0,4$  хв./см на высоте 288 м н.у.м. до  $22,44 \pm 0,49$  хв./см на высоте 730 м н.у.м., следовательно, с высотой происходит увеличение количества хвоинок на побеге при уменьшении длины самого побега – индекс охвоённости побега возрастает. Коэффициенты вариации соответствуют среднему и низкому уровню изменчивости.

Максимальная длина хвои отмечается на высоте 288 м н.у.м., минимальная – на высоте 730 м н.у.м. Аналогично изменяется и ширина хвои. Различия статистически достоверны. Коэффициенты вариации для длины хвои пихты сибирской в основном соответствуют низкому уровню изменчивости, а для ширины хвои пихты сибирской – очень низкому уровню изменчивости.

Таким образом, по мере увеличения абсолютной высоты происходит статистически достоверное уменьшение годичного прироста, длины и ширины хвои пихты сибирской, а также увеличение охвоённости побега. Основные морфометрические признаки побега пихты сибирской в изученных ценопопуляциях на территории национального парка варьируют преимущественно на среднем и низком уровне. Очень низкий уровень изменчивости характерен для ширины хвои, что говорит о его высокой диагностической ценности.

#### **Список источников**

1. Бажина Е. В. Жизненное состояние и элементный состав хвои пихты сибирской *Abies Sibirica Ledeb.* в различных условиях произрастания в Западном Саяне // Сибирский лесной журнал. 2016. № 6. С. 103–112.

2. Ярмишко В. Т., Лянгезова И. В. Методы изучения лесных сообществ. СПб: НИИ Химии СПбГУ. 2002. 240 с.

3. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале). М.: Наука. 1972. 284 с.

**А. В. Гренадерова**<sup>1</sup>, канд. геогр. наук, доц.,

**А. Б. Михайлова**<sup>2</sup>, ст. преподаватель,

**О. В. Подобуева**<sup>3</sup>, магистрант,

**А. А. Скребатун**<sup>4</sup>, студент 4 курса

<sup>1,2,3,4</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА «CHARCOAL» ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ДИНАМИКИ ГОЛОЦЕНА ПРИ КОМПЛЕКСНОМ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**

**Аннотация.** Показана необходимость использования комплексного подхода при изучении торфяников с целью реконструкции палеоэкологических условий голоцена, перечислены объекты в пределах Приенисейской Сибири, для которых сотрудниками кафедры получены данные о пожарной динамике, на примере торфяника в долине р. Мана указано время пожарных эпизодов, отмечено, что в период с 3 700 по 3 200 кал. л. н. повсеместно фиксируется увеличение пожарной активности.

**Ключевые слова:** *торфяные отложения, макроугольковый анализ, палеопожары, палеоэкология, голоцен, Приенисейская Сибирь*

Сотрудниками кафедры экологии и природопользования Сибирского федерального университета начиная с 2019 г. в рамках комплексного палеоэкологического анализа болотных отложений Приенисейской Сибири используется метод «Charcoal», направленный на количественный учёт макрочастиц (крупнее 125 мкм) древесного угля. Данный анализ позволяет выявить временные интервалы палеопожаров, имевших распространение в радиусе от сотен метров до 20 км от источника возгорания [1, 2], и в целом свидетельствует о засушливости и пожароопасности атмосферных условий. На сегодняшний день в мире собран значительный материал о палеопожарах, существует международная открытая база данных (<https://www.gpwg.paleofire.org>).

Сотрудниками и учащимися кафедры с помощью комплекса палеоэкологических методов, в том числе Charcoal, были изучены отложения болот, расположенных в бассейне Енисея: р. Мина (Партизанский район), р. Мана (Манский р-он), р. Кан (Ирбейский р-он), р. Ягодкина (Казачинский р-он), р. Дубчес (Туруханский р-он) [3–8].

Так, в долине р. Мана (северо-западный макросклон Восточного Саяна) изученный ранее с помощью палеоботанических методов разрез «Нарва» [9] был дополнен данными о пожарных эпизодах: 1 400, 2 200, 2 350, 2 700, 3 200, 3 400, 3 700 кал. л. н. (рис. 1).

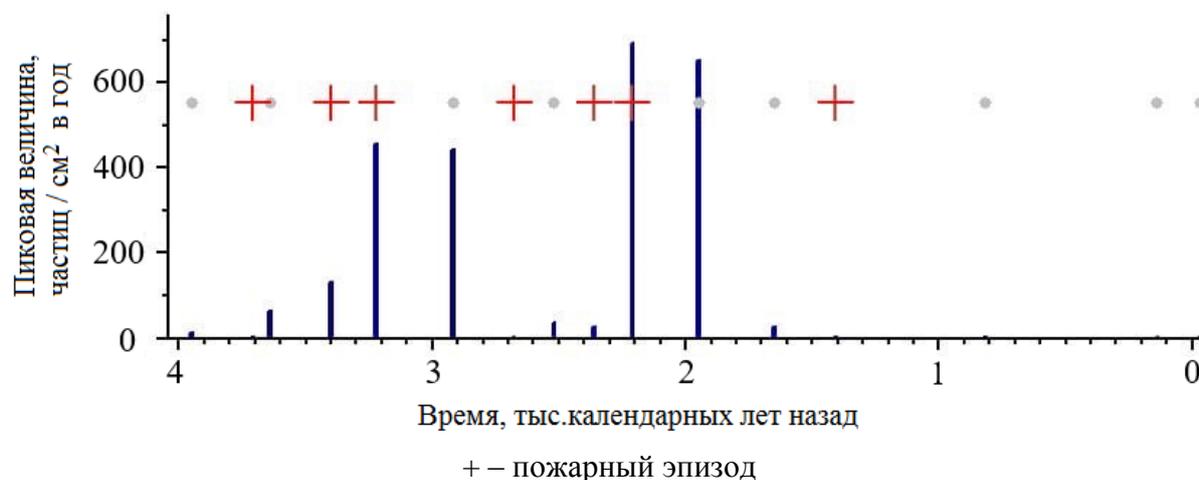


Рис. 1. Приток древесного угля в отложениях болота «Нарва», р. Мана

Один из периодов пожарной активности приходится на время с 3 700 по 3 200 кал. л. н., этот интервал известен как суббореальный ксеротермический максимум (теплый и засушливый период) [10], и в большинстве торфяных толщ, изученных нами на территории тайги Красноярского края, он находит отражение в виде увеличения доли древесных в составе растительного покрова болот и уменьшения значения ступени увлажнения по шкале Л. Г. Раменского. Таким образом, комплексный подход в изучении палеоархивов позволяет детальнее проследить отклик растительных сообществ на суммарное воздействие климатического и пирогенного факторов.

### Список источников

1. Higuera P. E., Peters M. E., Brubaker L. B., Gavin D. G. Understanding the origin and analysis of sediment-charcoal records with a simulation model // *Quaternary Science Reviews*. 2007. V. 26. P. 1 790–1 809.
2. Clark J. S., Lynch J. A., Stocks B. J., Goldammer J. G. Relationships between charcoal particles in air and sediments in west-central Siberia // *The Holocene*. 1998. V. 8. P. 19–29.
3. Grenaderova A. V., Rodionova A. B., Miteva J. S., Sharafutdinov R. A., Gavrikov V. L. Holocene paleovegetation reconstruction of the Eastern Sayan mountain peatlands (north-west macroslope) using a multi-proxy analysis // 1st

International IALE-Russia online conference «Landscape Science and Landscape Ecology: Considering Responses to Global Challenges». 2020. P. 103.

4. Пронович Н. А., Гренадерова А. В. Применение анализа «Charcoal» для реконструкции пожаров голоцена в долине р. Мина // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: материалы XVI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции Красноярск, 28 мая 2021 г. / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. Красноярск, 2021. С. 65–69.

5. Гренадерова А. В., Мандрыка П. В., Сякунь В., Сенотрусова П. О., Михайлова А. Б., Цюань Ц. Комплексные археолого-палеоэкологические исследования голоценового хроноряда в южной тайге Среднего Енисея // STRATUM PLUS. Археология и культурная антропология. 2021. № 6. С. 299–313.

6. Подобуева О. В. Реконструкция пожарного режима голоцена в южнотаежной подзоне Енисейского правобережья // Проспект Свободный – 2021: материалы XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2021. С. 1 529–1 531.

7. Пронович Н. А. Палеоэкологическая реконструкция пожаров голоцена в долине р. Мина // Проспект Свободный – 2021: материалы XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2021. С. 1 532–1 534.

8. Карпенко Л. В., Гренадерова А. В., Михайлова А. Б., Подобуева О. В. Реконструкция локальных пожаров в голоцене по данным содержания макрочастиц угля в торфяной залежи в долине р. Дубчес // Сибирский лесной журнал. 2022. № 4. С. 3–13.

9. Rodionova A. V., Grenaderova A. V. Peatland development and paleoclimate records from the Holocene peat archive in the foothills of the Eastern Sayan Mountains (Conference Paper) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 138. Iss. 1.

10. Кошкаров А. Д., Кошкарова В. Л. Развитие природной среды бассейна р. Кас в послеледниковый период // Палеогеография Средней Сибири. Краснояр. гос. ун-т. Красноярск, 2003. Вып. 3. С. 38–43.

**А. В. Гренадерова**<sup>1</sup>, канд. географ. наук, доц.,

**А. Б. Михайлова**<sup>2</sup>, ст. преподаватель

<sup>1,2</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА ПРИЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ С ПОМОЩЬЮ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

**Аннотация.** Показана необходимость использования комплексного подхода при изучении торфяников с целью реконструкции палеоэкологических условий голоцена, перечислены объекты в пределах Приенисейской Сибири, для которых сотрудниками кафедры получены палеоботанические данные.

**Ключевые слова:** *торфяные отложения, палеоботаника, локальная растительность болот, спорово-пыльцевой анализ, голоцен, Приенисейская Сибирь*

В качестве отдельного направления на кафедре экологии и природопользования Института экологии и географии СФУ можно выделить изучение болотных отложений с целью реконструкции палеоэкологических условий времени их формирования. Болота рассматриваются как объект, содержащий информацию о динамике локальной и региональной растительности, о флуктуациях климата в голоцене и реакции на них болотных и суходольных сообществ, в том числе адаптации к условиям иссушения климата и восстановления после пожаров. Объектом нашего исследования являются болота юга Красноярского края: таежной и лесостепной зоны, гор Восточного и Западного Саяна, которые отличаются относительно небольшой площадью, что обеспечивает более чуткий отклик на климатические изменения.

В таежной зоне Приенисейской Сибири болотообразование датировано бореальным – предбореальным периодом [1–4 и мн. др.], что соответствует выявленной [5] для болот равнинных территорий тенденции уменьшения возраста болот в меридиональном направлении с севера (лесная зона) на юг: от тайги к лесостепи, где значительная часть болот имеет атлантический и суббореальный возраст [6, 7].

При изучении торфяных толщ и подстилающих торф отложений используется комплексный подход – мультипрокси-подход (multiproxy), при котором сравнение нескольких независимых линий доказательств, полученных путем анализа ряда проху (пыльца и споры, растительные макрофоссилии, микро- и макроугольки, раковинные амебы, раковины моллюсков, зольные элементы, степень разложения торфа), признано средством увеличения достоверности при реконструкции климатических и экологических изменений голоцена [8].

Для восстановления динамики растительного покрова широко используют спорово-пыльцевой анализ, который дает возможность сделать вывод о локальной и региональной растительности на основании анализа спорово-пыльцевых спектров, выделенных последовательно из торфяной толщи. Основным методом изучения локальной растительности болот является ботанический анализ торфа (анализ макрофоссилий), который заключается в установлении видовой принадлежности растительных остатков в составе торфяного волокна. На основе результатов ботанического анализа с использованием экологической шкалы увлажнения Л. Г. Раменского [9] проводится оценка условий увлажнения, в которых существовал фитоценоз, отложивший изучаемый слой торфа.

Развитие болот на юге Красноярского края происходило в голоцене при болотном увлажнении (от 94 – преимущественно до 100 степени по шкале Л. Г. Раменского), реже – болотно-луговом (89–93). Изменение климата в сторону увеличения увлажнения выразилось в формировании топяного торфа слабой степени разложения. Уменьшение увлажнения привело к формированию горизонтов торфа с содержанием остатков древесной растительности, повышению степени разложения. В интервале 1 200–700 лет назад отмечено повсеместное уменьшение увлажнения, что отразилось в составе локальной и региональной растительности, как на территории лесостепной зоны, так и в таежных ландшафтах равнинной и горной части Приенисейской Сибири.

#### **Список источников**

1. Хотинский Н. А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
2. Ямских Г. Ю., Карпенко Л. В., Гренадерова А. В. Реконструкция сукцессий растительности и палеогидрологического режима болот (на примере торфяника в долине реки Кас) // География и природные ресурсы. 2004. № 4. С. 128–134.

3. Карпенко Л. В., Гренадерова А. В., Михайлова А. Б., Подобуева О. В. Реконструкция локальных пожаров в голоцене по данным содержания макрочастиц угля в торфяной залежи в долине р. Дубчес. Сибирский лесной журнал. 2022. № 4. С. 3–13.

4. Гренадерова А. В., Мандрыка П. В., Сяокунь В., Сенотрусова П. О., Михайлова А. Б., Цюань Ц. Комплексные археолого-палеоэкологические исследования голоценового хроноряда в южной тайге Среднего Енисея. STRATUM PLUS. Археология и культурная антропология. 2021. № 6. С. 299–313.

5. Кац Н. Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. М.: Гос. изд-во географической литературы, 1948. 320 с.

6. Rodionova A. B., Grenaderova A. V. Peatland development and paleoclimate records from the Holocene peat archive in the foothills of the Eastern Sayan Mountains (Conference Paper) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 138. Iss. 1.

7. Родионова А. Б., Гренадерова А. В. Торфяные болота северной лесостепи Приенисейской Сибири // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы Четвертого Международного симпозиума. Томск: Томский национальный исследовательский государственный университет, 2014. С. 272–274.

8. Mikhailova A. B., Grenaderova A. V., Kurina I. V., Shumilovskikh L. S. & Stojko T. G. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia. Boreas. 2021. 50(4). P. 948–966.

9. Раменский Л. Г., Цаценкин И. А., Чижиков Н. А., Антипин Н. А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1956. 480 с.

**В. В. Демешев**, магистрант

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ КРАСНОЯРСКА**

**Аннотация.** Проводилось изучение характера распределения тяжёлых металлов в почвенном покрове рекреационных зон Красноярска. При отборе образцов был задействован метод «конверта», а при последующем этапе определения элементного состава – рентгенофлуоресцентный анализ. Было зафиксировано превышение ПДК по ряду элементов во всех пробных участках. Все исследуемые районы имели уровень загрязнения не выше допустимого.

**Ключевые слова:** *тяжёлые металлы, почвенный покров, рекреационные зоны, загрязнение, распределение*

Изучение распределения тяжёлых металлов позволяет выявить временные и пространственные закономерности их накопления или миграции, а также связать результаты с теми или иными источниками поступления. Обогащение этими веществами биосферы, обусловленное хозяйственной и промышленной деятельностью человека, влечет за собой не только рост заболеваемости среди людей, но также пагубно влияет на флору и фауну [1, 2].

Чаще всего при изъятии почвенного материала прибегают к методу «конверта». Суть его не замысловата и заключается в том, что на месте каждого из участков берутся пробы в четырёх точках и пятая в центре. Подкоп производится на глубину приблизительно 20 см. Пробы упаковывают в емкости из нейтрального и закрепляют за ними этикетки со всей необходимой информацией. Пользуясь методом РФА, возможно обнаруживать различные химические элементы, в частности тяжёлые металлы. Метод основан на анализе спектра, который возникает, когда исследуемый образец облучается рентгеновским излучением. Это означает, что, исходя из количества энергии и квантов, мы можем говорить о структуре исследуемого вещества [3].

Таблица 1

Оценка степени загрязнения почвенного покрова, рекреационных зон города Красноярска (2022 г.) по уровню суммарного показателя загрязнения тяжелыми металлами

Район исследования	Суммарный показатель загрязнения	Уровень загрязнения (МУ 2.1.7.730-99)
Берёзовая роща	1,35	Допустимый уровень
Парк «Фестивальный»	7,29	Допустимый уровень
Академгородок, парк	1,00	Загрязнение отсутствует
Сквер «Серебряный»	2,80	Допустимый уровень
Студгородок	2,20	Допустимый уровень
Комплекс «Радуга»	1,75	Допустимый уровень
Эко-парк «Гремячая грива» № 3	1,47	Допустимый уровень
Академгородок, ЖК	1,45	Допустимый уровень
Парк «Троя»	5,92	Допустимый уровень
Эко-парк «Гремячая грива» № 2	1,59	Допустимый уровень
Остров «Татышев» № 2	2,68	Допустимый уровень
Остров «Татышев» № 1	2,82	Допустимый уровень
Эко-парк «Гремячая грива» № 1	1,56	Допустимый уровень

Показатель суммарного загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами имел допустимый уровень и изменялся от 1,00 до 7,29. Данное исследование можно использовать в рамках ежегодного мониторинга за состоянием окружающей среды.

#### Список источников

1. Бадмаева С. Э. Тяжелые металлы в почвенном покрове и древесных растениях урбанизированной территории. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. 166 с.
2. Коротченко И. С. Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярска: монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. 144 с.
3. Черноруков Н. Г. Теория и практика рентгенофлуоресцентного анализа: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2012. 57 с.

А. И. Доценко<sup>1</sup>, магистрант,

О. М. Шабалина<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ОЧАГАХ МАССОВОГО РАЗМНОЖЕНИЯ УССУРИЙСКОГО ПОЛИГРАФА В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КРАСНОЯРСКИЕ СТОЛБЫ»

**Аннотация.** Изучено влияние вспышки массового размножения уссурийского полиграфа на состояние нижних ярусов пихтовых фитоценозов в национальном парке «Красноярские Столбы». Установлено, что в сложившихся условиях на пробных площадях присутствует достаточное количество жизнеспособного подростка пихты, что позволяет надеяться на успешное возобновление пихтарников без смены пород.

**Ключевые слова:** *уссурийский полиграф, пихта сибирская, естественное возобновление, инвазия*

В последние десятилетия уссурийский полиграф широко распространился в пихтовых лесах Сибири и за короткое время стал существенным фактором преобразования таежных экосистем. Вызванное полиграфом усыхание пихтовых древостоев существенно сказывается на состоянии нижних ярусов, которые непосредственно влияют на естественное возобновление пихты, а следовательно, и на перспективы восстановления пихтовых лесов [1, 2, 3].

На территории национального парка «Красноярские Столбы» массовое усыхание пихтарников происходит уже на протяжении ряда лет. В настоящее время в большинстве очагов пихтовый древостой полностью погиб, и оценка состояния подчиненных ярусов и естественного возобновления пихты стала весьма актуальной.

В качестве объектов были выбраны 4 пробные площади, входившие ранее в мониторинговые исследования Центра защиты леса Красноярского края. Все пробные площади были заложены в погибших пихтарниках с разной долей пихты в составе.

Древостой на всех пробных площадях, смешанный с долей пихты от 6 до 9 единиц по составу. Пихтовый компонент древостоя в настоящее время представляет собой преимущественно сухостой с единичными жи-

выми пихтами. На ППЗ сформирован второй ярус из живых особей пихты, сформировавшийся, по-видимому, из сохранившегося крупного подроста в результате увеличения освещенности.

В составе естественного возобновления на всех пробных площадях, кроме ПП4, абсолютно преобладает мелкий подрост, что указывает на нормально протекающие процессы естественного возобновления пихты. Но наиболее ценным считается крупный подрост. На всех пробных площадях количество крупного подроста существенно выше этих значений. Однако на тех пробных площадях, где отмечается разрастание малины и спиреи в подлеске, и вейника и других злаков в живом напочвенном покрове, естественное возобновление протекает хуже, особенно сильно реагирует мелкий подрост.

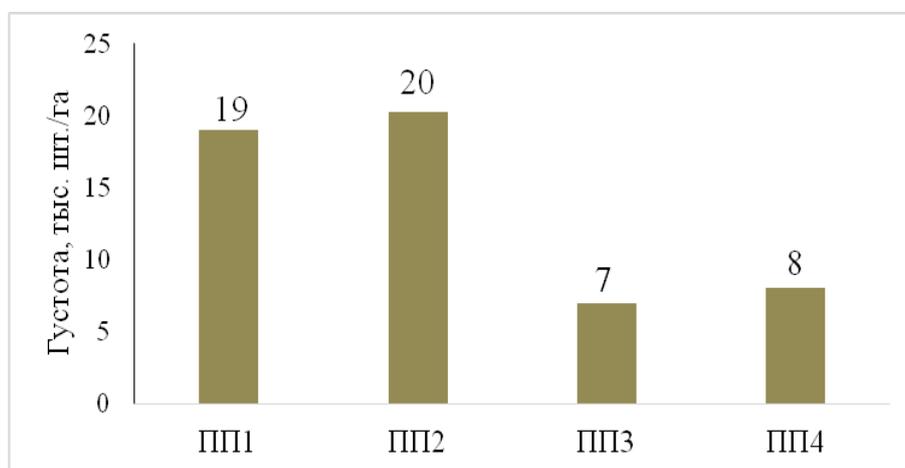


Рис. 1. Густота благонадежного подроста

Анализ естественного возобновления был бы неполным без рассмотрения жизненного состояния подроста, поскольку в литературе имеются сведения о нападениях полиграфа на крупный подрост, что приводит к его ослаблению и гибели. На всех пробных площадях, кроме ПП3, жизненное состояние подроста ухудшается с возрастом. На ПП3 среднее жизненное состояние крупного подроста лучше, чем среднего и мелкого, что может быть связано с угнетающим воздействием на мелкий подрост разросшегося подлеска из спиреи и малины, а также вейника.

По литературным данным для нормального естественного возобновления количество благонадежного подроста должно составлять не менее 1–1,5 тыс. шт/га [4]. Исследования показали, что на всех пробных площадях присутствует достаточное количество абсолютно жизнеспособного

подроста пихты (рис. 1), что указывает на то, что возобновление произойдет успешно без смены пород.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Пихтовый древостой в обследованных очагах массового размножения уссурийского полиграфа на территории Национального парка «Красноярские Столбы» представляет собой сухостой с единичными живыми особями пихты и примесью темнохвойных, светлохвойных и мелколиственных пород.

2. Несмотря на наличие негативно влияющих на естественное возобновление пихты факторов, на всех пробных площадях отмечено достаточное количество ее жизнеспособного подроста, что позволяет надеяться на успешное восстановление пихтарников без смены пород.

#### **Список источников**

1. Дебков Н. М. Новый тип энтомогенной сукцессии в пихтовых лесах Сибири // Лесотехнический журнал. 2019. № 3. С. 5–15.

2. Баранчиков Ю. Н., Пашенова Н. В., Петько В. М. Факторы динамики численности популяций уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera, Scolytidae) на фронтах его инвазийного наступления // Интерэкспо Гео-Сибирь. Т. 4. 2012. С. 100–104.

3. Керчев И. А. Экология уссурийского полиграфа *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) в Западно-Сибирском регионе инвазии: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08. Томск. 2013. 23 с.

4. Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов: метод. рекомендации. М.: Наука, 1966. 64 с.

**В. В. Евграфова**<sup>1</sup>, магистрант,  
**О. М. Шабалина**<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ О. ТАТЫШЕВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ**

**Аннотация.** В настоящее время растительность о. Татышев испытывает воздействие ряда факторов, приводящих к трансформации растительности. Целью работы является описание современного состояния основных типов растительных сообществ острова. Были сделаны выводы о повсеместной нарушенности растительных сообществ не только в зоне активной рекреации, но и на всей территории острова.

**Ключевые слова:** *речные острова, растительность, эколого-ценотическая структура, рекреация*

На реке Енисей в пределах г. Красноярск расположены несколько крупных островов (Отдыха, Молокова, Татышев и др.), вытянутых в длину и приподнятых над меженью реки. Описание закономерностей распределения растительных сообществ по элементам мезорельефа островов Среднего Енисея, опубликованное Л. И. Номоконовым [1] в середине прошлого века, позволяет предположить, что до строительства Красноярской ГЭС в растительном покрове острова Татышев были широко представлены как заливаемые, например крупнозлаковые, лабазниковые, так и не заливаемые остепненные луга. Основные лесные сообщества острова были представлены тополевыми с преобладанием тополя черного (*Populus nigra*), устойчивого к затоплению.

В результате изменения режима поемности р. Енисей в связи с возведением Красноярской ГЭС в середине прошлого века произошло изменение микроклимата острова, что сказалось на составе почвенно-растительного покрова. Сегодня процессы трансформации растительности ускоряются в условиях серьезной антропогенной нагрузки (рекреация, регулярное сенокошение, зоогенные и механические воздействия).

Протяженность острова Татышев составляет порядка 6 км в длину и 1,5 км в ширину, общая площадь около 637 гектаров [2]. В ходе маршрутного обследования были выявлены основные типы растительных

сообществ. Для анализа эколого-ценотической структуры растительности использовалась система эколого-ценотических групп базы «Ценофонд лесов Европейской России» [3].

Большинство видов современной древесной и кустарниковой растительности о. Татышев представляют собой искусственные посадки, осуществляемые в рамках озеленения и благоустройства. В состав дендрофлоры острова входят как аборигенные (*Betula pendula* Roth, *Populus nigra* L., и др.), так и многочисленные интродуцированные виды (*Populus laurifolia* Ledeb., *Aser negundo*, *Juglans mandshurica* и др.). Большинство из них не образуют сомкнутых насаждений.

Естественными лесными сообществами на территории острова в настоящее время являются березняки и сосняки возрастом не более 50 лет. Предполагается, что после строительства ГЭС о. Татышев больше не подвергается сильному ежегодному затоплению, на его территории сложились благоприятные условия для произрастания сосны, которая, как известно, не требовательна к почвенно-грунтовым условиям, но неустойчива даже к непродолжительному затоплению. В то же время подрост некогда естественного на территории острова тополя черного нет. Были отмечены исключительно одиночные старовозрастные экземпляры *Populus nigra* со следами усыхания, вид находится в регрессивном состоянии, его регенерационная ниша исчезла.

Основную территорию острова в настоящее время занимают суходольные остепнённые и разнотравно-злаковые луга разной степени нарушенности. Также были описаны остепнённые осоково-злаковые луга, вейниково-разнотравные сообщества, а также овсяницевые и мятликовые луга, обнаружены прирусловые бурьянники, желтолилейные и костровые луга.

Сообщества, расположенные в зоне низкого рекреационного воздействия, представлены в основном остепнёнными разнотравно-злаковыми лугами с флористическим богатством от 20 до 30 видов. В эколого-ценотической структуре заметно преобладает группа луговой и лугово-опушечной растительности, доминируют чаще всего *Poa angustifolia*, *Festuca ovina*.

Важно отметить, что сорно-рудеральные виды присутствуют в эколого-ценотической структуре всех изученных сообществ, доля которых в зоне активной рекреации может достигать 31%. Луговые сообщества в этой зоне деградируют, снижается видовое богатство, сильно упрощается

эколого-ценотическая структура. Под воздействием активности сусликов (*Spermophilus undulatus* или *S. pygmaeus*) и регулярного кошения травостоя формируются злаковые сообщества с наименьшим видовым разнообразием (от 13 до 20 видов), кошение приводит к угнетению многих видов двудольных растений. В структуре растительности выделяется только 3 ЭЦГ: лугово-опушечная, степная и сорно-рудеральная. В результате сильная рекреационная и зоогенная нагрузка привела к появлению мозаичности: большая часть территории подвержена сильнейшей дигрессии – растительный покров сильно разрежен, растения карликового облика.

Таким образом, вследствие изменения режима поемности в совокупности со все большим ростом антропогенной нагрузки в последние годы растительный покров острова претерпел ряд изменений. Сегодня найти ненарушенные сообщества в том виде, в котором их описывал Л. И. Номоконов в 50-х годах XX века, не представляется возможным, так как та или иная степень нарушенности присутствует не только в зоне активной рекреации, но и на всей территории острова.

#### **Список источников**

1. Номоконов Л. И. Пойменные луга Енисея. М.: Наука, 1959. 458 с.
2. Крушлинский В. И. Остров Татышев – жемчужина или яблоко раздора? // Экология Красноярья. 1999. Вып. 3. 11 с.
3. Смирнов В. Э., Ханина Л. Г., Бобровский М. В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюллетень Московского общества испытателей природы. 2006. Т. 111. №. 2. С. 36–47.

**И. С. Ефремова**<sup>1</sup>, магистрант,

**И. П. Мучкин**<sup>2</sup>, аспирант

<sup>1</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

<sup>2</sup> *Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск*

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВРЕДНОСНОСТЬ ФИТОПАТОГЕНОВ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**Аннотация.** Представлен обзор по влиянию глобальных изменений климата на устойчивость растений сельскохозяйственного назначения, распространение и вредоносность фитопатогенов полевых культур. В качестве факторов воздействия глобальных климатических изменений рассмотрены температура и парниковые газы.

**Ключевые слова:** *изменение климата, устойчивость растений, фитопатогены, полевые культуры*

Глобальные климатические изменения – один из основных факторов, негативных изменений в аграрном хозяйстве, в том числе растениеводстве. Наблюдаемые тренды увеличения концентрации парниковых газов и повышения среднегодовой температуры на планете способны повлечь за собой ряд негативных последствий, проявляющихся в снижении иммунитета растений, увеличении вредоносности и расширении ареала патогенов и их переносчиков [1].

В работе представлен краткий обзор возможных тенденций воздействий глобальных изменений климата на фитопатогенные организмы и развитие болезней сельскохозяйственных культур.

Известно, что на устойчивость растений влияют следующие факторы: температура, агротехника, водный режим, концентрация CO<sub>2</sub> и O<sub>3</sub>.

Ключевым фактором патогенеза является температура. При повышении температуры ускоряется рост растений, что приводит к повышению их восприимчивости к болезням, причиной тому служит снижение в тканях концентрации микроэлементов [2].

Возрастание температуры в ночной период приводит к снижению синтеза вторичных метаболитов растений, играющих роль в формировании иммунитета. К ним можно отнести лигнин, каллозу, фитоалексины,

полифенольные вещества, которые блокируют распространение фитопатогена в растении [3].

Повышение концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере увеличивает интенсивность процесса фотосинтеза и эффективность использования воды и питательных веществ, а также определяет снижение устьичной апертуры, что уменьшает вероятность заражения патогенами, проникающими через устьица. Отмечено повышение устойчивости ячменя к настоящей мучнистой росе.

С другой стороны, у некоторых растений увеличивается восприимчивость к патогенам. В своих исследованиях Т. Р. Картер, Р. А. Саарикко, К. Дж. Ниemi (1996) определили, что пораженность картофеля фитофторозом в Финляндии напрямую зависит от повышения концентрации атмосферного  $\text{CO}_2$  [3].

Сочетание повышенной концентрации  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_3$  способствует поражению растений септориозной пятнистостью [4].

Повышение относительной влажности воздуха способствует развитию фитофтороза пасленовых (картофель, томаты, перец, баклажаны, табак) в диапазоне температур  $7.2\text{--}26.8^\circ\text{C}$  [5].

В защите посевов от болезней важную роль играют агротехнические мероприятия (севооборот, обработка почвы, внесение удобрений, известкование, орошение). Следует учитывать, что нерациональное использование высоких доз удобрений и пестицидов снижает устойчивость агроэкосистем.

С одной стороны, абиотические факторы оказывают прямое воздействие на фитопатогены. Климатические параметры определяют показатели выживания, распространения и активности фитопатогенов на определенной территории.

С другой стороны, эти же климатические параметры определяют устойчивость растений к заражению, посредством влияния на иммунитет растений, пути проникновения патогенов.

Биотические факторы под воздействием повышения среднегодовой температуры и расширения среды обитания организмов оказывают влияние на увеличение конкуренции, причем как между растительными культурами, так и между патогенными микроорганизмами.

Таким образом, глобальные изменения климата, оказывающие воздействие как на растения, так и на фитопатогены, являются динамическими разнонаправленными процессами. Эти процессы обусловлены не толь-

ко непосредственным влиянием климатических факторов на фитопатогены, но и опосредованным воздействием через изменения обмена веществ растений.

#### **Список источников**

1. United Nations. General Assembly. Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2018, 73/252. International Year of Plant Health. Available at: <https://clck.ru/32NUT7> (дата обращения 10.10.2022).

2. Ho L.C., Adams P., Li X.Z., Shen H., Andrews J., Xu Z.H. Responses of Ca-efficient and Ca-inefficient tomato cultivars to salinity in plant growth, calcium accumulation and blossom-end rot // J. Horticult. Sci. 1995. V. 70 (6). P. 909–918.

3. Игнатов А. Н., Кошкин Е. И., Андреева И. В. и др. Влияние глобальных изменений климата на фитопатогены и развитие болезней растений. Агрехимия. 2020. № 12. С. 81–96.

4. Iriti M., Faoro F. Chemical Diversity and Defence Metabolism: How Plants Cope with Pathogens and Ozone Pollution // Inter. J. Mol. Sci. 2009. V. 10 (8). P. 3 371–3 399.

5. Fry W. E., McGrath M. T., Seaman A. The 2009 Late Blight Pandemic in the Eastern United States – Causes and Results // Plant Disease. 2013. V. 97 (3). P. 296–306.

**Н. И. Кириченко**<sup>1</sup>, д-р биол. наук,

**М. А. Рязанова**<sup>2</sup>, магистрант,

**М. Д. Ложенко**<sup>3</sup>, магистрант,

**А. А. Ефременко**<sup>4</sup>, аспирант

<sup>1,2,3</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

<sup>1,4</sup> Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

## **СОЗДАНИЕ РЕФЕРЕНСНЫХ ДНК-БИБЛИОТЕК ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ВИДОВОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕСТНЫХ И ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ – ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

**Аннотация.** Цель работы: разработка референсных молекулярно-генетических библиотек для быстрой и точной диагностики местных и чужеродных видов дендрофильных насекомых в азиатской части России. В работе представлены первые результаты по подготовке образцов местных и инвазионных видов насекомых для ДНК-баркодирования и созданию оболочки ДНК-библиотеки на генетической платформе BOLD (<https://www.boldsystems.org/>).

**Ключевые слова:** дендрофильные насекомые, инвайдеры, вредители древесных растений, молекулярно-генетические библиотеки, Сибирь, Дальний Восток России

Вселение чужеродных видов на новые территории, иными словами, биологические инвазии – актуальная проблема современной экологии. Расселение видов, в частности растительноядных насекомых, чаще всего происходит в результате антропогенной деятельности, а также глобальных изменений, происходящих в окружающей среде [1]. Инвазионные виды организмов нередко несут серьезную угрозу функционированию местных экосистем и экономике регионов. По нашим обобщенным оценкам в России только за последнее десятилетие потенциальные экономические потери в результате инвазий наземных организмов (включая растительноядных насекомых) составили более одного триллиона рублей [2].

Традиционно насекомые-инвайдеры становятся объектом изучения после их проникновения и обоснования в новых экосистемах. Как правило, к моменту обнаружения такие насекомые уже активно вредят и причиняют заметный ущерб регионам и из-за потерянного времени справиться с их

нашествием и разрушительными последствиями в лесах и урбоэкосистемах оказывается сложной или вовсе неразрешимой задачей. Важными и несомненно своевременными являются исследования, направленные на раннее выявление потенциально инвазионных и вредоносных видов и лучшее понимание механизмов инвазий, до момента проникновения чужеродных организмов в новые регионы. Такие задачи не могут быть решены без достоверной видовой идентификации насекомых. Их не всегда можно решить, применяя только классические морфологические подходы к идентификации видов, особенно когда речь идет о неполовозрелых особях насекомых, выявленных при расширении их ареалов. Сегодня на помощь решению вопросов видовой идентификации приходит молекулярная генетика.

Активное развитие и применение в научных исследованиях метода ДНК-баркодинга (расшифровки митохондриального гена цитохромоксидазы 1 COI) способствуют эффективному накоплению ДНК-данных и составлению молекулярно-генетических библиотек для разных групп насекомых, в том числе фитофагов. Разработчиком метода ДНК-баркодинга и планетарного проекта «ДНК-баркодирования всего живого» является д-р П. Хиберт (P. Hebert, Канада) [3]. Созданный им Канадский центр ДНК-баркодинга (Centre for Biodiversity Genomics) при Гуэлфском университете использует самые современные технологии для расшифровки участков ДНК, в том числе с применением методов секвенирования нового поколения. Депонирование генетических данных осуществляется на разработанной этим центром генетической платформе BOLD (<https://www.boldsystems.org/>).

Работы, посвященные ДНК-баркодированию энтомофауны, активно ведутся в Северной Америке и Европе. В России же такие исследования находятся на самой начальной стадии.

В рамках проекта РФФИ «На страже биобезопасности: раннее выявление опасных и потенциально инвазионных видов дендрофильных насекомых в азиатской части России с применением современных экологических и молекулярно-генетических подходов (ИнвАЗИЯ)» (грант № 22-16-00075, <https://rscf.ru/project/22-16-00075/>) нами инициированы исследования по разработке молекулярно-генетических библиотек (библиотек ДНК-баркодов) для быстрой и точной идентификации вредоносных дендрофильных видов насекомых, имеющих естественный ареал в азиатской части России. На сегодня на базе генетической платформы BOLD разработаны обновляемые молекулярно-генетические библиотеки для более чем 800

образцов различных видов насекомых. Основное внимание в работе уделено представителям отрядов Lepidoptera, Coleoptera и Hymenoptera, среди которых известно немало вредоносных видов, а также тех, которые в современное время проявляют тенденцию к расширению своих ареалов. Помимо секвенирования свежих образцов, мы проводим работы по ДНК-баркодированию музейных экземпляров вредоносных и потенциально инвазионных дендрофильных видов насекомых из различных частей Азии и Европы для получения репрезентативных данных и формирования референсных библиотек – «золотых стандартов» видовой ДНК-диагностики.

### **Список источников**

1. Angulo E., Diagne C., Ballesteros-Mejia L., Adamjy T., Ahmed D. A., Akulov E., Banerjee A. K., Capinha C., Dia C. A. K. M., Dobigny G., Duboscq-Carra V. G., Golivets M., Haubrock P. J., Heringer G., Kirichenko N., Kourantidou M., Liu C., Nuñez M. A., Renault D., Roiz D., Taheri A., Verbrugge L., Watari Y., Xiong W., Courchamp F. Non-English languages enrich scientific knowledge: the example of economic costs of biological invasions // *Science of the Total Environment* 2021. Т. 775:144441.

2. Kirichenko N., Haubrock P. J., Cuthbert R. N., Akulov E., Karimova E., Shneyder Y., Liu C., Angulo E., Diagne C., Courchamp F. Economic costs of biological invasions in terrestrial ecosystems in Russia. The economic costs of biological invasions around the world // *NeoBiota* 2021. Т. 67. С. 103–130. URL: <https://neobiota.pensoft.net/article/58529/> (дата обращения: 27.10.2022).

3. Paul Hibert. Department of Integrative Biology. Centre for Biodiversity Genomics. URL: <https://www.uoguelph.ca/ib/hebert> (дата обращения: 27.10.2022).

**А. А. Князева**, магистрант

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА

**Аннотация.** Целью работы является применение методов биотестирования и биоиндикации для оценки состояния окружающей среды рекреационных зон г. Красноярска. Проведён сравнительный анализ методов оценки окружающей среды рекреационных зон административного и промышленного центра г. Красноярска. Данный анализ показал различия в результатах применяемых методов: фитотестирования и флуктуирующей асимметрии.

**Ключевые слова:** фитотестирование, токсичность, флуктуирующая асимметрия, окружающая среда, рекреационные зоны

Город Красноярск является крупным промышленным центром. Городские жители используют в качестве мест отдыха объекты внутригородских территорий и пригородных, и тут перед нами стоит задача сравнения методов оценки окружающей среды рекреационных территорий [1].

Для изучения взяты рекреационные участки в виде городского озеленения (точки отбора 3 и 4) и пригородных участков (точки отбора 1 и 2), которые показаны на рис. 1.

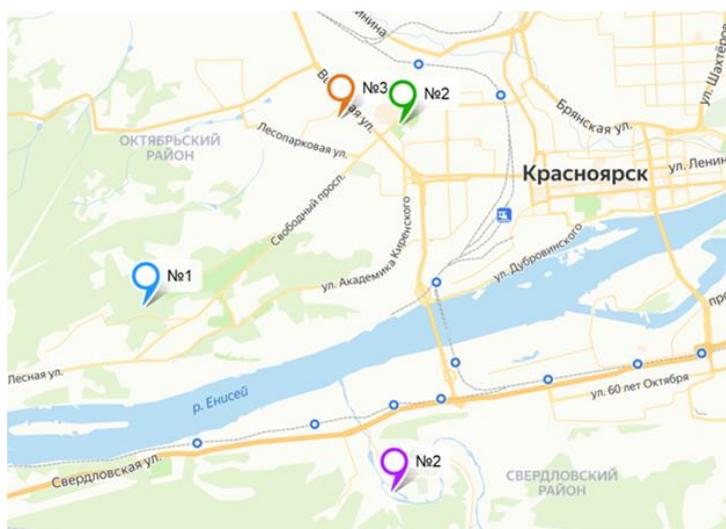


Рис. 1. Карта точек отбора:

1 – Гремячая грива; 2 – Бобровый лог; 3 – Троя парк; 4 – Сквер Серебряный

Отбор проб производился по ГОСТ [2] в конце августа 2020 года. Тест-объектом фитотестирования являлся кресс-салат (*Lepidium sativum L.*).

Состояние окружающей среды оценивали по методу Федорова, (2001); Ашихмина (2005) [4] по всхожести семян.

Сбор листовых пластинок вели с близрастущих берез, примерно одного возраста. Собирали по 100 листовых пластинок в каждой точке отбора проб. Состояние территории оценивали по теории В. М. Захарова, А. В. Яблокова, измеряли стандартный набор из 5 морфологических признаков [4].

Таблица 1

Результаты оценки состояния окружающей среды

Точка отбора образцов	Методы оценки состояния окружающей среды	
	Фитотоксичность (Федорова, 2001; Ашихмина, 2005)	Флуктуирующая асимметрия (А. Б. Стрельцов (2003))
Гремячая грива (1)	Среднее загрязнение	Чисто
Бобровый лог (2)	Среднее загрязнение	Относительно чисто («норма»)
Троя парк (3)	Среднее загрязнение	Очень грязно («вредно»)
Сквер Серебряный (4)	Среднее загрязнение	Очень грязно («вредно»)

Фитотестирование почвенного покрова показало среднюю степень загрязнения всех изучаемых районов.

Метод флуктуирующей асимметрии разделил районы на 3 группы: чисто – Гремячая грива, относительно чисто («норма») – Бобровый лог, очень грязно («вредно») – Троя парк и Сквер Серебряный.

Исходя из полученных результатов, рекомендуется использовать комплекс методов с применением различных уровней реакции биологических объектов для оценки окружающей среды.

#### Список источников

1. Коротченко И. С., Мучкина Е. Я. Тяжелые металлы в почвенном покрове и древесных растениях урбанизированной территории города Красноярска // Экология урбанизированных территорий. 2017. № 2. С. 6–11.

2. ГОСТ 17.4.3.01 – 2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, 2018. 9 с.

3. Ашихмина Т. Я. Биоиндикация и биотестирование – методы познания экологического состояния окружающей среды. Киров, 2005. С. 112.

4. Коротченко И. С., Мучкина Е. Я. Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярска: монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2017. 144 с.

М. Е. Косов<sup>1</sup>, студент,

Н. В. Пахарькова<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## ОЦЕНКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЛИЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЭКО-ПАРКА «ГРЕМЯЧАЯ ГРИВА» (Г. КРАСНОЯРСК)

**Аннотация.** Целью работы является оценка влияния распространения автомобильного загрязнения на территории эко-парка «Гремячая грива» в зависимости от присутствия древесной и кустарниковой растительности и мониторинга атмосферного воздуха в результате исследования смывов с хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Полученные результаты подтвердили относительное влияние растительности на распространение загрязнения от автотранспортного движения на территории эко-парка.

**Ключевые слова:** автомобильное загрязнение, загрязняющие вещества, атмосферный воздух, автотранспорт

В последнее время значительное внимание в городах уделяется созданию рекреационной инфраструктуры. Одним из таких проектов в г. Красноярске стал эко-парк «Гремячая грива». В связи с увеличением автотранспортного потока проблема изучения загрязнения атмосферного воздуха выхлопными газами автотранспорта является всё более важной. Вдоль автомагистралей образуется зона повышенной концентрации вредных веществ. Некоторые из них оседают на обочинах дорог, а другие поднимаются в воздух, накапливаются в атмосфере и выпадают с осадками, загрязняя почву, воду и растительность [1].

Целью исследования является оценка распространения влияния автомобильного загрязнения на территории эко-парка «Гремячая грива» в зависимости от удаленности от автомагистрали и наличия древесной и кустарниковой растительности.

Исследования проводились на территории эко-парка «Гремячая грива» в г. Красноярске. С целью оценки интенсивности автомобильного транспорта и загруженности дорог был произведён ежедневный учёт в дневное и вечернее время в зимний и летний периоды по улице Биатлонная и проспект Свободный. Интенсивность движения автотранспорта

по проспекту Свободный значительно больше, чем на улице Биатлонной. В равной удалённости друг от друга для исследования были заложены 5 трансект (рис. 1).



Рис. 1. Схема расположения трансект и отбор проб на территории эко-парка «Гремячая грива»

Было произведено геоботаническое описание всех трансект. Основу древесной ассоциации парка составляет *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*. Основной состав кустарникового яруса: *Rubus idaeus* и *Rosa acicularis*.

В ходе работы были взяты пробы смывов с хвои *Pinus sylvestris* на исследование нитрат- и сульфат-ионов (табл. 1). Загрязняющие вещества, выпадающие на листовые пластинки, достаточно прочно закрепляются на их поверхности, с трудом смываются и растворяются дождевой влагой. Интенсивное поверхностное осаждение поллютантов определяет целесообразность использования хвои для биоиндикации и мониторинга атмосферного загрязнения [2].

Таблица 1

Содержание нитрат- и сульфат-ионов в исследуемых образцах

№ образца	$C(NO_3^-)$ , мг/г	$C(SO_4^{2-})$ , мг/г
т1т1	3,5±0,5	3,1±0,5
т1т2	0,36±0,05	0,6±0,1
т1т3	0,38±0,06	0,307±0,046
т2т4	1,41±0,06	1,6±0,1
т2т5	0,91±0,14	0,91±0,14
т2т6	0,85±0,13	0,96±0,14
т3т7	0,79±0,12	1,04±0,16
т3т8	0,74±0,11	1,0±0,2

## Окончание табл. 1

№ образца	C(NO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ), мг/г	C(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/г
т3т9	0,50±0,8	0,60±0,24
т4т10	1,224±0,034	0,84±0,13
т4т11	0,7±0,1	0,89±0,13
т4т12	0,18±0,18	0,61±0,24
т5т13	1,26±0,04	1,09±0,16
т5т14	1,27±0,04	0,76±0,11
т5т15	0,92±0,14	0,39±0,21

Данные показывают, что содержание нитрат- и сульфат-ионов снижается по мере удаления от проспекта Свободный. Максимальное значение нитрат- и сульфат-ионов обнаружено в точках, расположенных на расстоянии 2 м от автодороги, что свидетельствует о более быстром оседании загрязняющих веществ, источником которых послужили выхлопные газы автотранспорта.

Таким образом, размещение инфраструктуры эко-парка будет более благоприятно в удалённой части от автодороги, так как представленная растительность способна удерживать выхлопные газы от автомобильного транспорта.

#### Список источников

1. Новикова С. А. Загрязнение атмосферного воздуха крупных городов Красноярского края // Иркутский государственный университет. Иркутск. 2019. № 2 (33). С. 80–89.
2. Бородина Н. А. Сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) как индикатор аэротехногенного загрязнения окружающей среды г. Свободного (Амурская область) // ИГиП ДВО РАН. Благовещенск. 2019. С. 126–130.

М. Д. Ложенко, магистрант

Сибирский федеральный университет, Красноярск

## СКОРОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ КРУПНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОСТАТКОВ ПИХТЫ (*ABIES SIBIRICA LEDEB.*)

**Аннотация.** Целью данного исследования является оценка скорости разложения крупных древесных остатков (сухостоя и валежа) в пихтовых лесах южной тайги Красноярского края. Для исследования были отобраны образцы 57 сухостойных деревьев и 40 стволов валежа. Образцы, взятые для определения плотности, высушивали до постоянного веса. Плотность древесины определяли для сектора спила каждого дерева по объёму вытесненной воды. Было установлено, что в течение 48 лет стояния сухостоя пихты не наблюдается потери массы древесины. Потеря массы древесины валежа в течение первых пяти лет разложения составила от 0,29 до 42,0 %.

**Ключевые слова:** уссурийский полиграф, пихта сибирская, крупные древесные остатки, плотность древесины, сухостой, валеж

В лесных экосистемах значительные запасы органического углерода аккумулируются в стволах древесных растений. Этот углерод практически выводится из оборота на время жизни дерева, однако после его гибели в мертвой древесине начинаются процессы разложения, которые сопровождаются выделением углекислого газа в атмосферу. На территории Красноярского края уже более десяти лет распространяется стволовой вредитель уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus Blandf.*), кормовым объектом которого является пихта сибирская (*Abies sibirica Ledeb.*) [1]. Цель данного исследования – оценка скорости разложения мертвой древесины пихты в условиях южной тайги, где в настоящее время наблюдается массовое усыхание древостоя в результате деятельности этого вредителя.

Крупные древесные остатки (КДО), фитодетрит, или древесный дебрис в лесном насаждении, представлены четырьмя фракциями – сухостоем, стволовым валежом, крупными ветвями и скелетными корнями мертвых деревьев [2].

Исследования проводились на участке с монодоминантными пихтарниками сильной степени повреждения древостоя в Емельяновском районе Красноярского края (56°12' с.ш. 92°16' в.д.). Проведенные ранее исследо-

вания показали, что первые признаки появления уссурийского полиграфа в данном регионе датируются 1976 годом [3].

В 2015 году были отобраны спилы от 57 сухостойных деревьев пихты в районе исследования в лесах, поврежденных короедом. С помощью метода перекрестного датирования был установлен год гибели каждого из этих деревьев. Скорость разложения определяли по изменению плотности древесины сухостойных деревьев. Для определения плотности от каждого образца брали 3 сектора с разных сторон спила.

Для определения скорости разложения валежной древесины на поверхность подстилки были выложены фрагменты стволов, от которых были отобраны образцы для определения исходной плотности древесины. Через 5 лет после начала эксперимента от этих фрагментов стволов вновь были взяты образцы, для которых также была определена плотность. Плотность древесины стволов, заложенных на разложение, определяли отдельно для частей ствола, которые соприкасались с поверхностью почвы и не имели контакта с почвой, а также для сравнения брали боковые участки ствола. Всего скорость потери массы была определена для 40 стволов разного диаметра.

Образцы древесины сухостоя и валежа, взятые для определения плотности, высушивали при температуре 80 °С до постоянного веса. Плотность древесины определяли для сектора спила каждого дерева по объёму вытесненной воды [4].

Было установлено, что плотность древесины сухостойных деревьев пихты разного возраста варьирует в пределах от 0,316 до 0,431 г/см<sup>3</sup>. Не было обнаружено какой-либо зависимости между плотностью древесины и диаметром сухостойного дерева  $R^2=0,0002$ . Общая концентрация углерода в древесине сухостойных деревьев также не зависела от возраста сухостоя и составляла от 48,40 до 50,05 %. В результате проведенных исследований не было обнаружено потери массы, а, соответственно, заметного разложения и потери углерода древесиной сухостойных деревьев в течение 48 лет нахождения в состоянии сухостоя.

Исходная плотность древесины взятых для эксперимента стволов валежа пихты варьировала от 0,322 до 0,472 г/см<sup>3</sup>. Через пять лет разложения плотность древесины снизилась до 0,312–0,376 г/см<sup>3</sup>. Анализ показал достоверную связь между исходной плотностью древесины и диаметром ствола  $R^2=0,2653$ . Плотность древесины закономерно увеличивалась с увеличением диаметра ствола. Двухвыборочный t-тест для выборок с различ-

ными дисперсиями не показал достоверных различий в плотности древесины, находящейся в контакте с почвой или подстилкой, и древесины верхней стороны ствола ( $p > 0,05$ ).

В целом за 5 лет разложения на поверхности почвы плотность древесины пихты уменьшилась на 0,29–42,0 %. Средняя скорость разложения древесины валежа составила 1,16 % в год. Данная скорость характеризует начальный период разложения крупных древесных остатков на поверхности почвы в пихтовых лесах южной тайги.

#### **Список источников**

1. Field C. B. The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World. SCOPE. Washington – Covelo–London: Island Press, 2004. 529 p. ISBN 1-55963-526-6.

2. Harmon M. E., Franklin J. F., Swanson F. J., et al. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems. Adv. Ecol. Res. 15. 1986. P. 133–202.

3. Баранчиков Ю. Н., Демидко Д. А., Лаптев А. В. и др. Динамика отмирания деревьев пихты сибирской в очаге уссурийского полиграфа. Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2014. Т. 18, № 6. С. 132–138.

4. Полубояринов О. И. Плотность древесины. М.: Лесная промышленность, 1976. 160 с.

**Т. В. Лысцева**, магистрант

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **РЕАКЦИЯ СКОРОСТИ РОСТА *LEMNA MINOR L.* НА ДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ ФЕРРИГИДРИТА С ДОБАВЛЕНИЕМ КОБАЛЬТА**

**Аннотация.** В статье представлены данные экспериментальных исследований по скорости роста листочков модельного растения *Lemna minor L.* на действие наночастиц ферригидрита с добавлением кобальта. Тест-объект экспонировали в течение 4 суток в 2 % среде Штейнберга с добавлением суспензии наночастиц (0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 % и 1 %). Обобщение результатов эксперимента по исследованию действия наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом, показало положительную реакцию ряски малой в концентрации 0,2 % и 0,4 %.

**Ключевые слова:** *наночастицы, ферригидрит, кобальт, тест-объект, Lemna minor L*

Последние десятилетия в мире активно развиваются сферы с применением нанотехнологий и наноматериалов [1]. Особый интерес представляют наночастицы ферригидрита, которые продуцируются бактериями, обитающими в водной и почвенной среде. Реакция организмов на действия наночастиц недостаточно изучена, в связи с чем было проведено исследование по влиянию наночастиц ферригидрита с добавлением кобальта на скорость роста тест-объекта *Lemna minor L.* [2, 3].

В работе использовались одноразмерные трёхлистецковые розетки, с одинаковой окраской и без повреждений. Для экспонирования использовали 2 % среду Штейнберга. Ряску помещали в сосуд с объемом среды 50 мл по одной розетке в каждый. Для выявления действия наночастиц приготавливали следующие концентрации суспензии наночастиц: 0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 %, 1 % в 3-х повторностях. В контроле 2 % среда Штейнберга.

В первые и вторые сутки количество листочков в концентрациях 0,6 % и 0,8 % суспензии наночастиц ферригидрита с добавлением кобальта было ниже на 2 шт., чем в контрольном образце. На третьи сутки количество листочков не изменялось. На четвертые сутки, в отличие от контроля

во флаконах с концентрациями 0,2 % и 0,4 % суспензии наночастиц, наблюдалось увеличение числа листецов на 3 шт. (табл. 1).

Таблица 1

Количество листецов ряски малой в присутствии наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом

Вариант опыта, %	1 сутки	2 сутки	3 сутки	4 сутки
контроль	5,7 ± 0,3	8,6 ± 0,3	11,0 ± 0,6	16,3 ± 0,9
0,2	5,3 ± 0,9	9,3 ± 0,3	11,7 ± 0,7	19,0 ± 0,0
0,4	5,7 ± 0,3	9,0 ± 0,3	12,7 ± 0,7	19,7 ± 0,9
0,6	4,3 ± 0,3	6,3 ± 0,3	10,0 ± 0,6	17,3 ± 0,3
0,8	4,3 ± 0,3	7,0 ± 0,6	10,7 ± 0,3	16,3 ± 0,3
1	5,3 ± 0,3	8,7 ± 0,3	10,7 ± 0,3	16,7 ± 0,9

При анализе результатов угнетающий эффект в присутствии наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом, по количеству листецов ряски малой зафиксирован в первые и вторые сутки в концентрациях 0,6 % и 0,8 %, стимулирующий эффект выявлен на четвертые сутки в опытном варианте с концентрацией 0,2 % и 0,4 % суспензии наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения наночастиц ферригидрита, допированного кобальтом, на организмы, обитающие в водных экосистемах.

### Список источников

1. Subbotin M. A., Muchkina E. Ya. The effect of nanoparticles of biogenic ferrihydrite on the *Lemna minor* L. growth // International Scientific Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies, AGRITECH-II 2019. Vol. 421. P. 52006.

2. Гармашова М. К., Мучкина Е. Я., Субботин М. А. Реакция тест-объектов (дафнии, хлорелла, кресс-салат) на действие биогенных наночастиц ферригидрита // Вестник КРАСГАУ. 2018. № 5. С. 280–285.

3. Барабанова О. А., Безкоровайная И. Н. и др. Экология: учеб. пособие / Красноярск: Сибирский федеральный университет [СФУ], 2011. 325 с.

И. В. Масенцова<sup>1</sup>, аспирант,

Н. В. Пахарькова<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## ВНУТРИВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО ПОКОЯ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *PINUS*

**Аннотация.** Целью данной работы является изучение особенностей зимнего покоя северных и южных климатипов сосны сибирской, сосны корейской и сосны обыкновенной в географических культурах. Выявлено, что деревья северных климатипов с небольшой глубиной зимнего покоя, восстанавливая во время зимних оттепелей процессы фотосинтеза и транспирации, подвержены опасности иссушения и повреждения хвои при последующем понижении температуры.

**Ключевые слова:** *Pinus*, глубина зимнего покоя, климатипы

Сохранение и продолжительное функционирование фотосинтетического аппарата вечнозеленых хвойных позволяет им занимать обширный ареал, распространяясь вплоть до гипоарктических широт [1]. Однако отрицательные температуры в зимний период вынуждают древесные растения переходить в состояние покоя, регуляция этого перехода осуществляется в результате изменения фотопериода и температуры [2]. В условиях изменения климата возможно появление зимне-весенних оттепелей и, как следствие, уменьшение глубины зимнего покоя с последующим повреждением хвои. Поэтому весьма актуальной становится проблема оценки внутривидовых различий в устойчивости к неблагоприятным факторам разных представителей рода *Pinus*, являющихся основными лесообразующими породами хвойных ряда регионов страны.

Чтобы определить, в какой мере выражены внутривидовые различия в глубине зимнего покоя и функционировании фотосинтетического аппарата, мы исследовали динамику содержания фотосинтетических пигментов, показатели индуцированной флуоресценции хлорофилла и содержание абсцизовой кислоты как индикатора покоя хвои у различных климатипов сосны обыкновенной, сосны сибирской и сосны корейской, произраставших в географических культурах на территории Красноярского края (рис. 1).

В данной работе были рассмотрены три климатипа сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – Кандалакшский (Мурманская область), Богучанский (Красноярский край) и Балгазинский (Республика Тыва) [3].

Исследуемые нами географические культуры кедровых сосен представлены тремя климатипами сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour.) – Таштагольским (Кемеровская область), Ермаковским (Красноярский край), Шегарским (Томская область), а также двумя климатипами сосны корейской (*Pinus koraiensis* Sieb.et Zucc.) – Облученским (Хабаровский край) и Чугуевским (Приморский край).



Рис. 1. Районы происхождения климатипов сосны сибирской, сосны корейской и сосны обыкновенной в географических культурах Красноярского края:

- 1 – Кандалакшский климатип; 2 – Богучанский климатип; 3 – Балгазинский климатип;  
4 – Шегарский климатип; 5 – Таштагольский климатип; 6 – Ермаковский климатип;  
7 – Облученский климатип; 8 – Чугуевский климатип

На основании проведенных нами исследований можно заключить, что деревья южных климатипов кедровых сосен и сосны обыкновенной имеют большую глубину покоя, обусловленную высоким содержанием АБК в предзимний период, когда растения наибольшим образом подвержены холодовому стрессу и АБК выступает в роли индикатора покоя. Эти деревья, произрастая в географических культурах на территории Красноярского края, раньше переходят в состояние зимнего покоя, что

косвенно подтверждает меньшее содержание фотосинтетических пигментов. Большое количество АБК дольше поддерживает фазу глубокого, или органического, покоя и предотвращает преждевременный выход из этого состояния во время зимних оттепелей, характерных для южных районов. У северных климатипов такой защитный механизм отсутствует, низкое содержание АБК приводит к быстрому переходу этих растений из фазы глубокого в фазу вынужденного покоя, которая регулируется температурой, что в данных условиях вполне объяснимо. Северные растения, имеющие более короткий вегетационный период, эволюционировали в направлении повышения потенциальной готовности к возобновлению фотосинтетической активности, о чем наряду с наибольшим содержанием фотосинтетических пигментов и наименьшим содержанием АБК свидетельствует быстрое нарастание величины максимального квантового выхода ФС (II) и скорости транспорта электронов. Однако, в связи с изменением климата, можно предположить, что северные климатипы будут более уязвимыми к меняющимся условиям. Появление зимне-весенних оттепелей, не характерных ранее для этих районов, может быть серьезным фактором риска для деревьев с небольшой глубиной зимнего покоя – они, восстанавливая процессы фотосинтеза и транспирации, подвержены опасности иссушения и повреждения хвои при последующем понижении температуры.

#### **Список источников**

1. Головкин, Т. В., Яцко Я. Н., Дымова О. В. Сезонные изменения состояния фотосинтетического аппарата трех бореальных видов хвойных растений в подзоне средней тайги на европейском северо-востоке // Хвойные бореальной зоны. 2013. № 1. С. 73–78.

2. Чиркова Т. В. Физиологические основы устойчивости растений: СПбГУ, 2002. 244 с.

3. Кузьмина Н. А., Кузьмин С. Р. Отбор перспективных климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в Красноярском Приангарье // Хвойные бореальной зоны, 2010. Т. 26. № 1. С. 115–117.

**М. В. Михайлов**, магистрант

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРАСНОЯРСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА**

**Аннотация.** Обследованы антропогенно-преобразованные почвы и техногенные поверхностные образования на территории, примыкающей к Красноярскому алюминиевому заводу. В результате организации и обслуживания индустриальной зоны наблюдаются значительные изменения ландшафтов. Почвы характеризуются значительной вариабельностью структурной организации профилей, обусловленной формированием почв под воздействием комплекса природных и техногенных факторов. Отмечено снижение содержания подвижного алюминия и натрия в верхних слоях почвы по мере удаления от предприятия, что объясняется аэротехногенным поступлением данных элементов.

**Ключевые слова:** *индустриальная зона, аэротехногенное загрязнение, антропогенно-преобразованные почвы, техногенные почвы, техногенные почвенные образования*

Скорость влияния человека на трансформацию и преобразование городских ландшафтов растет одновременно с численностью населения. В индустриальных зонах происходит значительное изменение почвенного покрова. Такие изменения могут иметь сильную и слабую степень проявления: могут не проявляться в морфологии почвенного профиля, при этом обнаруживаться аналитическими методами; при максимальных изменениях наблюдается нарушение структуры, полное уничтожение естественных и формирование новых, техногенных почв [1].

Объектами исследования были выбраны антропогенно-преобразованные почвы и техногенные поверхностные образования, сформированные в импактной зоне КРАЗа на расстоянии до 3 км от непосредственных границ промышленного предприятия.

В данной работе проводились исследования по следующим методикам – определение гранулометрического состава почвы по Н. А. Качинскому; определение гумуса мокрым сжиганием по Тюрину; определение карбонатов щелочно-земельных металлов ацидиметрическим методом; сумма обменных оснований по Каппену – Гильковицу; определение железа фото-

метрическими методами; методика определения всех подвижных форм железа с помощью роданида аммония; методика определения обменной кислотности. Также применялся метод съемки почвенных профилей в инфракрасном диапазоне спектра с помощью ИК-съемки FLIR System InfraCam. По результатам съемки рассчитываются температурные градиенты между средними значениями верхней и нижней строки [2].

В результате было выявлено, что на примыкающей к КРАЗу территории почвенный покров представлен преимущественно антропогенно-преобразованными почвами, которые различаются структурной организацией профиля. В ближней к границе предприятия зоне, где располагаются инфраструктурные объекты, естественный покров полностью заменен на техногенные почвенные образования (ТПО).

На примыкающих с северо-восточной стороны к территории предприятия участках земель (ПП 5) (на удалении 0,3 км от источника выбросов), где при строительстве проводилось снятие верхнего слоя почвы, на минеральном субстрате формируются абраземы глинисто-иллювиальные, при дальнейшем зарастании образуется серогумусовый (дерновый) горизонт и почвы переходят в подтип реградированных абраземов, а по содержанию ряда элементов данные почвы относятся к химически преобразованным. На этой же пробной площади ближе к дороге расположены участки с органолитостратами гумусово-супесчаными гетерогенными многослойными на абраземах. На рекультивированных участках, где ранее располагался поселок «Индустриальный» (ПП 6) (на удалении 1,5 км от КраЗа), почвы можно отнести к урбиквазиземам (урбаноземам). На территории, используемой в сельскохозяйственном назначении (ПП 7), почвы относятся к агрочерноземам глинисто-иллювиальным.

Анализ структурной организации ТПО в исследуемой зоне показывает, что за 50-летний период формирования техногенных экосистем на участках, где не происходило механического нарушения субстрата, на поверхности образуется маломощный от 1 см до 5 см, хорошо структурированный органо-аккумулятивный горизонт на слабо дифференцированной минеральной толще.

В ходе определения физико-химических свойств была выявлена закономерность снижения содержания подвижного алюминия по мере удаления от территории предприятия, при этом содержание макроэлементов (железа, кальция, магния, калия) в пределах изучаемой территории не ме-

няется. Исключение составляет натрий, концентрация которого по мере удаления уменьшилась в 2 раза. Это может говорить о техногенном поступлении алюминия и натрия. Особенности профильного распределения элементов в ТПО проявляются только в верхнем 5–7 см слое, наиболее рыхло сложенном и гумусированном. Ниже по профилю на всех пробных площадях распределение элементов равномерное.

Таким образом формирование почв в районе КраЗа происходит под влиянием многих факторов: первоначальное механическое воздействие при обустройстве территории, последующее аэротехногенное поступление соединений и естественные факторы почвообразования. В результате почвенный покров в индустриальной зоне представляет собой сложный комплекс отличающихся по структурной организации разностей. Для создания на исследуемых территориях устойчивых экосистем требуется дополнительное исследование и картирование техногенных почв.

#### **Список источников**

1. Герасимова М. И. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. учеб. пособие; под ред. академика РАН Г. В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. Пономарева Т. В., Пономарев Е. И. Радиометрическая съемка почвенного профиля в инфракрасном диапазоне // Почвоведение. 2016. № 2. С. 1–8.

**И. П. Мучкин**<sup>1</sup>, аспирант,

**И. С. Ефремова**<sup>2</sup>, магистрант,

**Е. Я. Мучкина**<sup>3</sup>, д-р биол. наук, проф.

<sup>1</sup> Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск

<sup>2,3</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ОБУЧЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

**Аннотация.** Рассмотрены возможности применения цифровых определителей, карт, атласов, видеоматериалов при подготовке специалистов в области биологии, сельского хозяйства, лесного хозяйства с целью интенсификации процесса обучения.

**Ключевые слова:** обучение, интенсификация, образовательные технологии, экология

Под технологией обучения понимается системный метод создания, применения и организации процесса преподавания и усвоения знаний обучающимися с учетом технических и человеческих ресурсов. Суть технологичности учебного процесса – это его управляемость в полной мере.

Педагогикой накоплено достаточно концепций, теоретических положений и технологий, направленных на интенсификацию учебного процесса в ВУЗах. Концепция поэтапного формирования умственных действий – основа разработки двух видов обучения: программированного и модульного. Программированное обучение направлено на решение отдельных управленческих задач, модульное – на формирование банка информации, при котором функции преподавателя варьируют от информационно-контролирующей до консультативно-контролирующей. Данное условие обеспечивается применением электронных образовательных технологий [1].

Цель применения данных технологий – создание учебной среды с реализацией необходимого уровня образования. При глобальном уровне цифровизации у обучающихся повышаются умения и навыки самообучения.

Подготовка профессионалов в области биологии, сельского и лесного хозяйства должна учитывать, что данному специалисту необходимо

владеть системой профессиональных средств оптимизации экологических условий.

В рамках подготовки подобных специалистов предусмотрено прохождение учебных практик, в процессе которых проводится определение видового состава сообществ растений и животных. При этом идет сбор коллекционного материала, создаются коллекции животных, грибов и растений.

В целях интенсификации обучения при определении коллекционного материала целесообразно использование цифровых определителей, атласов, карт сообществ, фото- и видеоматериалов. В качестве цифровых источников информации предлагается использовать следующие ресурсы: <https://www.plantarium.ru/page/search.html>, <http://byrranga.ru/>, <http://baikalflora.narod.ru/fot.html>.

При освоении навыков установления систематического положения организма следует использовать ряд видов электронного обучения:

- автономный. Производится при сборе полевого материала, который обучающийся проводит индивидуально;
- консультативный, в процессе которого преподаватель указывает на необходимость учета каких-либо деталей самого объекта сбора либо особенностей места обитания;
- электронный, который подразумевает, что преподаватель предоставляет студенту ссылки на цифровые источники, а студент – отчет о работе;
- электронный в режиме реального времени подразумевает обмен полученной информацией между всеми участниками учебной группы, включая преподавателя [2].

### **Список источников**

1. Иваненко Т. А. Современные концепции обучения, их применение в вузе // *Sciences of Europe*, 2017. № 16–2. С. 54–56.
2. Kameneva T. Educational Process Intensification While Using Electronic Technologies // *Physical and Mathematical Education: scientific journal*, 2017. № 4(14). P. 186–191.

**Е. Я. Мучкина**, д-р биол. наук, проф.  
*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ЭКОЛОГИЯ В ПРОФЕССИИ И ОБРАЗЕ ЖИЗНИ**

**Аннотация.** В работе представлены сведения о создании и функционировании структурного подразделения государственного университета, направленного на подготовку специалистов, обладающих знаниями в области экологии. Дана оценка применения полученных знаний в профессиональной деятельности и образе жизни.

**Ключевые слова:** *профессия, экология, среда жизни, комфорт*

Организация Красноярского государственного университета (КГУ) была связана с требованиями народного хозяйства страны по профессиональной подготовке специалистов в различных отраслях деятельности. Интенсивное освоение природных ресурсов Красноярского края обуславливало разработку рациональных решений в области лесопользования, рыбного хозяйства, сельского хозяйства, транспорта, промышленности и других направлений хозяйственной деятельности. Особое внимание было уделено подготовке кадров высшей квалификации для грамотного решения научных задач с целью рационального использования природных ресурсов и перспективного развития экономики региона.

Реализация образовательных программ в области высшего профессионального образования по направлению биологические науки осуществлялась на базе биолого-химического факультета, в составе которого были кафедры:

- биохимии и физиологии человека и животных;
- гидробиологии и ихтиологии, физиологии растений;
- микробиологии и экологии.

Выпускники кафедр имели квалификацию – биолог, преподаватель биологии и химии. Но на каждой кафедре проводилось преподавание дисциплин, являющихся частью экологии.

Каждый студент в период 1–2 курса обучения проходил учебную практику в полевых условиях по ботанике и зоологии, которая включала в себя изучение компонентов сложных наземных и водных биоценозов

с учетом интенсивности действия и комплексного характера абиотических факторов. Дисциплина «Экология» осуществлялась силами кафедры экологии. Ряд экологических дисциплин реализовывались на базе кафедры экологии и гидробиологии. Например, водная токсикология, продуктивность экосистем, гидробиология, большой практикум, экология рыб, альгология, промысловое хозяйство. Также все студенты биолого-химического факультета осваивали на базе кафедры экологии такие дисциплины, как почвоведение, ботаника, охрана окружающей среды. Выпускникам кафедры экологии и гидробиологии, к которым отношусь и я, полученные знания в области экологии позволили успешно вести профессиональную деятельность как в специализированных учреждениях (СИБНИИРХ, водоканал, Енисейрыбвод, Енисейская бассейновая инспекция и др.), научно-исследовательских институтах (Институт биофизики СО РАН, Лимнологический институт СО РАН, Институт водных проблем СО РАН и др.), так и в высших учебных заведениях (Красноярский государственный университет, Красноярский государственный аграрный университет, Красноярский государственный медицинский университет, Сибирский федеральный университет и др.). Коллективом авторов, большинство из которых выпускники биолого-химического факультета, подготовлены учебно-методические пособия в области экологии [1, 2]. Также издан ряд монографий, в числе которых «Экология бактериопланктона водохранилищ бассейна верхнего Енисея» [3].

Заложенные в процессе обучения представления о компонентах и функционировании экосистем сопровождают каждого выпускника ежедневно. Это проявляется в понимании необходимости достаточного озеленения жилья и территории проживания, создания комфортности среды жизни, т. е. предотвращения загрязнения воздуха путем минимизации использования транспортных средств, сохранении всех компонентов биоты, осознанного потребления, т. е. снижения персонального экологического следа, постоянном проведении просветительской воспитательной работы с окружающими людьми.

Объектами профессиональной деятельности выпускников факультета являются экосистемы различного уровня, в отношении которых решается ряд частных прикладных и общих задач, требующих высокого уровня профессиональных знаний.

Образ жизни каждого профессионала в области экологии постоянно связан с необходимостью оценки состояния среды обитания, выявления

источников нарушения комфортности, и поиска путей решения экологических проблем. Это проявляется в:

- осознанном выборе продуктов питания и способов приготовления еды;
- предпочтении предметов одежды и обуви из натуральных компонентов;
- обязательном многообразном использовании предметов обихода;
- грамотной утилизации отходов;
- бережном отношении к окружающей природной среде;
- выборе предметов, используемых в повседневной жизни на основе компонентного состава;
- внимательном отношении к обитателям окружающей среды;
- объективной оценке уровня действия антропогенных факторов.

### **Список источников**

1. Барабанова О. А., Безкоровайная И. Н. и др. Экология: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т [СФУ], 2011. 325 с.

2. Экосистемы в городской среде: структура, состояние, устойчивость, управление: учеб. пособие / под общ. ред. О. В. Тарасовой. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 204 с.

3. Мучкина Е. Я., Новикова В. Б. Экология бактериопланктона водохранилищ бассейна верхнего Енисея. Красноярск: Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2007. 228 с.

Е. С. Орбан<sup>1</sup>, студент,

Р. А. Шарафутдинов<sup>2</sup>, канд. геогр. наук, доц.

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. КРАСНОЯРСКА

**Аннотация.** Проанализировано распределение тяжелых металлов в пойменных почвах, формирующихся в пределах элементов низкой поймы г. Красноярск. Стандартными методами определен гранулометрический состав, рН водной вытяжки, общий углерод (гумус). Методом атомно-эмиссионного спектрального анализа установлено валовое содержание тяжелых металлов. Определен суммарный показатель загрязнения Zс, его максимальное значение зафиксировано в промышленной зоне. Установлено, что наибольшие концентрации поллютантов тяготеют к интервалу глубин 5–24 см.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, пойменные почвы, городская территория, показатель суммарного загрязнения почв, валовое содержание элементов

К настоящему времени урбанизация является одним из главных факторов трансформации экосистем. Характерная для крупных городов высокая техногенная нагрузка на все компоненты экосистем приводит к нарушению интенсивности биологического круговорота, сокращению биоразнообразия, резкому усилению давления на почвенный покров. Экологические функции почв в городской среде имеют высокую роль, в том числе в трансформации техногенных потоков [1, 2], а пойменные почвы урбанизованных территорий традиционно рассматриваются в качестве надежного индикатора уровня техногенной нагрузки.

Целью исследования является определение уровня загрязнения тяжелыми металлами аллювиальных почв, формирующихся в пределах элементов низкой поймы в черте г. Красноярск (рис. 1). На 12 участках изучены свойства трех доминирующих почвенных разностей: слоисто-аллювиальные гумусовые, аллювиальные серогумусовые, аллювиальные перегнойно-глеевые. Механические, физико-химические и химические свойства почв исследованы по генетическим горизонтам до глубины 24 см.

Для всех образцов стандартными методами определен гранулометрический состав, рН водной вытяжки, общий углерод (гумус). Методом атомно-эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой установлено валовое содержание тяжелых металлов 1-го (As, Cd, Pb, Zn) и 2-го (Cr, Cu, Ni) классов опасности.

Подобные исследования ранее проводились в ряде крупных городов России [3, 4], в то время как для Красноярска выполняются впервые.

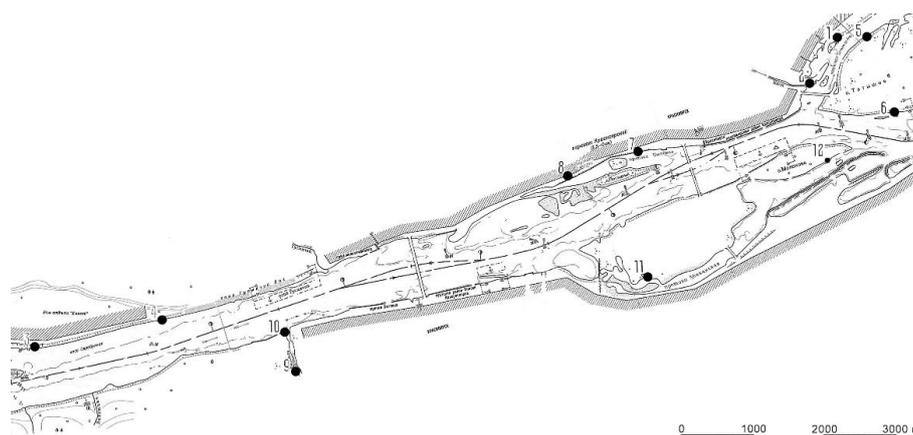


Рис. 1. Схема расположения пунктов отбора проб

Исследуемые почвы характеризовались легким гранулометрическим составом, средним или высоким содержанием гумуса, величина рН – от сильнокислой до слабощелочной. Результаты валового содержания ТМ представлены в табл. 1. За фон взяты усредненные результаты по исследуемым 12 точкам. Выполнено сопоставление концентраций металлов в почвах с действующими нормативами [5], кларками литосферы и городских почв, а также рассчитан показатель суммарного загрязнения.

Наиболее загрязненными являются почвы, приуроченные к промышленным зонам – участки 1 и 7. Величина Zс достигает 15,6, что соответствует категории допустимого загрязнения.

Наибольший вклад в величину показателя суммарного загрязнения обеспечивает Cu (Ki = 6), Zn (Ki = 4,6), а также Pb (Ki = 3,4).

Таблица 1

Валовое содержание тяжелых металлов в почвенном покрове, мг/г

Индекс пробы	As	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
Пр-1/1	7	2,2	45	112	78	158	39
Пр-1/1	4,5	1,79	113	687	56	297	37
Пр-3/1	3,6	1,75	16,3	73	61	14	36

Индекс пробы	As	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
Пр-3/2	4,5	1,85	32	118	66	18,7	39
Пр-7/1	10,1	2,5	93	328	71	100	44
Пр-7/2	13,7	2,6	76	336	67	116	43
Пр-9/1	6,3	1,85	17,2	119	74	28,6	46
Пр-9/2	6,3	2	34,6	219	66	36,3	47
Мин.	2,8	1,44	8,5	34	40,7	9,1	27,7
Макс.	13,7	2,6	113	687	81	297	47
ПДК/ОДК	2,0/2,0	-/0,5	30,0/32,0	-/55,0	200/-	-/33,0	-/20,0
Фонср	5,7	1,93	32,9	148,2	63,7	49,7	37,2
Кл	1,7	0,13	16	83	83	47	58
Кп	15,9	0,9	54,5	158	80	39	33

Сравнение специфики внутрипрофильной дифференциации тяжелых металлов в г. Красноярске указывает на то, что наибольшие их концентрации тяготеют к интервалу глубин 5–24 см, что связано, вероятно, с наиболее активной аккумуляцией поллютантов на предшествующих этапах седиментации пойменной макрофации аллювия.

#### Список источников

1. Герасимова М. И., Строганова М. Н., Можарова Н. В. и др. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / под ред. академика РАН Г. В. Добровольского. Смоленск: Ойкумена. 2003. С. 268.

2. Pickett S. T. A., Cadenasso M. L. Altered resources, disturbance, and heterogeneity: A framework for comparing urban and non-urban soils // *Urban Ecosyst.* 2009. V. 12. P. 23–44.

3. Водяницкий Ю. Н., Яковлев А. С. Оценка загрязнения почвы по содержанию тяжелых металлов в профиле // *Почвоведение.* 2011. № 3. С. 329–335.

4. Варава О. А., Прокофьева Т. В. Особенности почв городских речных долин на примере Москвы-реки // *Вестник Московского университета. Серия 17, Почвоведение.* 2007. № 3. С. 12–19.

5. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». М.: Изд-во ЦЕНТРМАГ. 2022. 540–544 с.

**Н. В. Пахарькова**<sup>1</sup>, канд. биол. наук, доц.,

**И. В. Масенцова**<sup>2</sup>, аспирант

<sup>1,2</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **СОСНА СИБИРСКАЯ И ПИХТА СИБИРСКАЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ ЮЖНОЙ СИБИРИ И АЛТАЯ**

**Аннотация.** Процесс изменения климата может приводить к сужению ареалов хвойных, что наглядно видно в условиях высотной поясности Южной Сибири и Алтая. В поясе кедрово-пихтовых лесов *Pinus sibirica* имеет значительное преимущество при распространении выше границы леса в силу своих морфологических и физиолого-биохимических особенностей.

**Ключевые слова:** *Pinus sibirica*, *Abies sibirica*, верхняя граница леса

Изменение климата всегда сопровождалось сдвигом ареалов многих видов растений, но особенно заметен этот процесс в случае видов-лесообразователей. В современных условиях изменение климата происходит довольно быстро [1], что приводит не только к сдвигу ареалов хвойных, но и к их сужению из-за отставания скорости возобновления лесов на потенциально пригодных территориях от скорости их гибели на противоположной границе ареала. В свою очередь, это уменьшает углеродную емкость территории и может привести к дальнейшему увеличению парникового эффекта. Для данных регионов прогнозируемый рост температуры и снижение осадков может привести к изменению условий почвенного увлажнения и возможному увеличению засушливости климата. Основными рисками при лесовосстановлении в данных условиях является удлинение засушливых периодов и дефицит почвенной влаги, а также появление нехарактерных ранее зимних оттепелей, приводящих к физиологическому иссушению хвои в результате восстановления фотосинтетической активности и транспирации при отрицательной температуре почвы.

В верхней части лесного пояса Западного Саяна и Центрального Алтая сосна сибирская и пихта сибирская образуют смешанные леса, переходящие в редколесья. Поскольку линии верхней границы леса редко бывают прямыми, а часто даже фрагментированы [2], возникает вопрос, является ли эта фрагментация результатом действия только температурного факто-

ра, связанного с изменением климата, или же и других сопутствующих факторов, характерных для горных экосистем.

В ранее проведенных исследованиях [3, 4, 5] было отмечено, что в условиях возможного потепления климата в горах Южной Сибири *Pinus sibirica* будет иметь преимущество при заселении зоны выше границы леса. Некоторые особенности этого вида, как физиологические, так и биохимические, могут обеспечить его более широкое распространение по сравнению с *Abies sibirica*, которая образует в этих районах смешанные леса вместе с сосной сибирской. К особенностям можно отнести более высокое содержание каротиноидов, характерное для светлохвойных растений, и меньшую скорость фотосинтеза при низких температурах весной. Поверхностная корневая система расположена в верхних, более прогреваемых слоях почвы, что позволяет виду получать больше доступной воды в этот период и, несмотря на высокий уровень инсоляции, поддерживать оптимальную температуру хвои благодаря транспирации, избегая при этом её иссушения.

В разные сезоны года на подрост сосны сибирской, «перешагнувший» за верхнюю границу леса, действуют различные факторы. В начале вегетационного периода в верхней границе леса критическими условиями являются сочетание отрицательных температур почвы, положительных температур воздуха и высокой освещенности. К середине и концу вегетационного периода снижение фотосинтетической активности хвои пихты на больших высотах может быть вызвано избыточным солнечным облучением открытых местообитаний в сочетании с уменьшением влажности почвы, особенно на крутых участках склонов. В частности, было отмечено, что скорость электронного транспорта в клетках хвои сосны сибирской в значительной степени зависит от обводненности хвои, причем хвоя текущего года более чувствительна к недостатку влаги по сравнению с двухлетней хвоей [3], и максимальные риски с уменьшением влажности почвы приходятся на сеянцы *Pinus sibirica*.

Подрост пихты сибирской практически не встречается выше границы леса, за исключением отдельных особей, произрастающих в понижениях микрорельефа. *Abies sibirica*, как темнохвойная порода, будет двигаться вверх только под кронами других деревьев, потому что нуждается в затенении сеянцев и молодых растений. В данных условиях среды видом-первопроходцем, вероятно, является *Pinus sibirica* благодаря своим физиологическим и экологическим адаптивным особенностям.

## Список источников

1. IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. P. R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, Eds., 2019.

2. Holtmeier F.-K. Mountain timberlines: ecology, patchiness, and dynamics. Springer Science & Business Media, New York, 2009. Vol. 36 p. 436. EDN: YDJAJN.

3. Пахарькова Н. В., Тимиряева Т. А., Казанцева А. С., Москвина Д. Е. Оценка фотосинтетической активности *Pinus sibirica* на верхней границе леса в горах Южной Сибири и Алтая // В сборнике: Трансграничные регионы в условиях глобальных изменений: современные вызовы и перспективы развития. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета и 55-летию Алтайского республиканского отделения Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» и проводимой в рамках проекта Эразмус+ «SUNRAISE-Устойчивое природопользование в арктических и высокогорных регионах». 2019. С. 129–133.

4. Pakharkova N., Borisova I., Sharafutdinov R., Gavrikov V. Photosynthetic pigments in Siberian pine and fir under climate warming and shift of the timberline // Forests. 2020. Т. 11, 63. <https://doi.org/10.3390/f11010063>.

5. Pakharkova N., Kazantseva A., Sharafutdinov R., Borisova I., Gavrikov V. Two-species forests at the tree-line of Siberian mountains: An ecophysiological perspective under climate change // Plants. 2021. Т. 10. № 4. DOI 10.3390/plants10040763. EDN PFHZNU.

К. А. Пенина<sup>1</sup>, студентка,

Ю. П. Безделева<sup>2</sup>, студентка

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОЙ АНАЛИЗ И АНАЛИЗ НЕПЫЛЬЦЕВЫХ ПАЛИНОМОРФ КАК ОСНОВА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ГОЛОЦЕНА

**Аннотация.** Обсуждается важность применения спорово-пыльцевого анализа и анализа непыльцевых палиноморф для реконструкции палеоэкологических условий голоцена, перечислены объекты в пределах Приенисейской Сибири, для которых сотрудниками кафедры получены данные о динамике растительности.

**Ключевые слова:** торфяные отложения, спорово-пыльцевой анализ, анализ непыльцевых палиноморф, палеоэкология, голоцен, Приенисейская Сибирь

Климат на Земле претерпевал изменения постоянно – прохладные и сухие периоды сменялись теплыми и влажными. За сменой климатических условий происходила трансформация и всех природных компонентов [1].

Реконструкция динамики растительного покрова важна для понимания того, как формировалась и изменялась флора в течение голоцена [2]. Для реконструкции динамики растительного покрова широко распространён спорово-пыльцевой анализ, дающий представление не только о видовом многообразии фитоценозов, но и о динамике в голоценовую эпоху, в том числе под влиянием человека. Изучение пыльцы и спор дают наиболее полную информацию об облике ландшафтов. Доступность этого метода заключается в том, что растения продуцируют колоссальное количество пыльцы и спор, их оболочка обладает исключительной стойкостью к различным разрушающим воздействиям и сохраняется при фоссилизации тысячелетиями. Спорово-пыльцевой анализ дает представление не только о локальном изменении растительного покрова, но и региональном [3].

Для достижения наибольшей точности реконструкции в совокупности со спорово-пыльцевым анализом проводится анализ непыльцевых

палиноморф. К непыльцевым палиноморфам относятся споры грибов, клетки устьиц растений, яйца беспозвоночных животных, угольки, остатки водорослей [4]. Все эти объекты дают понять, какие климатические и природные условия преобладали в то или иное время. К примеру, хламидиоспоры гриба рода *Glomus* являются индикаторами почвенной эрозии. А *Gelasinospora* служит индикатором пожаров и вместе с подсчетом концентрации микроугольков в палинологических препаратах позволяет проследить динамику лесных пожаров в изучаемом регионе [3].

В настоящее время для обработки палинологических проб к спорово-пыльцевому анализу и анализу непыльцевых палиноморф используется несколько методов и очень важным моментом является правильный выбор методики. Наиболее часто применяется метод сепарации Гричука. После пробоподготовки в каждой пробе в процессе микрокопирования насчитывается не менее 400 пыльцевых зерен [3].

Сотрудниками и учащимися кафедры с помощью спорово-пыльцевого анализа и анализа непыльцевых палиноморф были исследованы болота в бассейне р. Енисей в пределах Красноярского края: р. Есауловка (Манский район) [5], р. Мина (Партизанский район) [6], р. Кан (Ирбейский район), р. Ягодкина (Казачинский район) [7].

### **Список источников**

1. Украинцева В. В. Метод реконструкции климатов прошлого и прогнозирования климата в будущем на основании данных спорово-пыльцевого анализа // Общество. Среда. Развитие (TerраHumana). 2008. С. 142–154.
2. Аненхонов О. А. Изучение климатогенной динамики растительного покрова: предпосылки, подходы, перспективы // Известия Иркутского гос. ун-та. 2012. С. 3–7.
3. Рудая Н. А. Палинологический анализ: учебно-методическое пособие для археологов. Новосибирск, 2010. 48 с.
4. Шелехова Т. С., Слуковский З. И., Лаврова Н. Б. Методы исследования донных отложений озер Карелии: монография. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2020. 111 с.
5. Mikhailova A. B., Grenaderova, A. V., Kurina, I. V., Shumilovskikh, L. S., & Stojko, T. G. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia/ // Boreas. 2021. V.50 (4). P. 948–966.

6. Grenaderova A. V., Rodionova A. B., Miteva J. S., Sharafutdinov R. A., Gavrikov V. L. Holocene paleovegetation reconstruction of the Eastern Sayan mountain peatlands (north-west macroslope) using a multi-proxy analysis //1st International IALE-Russia online conference «Landscape Science and Landscape Ecology: Considering Responses to Global Challenges». 2020. P. 103.

7. Гренадерова А. В., Мандрыка П. В., Сяокунь В., Сенотрусова П. О., Михайлова А. Б., Цюань Ц. Комплексные археолого-палеоэкологические исследования голоценового хроноряда в южной тайге Среднего Енисея // STRATUM PLUS. Археология и культурная антропология. 2021. № 6. С. 299–313.

Д. А. Полосухина<sup>1</sup>, аспирант,

А. С. Прокушкин<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ДОМИНАНТАХ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЛИШАЙНИКОВОГО ПОКРОВА СРЕДНЕТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

**Аннотация.** Исследовано содержание и соотношение фотосинтетических пигментов у доминантных видов растительного покрова, произрастающих в Средней Сибири: 5 видов хвойных, 4 лиственных, 6 кустарничков, 3 мхов и 3 лишайников. С повышением уровня организации от лишайников до сосудистых растений содержание фотосинтетических пигментов увеличивается. У всех изучаемых видов наблюдается сезонная динамика хлорофиллов и каротиноидов.

**Ключевые слова:** бореальные леса, средняя тайга Сибири, сосудистые растения, мохообразные, лишайники, хлорофилл

В условиях происходящих изменений климата в высоких широтах экологические условия и таксономическое разнообразие растительного покрова определяют актуальность исследования их пигментного комплекса в устойчивости и регуляции активности фотосинтетического аппарата [1, 2]. Количественное содержание и качественный состав пигментов пластид рассматриваются как компонент эколого-физиологической характеристики растений северных широт [2, 3]. Однако имеющиеся сведения в научной литературе о пигментной системе растений, произрастающих в рамках одного биогеоценоза, немногочисленны [1–3].

Цель настоящего исследования – изучение сезонной динамики содержания и соотношения фотосинтетических пигментов у максимального числа видов разных таксономических групп (лишайников, мохообразных и высших сосудистых растений), произрастающих в смешанном лесу Средней Сибири.

Исследование проводилось на территории Средней Сибири в зоне охвата станции высотной мачты ZOTTO (60° N, 89° E). Определение со-

держания пигментов пластид проводилось в ассимилирующих органах основных доминантов растительного покрова: 5 видов хвойных (*Pinus sylvestris* L., *Larix gmelinii*, *Pinus sibirica*, *Picea obovata*, *Abies sibirica*), 4 вида лиственных (*Betula pendula*, *Populus tremula*, *Duschekia fruticosa*, *Sorbus aucuparia*), 6 кустарничков (*Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre* L., *Vaccinium myrtillus*, *Empetrum* L., *Linnaea borealis*), 3 вида мохообразных (*Pleurozium schreberi* W. ex B., *Hylocomium splendens* H., *Dicranum scoparium*) и 3 вида лишайников (*Cladonia stellaris* O., *Cladonia rangiferina* L., *Cetraria islandica* L.). Латинские названия даны по следующим источникам: для сосудистых растений – из работы [4]; мхов – из работы [5]; лишайников – из работы [6]. В исследованиях использовали функционально зрелые листья. Отбор образцов растительности проводили с июня по сентябрь 2022 года ежемесячно в 3-кратной биологической повторности.

Экстракция и определение содержания фотосинтетических пигментов производились спектрофотометрически без разделения согласно методике Барнеса [7]. Концентрация пигментов в полученных экстрактах определена на основе анализа спектров поглощения, полученных на спектрофотометре Varian Cary 100 (Agilent Corp., США). Запись спектров производилась в диапазоне 350–700 нм.

С повышением уровня организации от лишайников до сосудистых растений содержание фотосинтетических пигментов увеличивается. У всех изучаемых видов наблюдается сезонная динамика хлорофиллов и каротиноидов.

*Исследование осуществлено при поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках проекта № 2021102007845.*

### **Список источников**

1. Тужилкина В. В. Фотосинтетические пигменты хвои ели сибирской в среднетаежных лесах европейского северо-востока России // Сибирский лесной журнал. 2017. № 1. С. 65–73.
2. Шмакова Н. Ю., Марковская Е. Ф. Фотосинтетические пигменты растений и лишайников арктических тундр Западного Шпицбергена // Физиология растений. 2010. Т. 57. № 6. С. 819–825.
3. Головки Т. К., Далькэ И. В., Дымова О. В., Захожий И. Г., Табаленкова Г. Н. Пигментный комплекс растений природной флоры европей-

ского северо-востока // Вестник Ин-та Коми НЦ УрО РАН. 2010. № 1. С. 39–46.

4. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств // СПб: Мир и семья. 1995. 990 с.

5. Игнатов М. С., Игнатова Е. А. Флора мхов средней части Европейской России // Москва. 2004. Т. 2. С. 611–960.

6. Santesson R., Moberg R., Nordin A., Tonsberg T., Vitikainen O. Lichen Forming and Lichenicolous Fungi of Fennoscandia // Uppsala. 2004. 359 p.

7. Barnes J. D., Balaguer L., Manrique E., Elvira S., Davison A. W. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants // Environmental and Experimental Botany. 1992. № 32. P. 85–100.

**Т. В. Пономарева**, канд. биол. наук, доц.

*Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск*

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ИЗУЧЕНИЯ НАРУШЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные методы исследований, которые позволяют оперативно получать обширную информацию о состоянии почв. Для оценки изменения теплового состояния почв эффективен метод тепловых аномалий, использующий для оценки степени нарушения и прогноза времени восстановления почв спутниковые данные в тепловом диапазоне. В настоящее время развиваются методы, основанные на неразрушающем контроле физических параметров почв. Так, анализ структурной организации почв возможно осуществлять методами георадиолокационного профилирования, наземной съемки в тепловом диапазоне. Результатом применения данных подходов является детальное изображение и картирование почвенного профиля, количественные характеристики профиля с высоким пространственным разрешением.

**Ключевые слова:** *почвенный профиль, методы исследования почв, дистанционные методы, радиометрическая съемка, георадарная съемка*

На протяжении всей истории развития науки почвоведения использовался широкий спектр методов исследования: профильный, морфологический, сравнительно-географический, сравнительно-исторический, метод почвенных ключей, почвенных монолитов и лизиметров, аэрокосмические методы и др., которые позволяют оценить состояние почв и рациональные приемы охраны почв.

Наиболее распространенным способом определения структурной организации почв является морфологическое описание почвенного профиля [1]. Недостатком существующего метода является то, что определяемые характеристики являются оценками качественного характера и основаны на экспертном субъективном подходе.

На современном этапе исследования почв необходимо развивать дистанционные (бесконтактные) методы получения информации о поверхности земли и объектах, на ней расположенных, с использованием систем ре-

гистрации электромагнитного, гравитационного полей или определенного диапазона радиоизлучений (телевизионные съемки, оптико-механическое многозональное сканирование, спектрофотометрирование, тепловая, микроволновая радиолокационная радарная, лазерная съемки). Такие методы обладают высокой чувствительностью и скоростью выполнения анализа, у исследователей появляется возможность одновременного определения нескольких показателей, возможность работы в автоматическом режиме без присутствия оператора.

В настоящее время появляется большое количество новых методик, которые могут помочь исследовать и классифицировать почвы в их естественной среде. «Цифровая почвенная морфометрия» – это направление, которое количественно и объективно собирает данные, численно анализирует данные и получает ценную информацию о свойствах профиля почвы [2]. Рентгеновская томография позволяет исследовать ненарушенные образцы пород и почв [3]. Благодаря различию в рентгеновской плотности предметами анализа в образцах, помимо твердой фазы, могут быть ледяные включения и поровое пространство. Эти методы хорошо подходят для количественной оценки структуры почвы и распределения корней, включений и т. д., что существенно расширяет возможности изучения деформаций пород и почв.

Изучение почвенного покрова с использованием спутниковой аппаратуры в основном основано на измерениях в микро- и среднечастотном диапазоне спектра. В то же время имеется большое количество архивной и актуальной спутниковой информации, которая принимается в инфракрасной области спектра, например со спутников серии NOAA/AVHRR, TERRA/Modis. Многие различия в свойствах поверхности земли и объектов, на ней расположенных, легче обнаружить в ИК-части спектра, которая может быть изучена при помощи приборов, установленных на космических спутниках, либо используемых при наземных исследованиях. Наземная радиометрическая съемка почв дает дополнительную корректирующую информацию, особенно для лесных экосистем.

Одним из инновационных способов исследования почв является метод выделения горизонтов и субгоризонтальных структур в профиле на основе анализа распределения радиояркой температуры, фиксируемой методом инструментальной съемки в инфракрасном диапазоне [4]. Распределение температуры вдоль профиля зависит от физических свойств поч-

вы, благодаря чему возможно их распознавание и определение структурной организации почв.

Развивается способ идентификации строения почвенного профиля, заключающийся в интерпретации радарограмм, полученных при георадиолокационном профилировании территорий [5]. Используя программное обеспечение по расшифровке радарограмм, на них выделяются разнородные по физическим свойствам слои, что позволяет оценивать структурную организацию почвенного профиля.

Для эффективного анализа почв и структурной организации профиля перспективно привлечение бесконтактных методов исследования. Их практическое применение требует создания калибровочного банка данных наземных обследований широкого спектра типов почв в разных состояниях.

*Исследование выполнено в рамках государственного задания № 0287–2021–0010.*

#### **Список источников**

1. Розанов Б. Г. Морфология почв. М., 2004. 432 с.
2. Пузаченко Ю. Г., Пузаченко М. Ю., Козлов Д. Н., Алещенко Е. М. Анализ строения почвенного профиля на основе цифровой фотографии // Почвоведение. 2004. № 2. С. 133–146.
3. Романенко К. А., Рогов В. В., Юдина А. В., Абросимов К. Н., Скворцова Е. Б., Курчатова А. Н. Исследование микростроения мерзлых почв и дисперсных пород с помощью рентгеновской компьютерной томографии: методы, подходы, перспективы // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. Вып. 83. 2016. С. 103–107.
4. Пономарева Т. В., Пономарев Е. И. Радиометрическая съемка почвенного профиля в инфракрасном диапазоне // Почвоведение. 2016. № 2. С. 219–226.
5. Воронин А. Я. Критерии идентификации строения и функциональных свойств почвенного профиля в георадиолокационных исследованиях с использованием георадара «ЛОЗА-В» // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2015. Вып. 80. С. 106–126.

М. А. Рязанова<sup>1</sup>, магистрант,  
Н. И. Кириченко<sup>2</sup>, д-р биол. наук

<sup>1,2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск

<sup>2</sup>Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

## РАЗРАБОТКА АННОТИРОВАННЫХ ГЕРБАРНЫХ КАТАЛОГОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ НАСЕКОМЫХ, МИНИРУЮЩИХ ЛИСТЬЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В РОССИИ

**Аннотация.** Цель работы: создание аннотированных гербарных каталогов с гербаризированными листьями, несущими повреждения местных и чужеродных видов листовых минирующих насекомых, повреждающих древесные растения. В работе описан метод составления гербарной коллекции, проведен анализ видового состава и трофических ассоциаций минирующих насекомых из регионов России.

**Ключевые слова:** дендрофильные минирующие насекомые, трофические связи, каталогизация, гербарий

Минирующие насекомые, или минеры, – крупная экологическая группа насекомых, чьи личинки обитают внутри частей или органов растений и выгрызают в них ходы, называемые «минами». Скрытый образ жизни таких насекомых обеспечивает им защиту от неблагоприятных условий внешней среды, от естественных врагов – хищников и паразитоидов [1]. Мины имеют характерные особенности, по которым можно установить таксономическую принадлежность минера [1, 2]. Кроме того, листья с минами представляют интерес для изучения биологии минеров и их трофической специализации.

Минированные листья возможно хранить в виде гербарных коллекций. Особая ценность таких коллекций – их длительная сохранность и применимость для фаунистических, экологических и молекулярно-генетических исследований [1, 3]. Глобальные изменения, происходящие в окружающей среде, в том числе изменение климата, приводят к распространению видов на новые территории, и минирующие насекомые не исключение. Благодаря гербарным коллекциям можно установить регион обитания в прошлом, пути распространения, границы современного ареала и кормовые растения тех или иных видов минеров [2, 4].

Методика составления гербарных коллекций с повреждениями минирующих насекомых доступна для исследователей любого уровня [2]. Перед формированием гербарного каталога листья с минами, собранные с древесных растений, высушиваются. Для сушки листьев используются газетные листы: образцы закладывают между листами и оставляют под прессом. На следующие сутки образцы перекладывают в сухие газеты и сушат еще 2–3 дня. После этого образцы готовы к аннотированию и помещению в гербарную коллекцию [2].

Гербарный каталог представляет собой фотоальбом с 300 карманами; каждый карман имеет размер 10×15 см [2]. В такие карманы помещают засушенные листья на подложке, а дубликаты образцов из этой же серии хранят в конверте под основным образцом [1, 2]. Засушенные листья размещают в подложках в заранее подготовленных прорезях (для фиксации образцов) [2]. На подложках приводится информация о собранном образце: его идентификационный номер, видовое название растения, вид, семейство, отряд минера, место и дата сбора, ФИО сборщика.

Гербарные образцы помещают в альбом в алфавитном порядке согласно роду растения. Для навигации по альбому с боковой стороны страниц альбома фиксируют закладки с названием родов растений. Такие фотоальбомы компактны, гербаризированный материал с повреждениями минеров в них удобно хранить, а при необходимости получать быстрый доступ к образцам для микроскопирования и других исследований.

Листья с минами собирали в разных регионах России – Краснодарском крае, Новосибирской области, Красноярском крае, Республике Хакасия, Приморском крае в июне-августе 2021–2022 гг.

В результате камеральной обработки образцов был сформирован гербарный каталог, содержащий 283 образца листьев с минами насекомых. По повреждениям на листьях были установлены таксоны минирующих насекомых (по возможности до вида). Таким образом, гербарный каталог содержит образцы листьев с минами 88 видов минирующих насекомых (виды минеров идентифицированы для 180 исследованных образцов). Для 103 образцов листьев с минами видовую принадлежность минеров установить не удалось. Шестьдесят восемь из 103 образцов (т. е. 66 %) были идентифицированы до рода, 17 образцов (16,5 %) – до семейства, 2 образца (2 %) – до отряда. Для прочих 16 образцов (15,5 %) установить таксоны минеров не удалось даже до отряда.

Мины насекомых из отряда *Lepidoptera* доминировали в разработанной гербарной коллекции как по числу таксонов насекомых этого отряда, так и по числу собранных в год исследования образцов. По убыванию в гербарной коллекции были представлены образцы представителей отрядов Diptera (21 образец), Hymenoptera (14), Coleoptera (7). Наибольшее число образцов с минами было собрано с растений семейств Rosaceae и Betulaceae.

*Исследования выполнены при поддержке РФФ (грант № 22-16-00075).*

### **Список источников**

1. Lopez-Vaamonde C., Kirichenko N., Ohshima I. Collecting, Rearing, and Preserving Leaf-Mining Insects. Measuring Arthropod Biodiversity. Switzerland: Springer, 2020. С. 439–466.

2. Кириченко Н. И. Методические подходы к исследованию насекомых, минирующих листья древесных растений // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 207. С. 235–246.

3. Kirichenko N. I., Zakharov E. V., Lopez-Vaamonde C. Tracing the invasion of a leaf-mining moth in the Palearctic through DNA barcoding of historical herbaria // Scientific Reports. 2022. Т. 12. №. 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08894-7>

4. Кириченко Н. И. Гербарная коллекция главного ботанического сада в исследовании прошлых ареалов насекомых-филлофагов – вредителей древесных растений. Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы Второй Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 22–26 апреля 2019 года. Москва: ИЛ СО РАН, 2019. С. 89–90.

Д. С. Спиридонов<sup>1</sup>, магистрант,

Г. А. Сорокина<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АЗС (С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА)

**Аннотация.** В ходе проведенного исследования изучали влияние АЗС на состояние тополя бальзамического с использованием метода регистрации термоиндуцированных изменений нулевого уровня флуоресценции (ТИНУФ) феллодермы. Полученные результаты позволяют отметить различия в состоянии растений тополя бальзамического на изучаемых пробных площадях, при этом влияние АЗС на состояние растений выражено в меньшей степени, чем близость расположения к проезжей части.

**Ключевые слова:** загрязнение воздуха, флуоресцентный метод, феллодерма тополя бальзамического, влияние АЗС

На автозаправочных станциях проявляются такие загрязнения, как: загрязнение воздуха, привносимое за счет испарения топлива; загрязнение воды, привносимое за счет пролива топлива, и его смыв за счет атмосферных осадков, а также стоков, возникающих после мойки оборудования и территории АЗС. Большое накопление выбросов оседает на самой заправочной станции, проезжей части и на рядом находящихся объектах. Располагается на высоте более 1 метра и именно этим в дальнейшем дышат окружающие [1].

Древесная растительность выполняет одну из главных функций в целом по нейтрализации и снижению негативного воздействия городских промышленных зон на людей и дикую природу. Повышение антропогенной нагрузки ведет к усилению некой оздоровительной роли растений в районах города [2].

Предполагается, что усыхание и разрушение деревьев в зимний период на территории с преобладанием загрязнения воздуха, это следствие неуспешного перехода в состояние сна, а также нехватка воды [2]. Предложенный метод может быть использован для сопоставления подвержен-

ности некоторых деревьев к воздействию на них выбросов и также определения зон по степени загрязнения.

В качестве тестируемого образца, тополя бальзамического (*Populus balsamifera*), использовались ткани внутреннего слоя перидермы данного растения. Объекты должны совпадать по возрасту, быть также неповрежденными и находиться в идентичных условиях освещения. Отбор образцов был произведен в осенний период 2021 г, зимний и весенний период 2022 г. После отбора в течение одного дня по образцу выполнялось регистрирование по методике.

Образцы отбирались в районах расположения АЗС г. Красноярска:

- ПП-1 – АЗС – г. Красноярск, проспект Свободный 77;
- ПП-2 – проспект Свободный – г. Красноярск, проспект Свободный 77;
- ПП-3 – Библиотека – проспект Свободный 79/10;
- ПП-4 – АЗС ж/д – г. Красноярск, ул. Богграда 140;
- ПП-5 – Автомойка – г. Красноярск, ул. Богграда, 138.

В зимний промежуток времени выполнялось выведение из спящего режима объектов в лабораторных условиях. Объекты опускались нижней частью ветви в воду соответствующей комнатной температуре. Источником освещения служил дневной свет. Критерии исследований записывались после прохождения 2–3 дней, когда растения уже находились в состоянии активной вегетации.

Лабораторные исследования осуществлялись на приборе «Фотон-11», который за счет находящегося в нём источника света с длиной волн от 435 до 480 нм производил свечение помещённого в него образца [3]. Исходный образец в свою очередь под действием скорости в 8 град/мин нагревался при температуре от 25 до 80 °С. В дальнейшем расчет производился по формуле ( $R_2 = \Phi_{лнт} / \Phi_{лвт}$ ), для определения интенсивности флуоресценции.

В процессе тестирования изучали влияние АЗС на состояние тополя бальзамического по используемому методу.

В зимний период 2022 года проводили регистрацию ТИНУФ феллодермы тополя бальзамического, выводя объекты из состояния полного покоя в лабораторных условиях с трех пробных площадей. В ходе исследования наиболее низкие значения  $R_2$  (от 0,4 до 0,8, в первые и четвертые сутки соответственно) регистрировались на пробной площади ПП-1 (АЗС-Свободный). Промежуточное положение занимают растения, произрастающие на ПП3 (Библиотека). Наиболее высокие значения  $R_2$

отмечены для феллодермы тополя бальзамического с пробной площади 2, находящейся рядом с автодорогой проспекта Свободный. При этом на четвертые сутки регистрируется значение  $R_2$ , равное 2, что свидетельствует о нахождении растений в состоянии активной вегетации, что подтверждается также формой кривых ТИНУФ.

В весенний период 2022 года количество пробных площадей было увеличено, добавлены: АЗС-ж/д, автомойка. Полученные данные по регистрации ТИНУФ феллодермы тополя бальзамического с 5 пробных площадей представлены на рис. 1.

В ходе исследования наиболее низкие значения  $R_2$  (от 0,41 до 0,58) регистрировались на пробной площади ПП-4 (АЗС ж/д). Промежуточное положение занимают растения, произрастающие на ПП-3 (Библиотека). Наиболее высокие значения  $R_2$  отмечены для феллодермы тополя бальзамического с пробной площади ПП-5 (Автомойка), расположенной по адресу ул. Бограда, 138. При этом на третьи сутки регистрируется значение  $R_2$ , равное 1,1, описывающее растение как вышедшее из покоя. Это показано на очертаниях кривых метода.

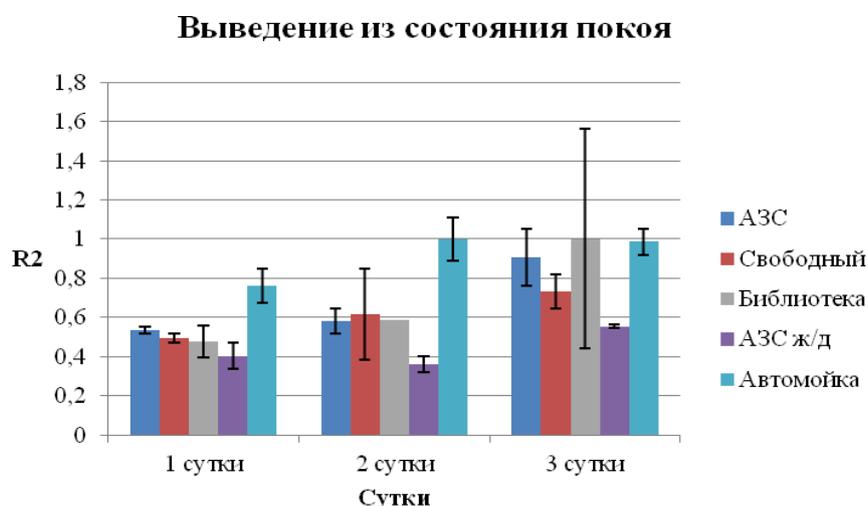


Рис. 1. Динамика величины отношения низкотемпературного и высокотемпературного максимума ( $R_2$ ) в период выведения из состояния покоя в лабораторных условиях, апрель 2022

Таким образом, по заключительным данным можно рассмотреть различия в состоянии растений тополя бальзамического на изученных пробных площадях, при этом влияние АЗС на состояние растений выражено в меньшей степени, чем близость расположения к проезжей части.

### **Список источников**

1. Влияние автозаправочных станций на окружающую среду [Электронный ресурс] // revolution.allbest.ru: сайт. URL: [https://revolution.allbest.ru/ecology/00852868\\_0.html](https://revolution.allbest.ru/ecology/00852868_0.html).

2. Сорокина Г. А. и др. Современные подходы к биоконтролю состояния окружающей среды. Метод регистрации термоиндуцированных изменений нулевого уровня флуоресценции в биоиндикационных исследованиях. 2012. С. 13–23.

3. Оборудование для биотестирования [Электронный ресурс] // obt.bio.ru: сайт. URL: <https://obt.bio/catalog/oborudovanie-dlya-biotestirovaniya>.

А. Д. Сушкевич<sup>1</sup>, магистрант,  
О. М. Шабалина<sup>2</sup>, канд. биол. наук, доц.

<sup>1,2</sup> Сибирский федеральный университет, Красноярск

## СОСТАВ И СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ЭКОПАРКА «ГРЕМЯЧАЯ ГРИВА»

**Аннотация.** Проанализирована экологическая и эколого-ценотическая структура лесных растительных сообществ на территории экопарка «Гремячая грива». Выявлены нарушения, которые можно связать с благоустройством территории.

**Ключевые слова:** лесные сообщества, рекреация, экологическая структура, изреживание древостоя, экопарк

Проблема сохранения лесных насаждений является важнейшей для обеспечения устойчивого развития городов, поскольку зеленая инфраструктура выполняет множество функций.

Экопарк «Гремячая грива», созданный в 2018 году, будучи одной из наименее затронутых и чистых территорий города, привлекает большое количество посетителей. Под влиянием рекреации все компоненты лесных экосистем претерпевают изменения: уплотняется почва, снижается ее воздухопроницаемость, изменяется видовой состав и структура травостоя и т. д. [1, 2, 3]. В условиях высоких темпов урбанизации и все возрастающей рекреационной активности горожан особенно важна информация о состоянии лесных экосистем и их компонентов при разной рекреационной нагрузке, которая поможет в прогнозировании динамики рекреационных лесов и выборе оптимальных методов управления.

В ходе работы было исследовано 9 лесных растительных сообществ на наиболее посещаемой территории. Определение принадлежности видов к экологическим и эколого-ценотическим группам осуществлялось с помощью классификации С. В. Дегтевой и А. Б. Новаковского и базы данных «Ценофонд» [4, 5].

Исследуемые растительные сообщества на территории экопарка представлены ассоциациями разнотравной и орляковой серий типов леса (точки 1–9). Такие сообщества имеют высокий рекреационный потенциал,

поскольку в них создается оптимальный режим освещения, а хорошо развитый травянистый покров весьма декоративен.

Во всех сообществах большую долю (от 34 до 55 %) составляют гелиофиты или светолюбивые растения (рис. 1), что в целом не характерно для лесных сообществ. Высокая доля гелиофитов может быть связана с изреживанием древостоя. Точка 1 характеризуется упрощенной структурой по отношению к рассматриваемым факторам, поскольку является наиболее нарушенной, доминирование здесь остается за наиболее устойчивыми видами.

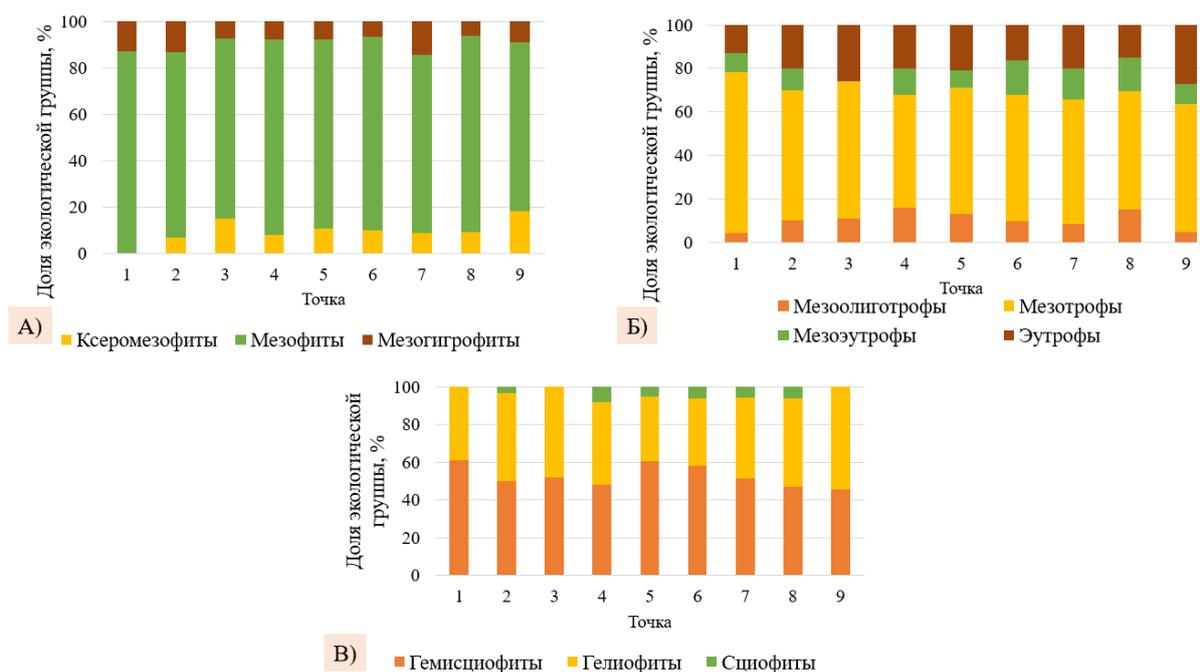


Рис. 1. Соотношение экологических групп растений по отношению: А) к воде; Б) к трофности; В) к свету

Во всех фитоценозах доминирующей группой является группа луговой и лугово-опушечной растительности (Md), доля группы от общего количества составила от 44 % в точке 4 до 60 % в точке 2. Многие виды группы Md являются светолюбивыми растениями, что опять же указывает на то, что под пологом леса увеличена освещенность. Большую долю во всех сообществах составляют растения, относящиеся к рудеральной группе (Ru). Самый большой процент рудеральных видов (30 %) встречен в точке, где клен (*Acer negundo* L.), являясь инвазивным видом, внедряется под полог леса. Полученные данные согласовываются с работами других авторов [6]. Возможно, это один из механизмов влияния клена на аборигенные растительные сообщества.

Таким образом, исследования показали, что экологическая структура исследуемых сообществ является достаточно типичной для светлых травяных лесов, однако значительная доля гелиофитов указывает на процессы олуговения из-за изреживания древостоя. В живом напочвенном покрове лесных фитоценозов доминирующей эколого-ценотической группой является группа луговых и лугово-опушечных видов, более антропоустойчивых, чем типичные лесные виды. Высокая доля рудеральных видов, обнаруженных во всех исследованных сообществах, отражает существенную нарушенность территории, в том числе связанную с благоустройством.

### **Список источников**

1. Климанова О. А., Колбовский Е. Ю., Илларионова О. А. Зеленая инфраструктура города: оценка состояния и проектирование развития. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 324 с.

2. Оптимизация рекреационного лесопользования / отв. ред. Л. П. Рысин. М.: Наука, 1990. 119 с.

3. Sokolova G. G. Influence of recreation on the forest ecosystems of Altai Region low lands // Ukrainian Journal of Ecology. 2009. № 9. P. 399–401.

4. Дегтева С. В., Новаковский А. Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 196 с.

5. Ценофонд лесов Европейской России: база данных. URL: <http://cepl.rssi.ru/bio/flora/main.htm> (дата обращения: 09.09.22).

6. Веселкин Д. В., Дубровина Д. И. Разнообразие травяного яруса урбанизированных сообществ с доминированием инвазивного *Acer negundo* // Экология. 2019. № 5. С. 323–331.

**М. А. Федонов**, магистрант

*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА ОТВАЛАХ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**Аннотация.** Интенсивная добыча золота открытым карьерным способом в северных районах Сибири приводит к трансформации ландшафтов, почвенного и растительного покровов. При эксплуатации месторождений значительные площади занимают под отвалы горных пород. В работе представлены результаты исследования отвалов вскрышных пород карьера «Золотая Тырыда» в Северо-Енисейском районе Красноярского края. Доминирование крупнообломочной фракции в составе слагающих отвалы пород является причиной широкого распространения на их поверхности техногенных поверхностных образований (литостратов), на момент исследования почвы 15-летнего отвала находятся на инициальной стадии развития. По мере зарастания отвала растительностью наблюдается увеличение фракции мелкозема, накопление органического вещества и изменение физико-химических свойств в верхнем 5 см слое техногенного грунта.

**Ключевые слова:** *породные отвалы, техногенные почвы, почвообразовательный процесс*

Проблема изучения трансформации почвенного покрова и особенностей функционирования преобразованных почв на севере Средней Сибири обусловлена увеличивающимися масштабами антропогенного воздействия [2]. Площади нарушенных экосистем постоянно увеличиваются по мере отработки месторождения. В районе разработок почвенный покров представляет сложную систему техногенных трансформаций естественных типов фоновых почв и техногенных поверхностных образований (ТПО). На ранних стадиях формирования техногенных почв высокая скорость развития профиля выражается в структурных преобразованиях, накоплении органических остатков и образовании гумусового горизонта [1].

Цель работы заключалась в изучении особенностей почвообразовательных процессов и функционирования техногенных почв и ТПО, формирующихся на территории отвалов золотодобывающей компании АО «Полюс-Красноярск» на севере Красноярского края.

Использовался метод почвенно-геохимического профилирования: катены закладывались на однородных участках отвалов от вершины отвала к подножию. В качестве объектов исследования выбраны выведенные из эксплуатации отвалы карьера «Золотая Тырыда», которые сложены крупнообломочным материалом вскрышных пород, представленных сланцами кварц-серицит-хлоритового, кварц-серицит-биотит-хлоритового состава, которые обуславливают кислую реакцию среды практически во всех изучаемых почвах. Строение отвала представляет собой трехъярусную вытянутую систему общей высотой до 25 м. После этапа горнотехнической рекультивации поверхность отвала представляет собой смесь крупных и мелких фракций вмещающей породы, которые в течение 15 лет сортировались под действием осадков и ветра, формируя неоднородную среду для почвообразования на разных элементах отвала.

Заращение отвала происходит коренными видами растительности, характерными для фоновых экосистем. Поверхность спланированных гребней отвалов, где преобладает фракция мелкозема, активно заселяется березой (*Betula pubescens*), ивой козьей и прутовидной (*Salix caprea* и *Salix viminalis*). На отвалах вскрышных пород видовой состав травяно-кустарничкового яруса беден. Из травянистых видов доминирует кипрей узколистный (*Epilobium angustifolium*). Лишайники представлены накипными формами. Откосы отвалов лишены сосудистой растительности.

В качестве фоновых объектов были выбраны темнохвойные экосистемы на расстоянии 50 километров от ГОК «Олимпиадинский», в районе среднего течения реки Панимба. Фоновые участки по почвенным, лесорастительным, климатическим характеристикам соответствуют исследуемым техногенным участкам. Фоновые почвы относятся к текстурно-дифференцированным, к подтипу подзолистых грубогумусовых, характеризуются малой мощностью профиля и хорошо развитым органогенным горизонтом (Oao-EL-BEL-BT-C).

Анализ физико-химических свойств почв был выполнен по стандартным методикам.

Анализируя полученные в ходе исследования данные, было выявлено, что на отвалах вскрышных пород карьера «Золотая Тырыда» техногенные поверхностные образования находятся на начальной (инициальной) стадии почвообразования. Разрез не дифференцируется на горизонты, на поверхности наблюдается фрагментарный и очень маломощный (не более 5 см) гумусированный слой. По классификации техногенных

поверхностных образований [3] на обследованных отвалах формируются литостраты. По классификации [1] соответствуют инициальным эмбриоземам.

По своим физико-химическим свойствам ТПО близки к минеральным горизонтам фоновых почв. В пределах одного отвала морфологические, физико-химические свойства могут существенно различаться, так как сильное влияние на процесс почвообразования оказывают процессы водной и ветровой эрозии. Основными факторами, оказывающими влияние на процесс почвообразования на отвалах вскрышных пород, являются рельеф, состояние почвенного покрова, гранулометрический состав исходных грунтов отвала. В целом более развитый профиль характерен для почв, формирующихся на участках накопления мелкозема. Они отличаются большей мощностью гумусового горизонта, лучшей оструктуренностью, более четкой дифференциацией профиля.

#### **Список источников**

1. Андроханов В. А. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 151 с.

2. Пономарева Т. В. Трансформация почвенного покрова в горно-таежной зоне Средней Сибири при разработке месторождений золота // Материалы международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020». Севастополь: СевГУ. 2020. С. 447–450.

3. Шишов Л. С. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумен, 2004. 342 с.

**О. М. Шабалина**<sup>1</sup>, канд. биол. наук, доц.,

**И. Н. Безкоровайная**<sup>2</sup>, д-р биол. наук,

**И. Г. Гетте**<sup>3</sup>, ст. преподаватель

<sup>1,2,3</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **ЗАРАСТАНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ В ПОЙМЕ Р. АМБАРНАЯ (НОРИЛЬСКИЙ ПРОМЫШЛЕННЫЙ РАЙОН)**

**Аннотация.** Проводилась оценка последствий нефтяного загрязнения пойменных фитоценозов р. Амбарная. Получены данные об успешном самозаращении нефтезагрязненных участков. Пионерами зарастания являются доминирующие в составе естественной растительности виды осок и злаков.

**Ключевые слова:** *нефтяное загрязнение, растительность, пойма, Норильский промышленный район*

Ввиду целого ряда особенностей строения экосистемы Арктики чрезвычайно уязвимы, при этом они испытывают постоянно нарастающее влияние деятельности человека.

В конце мая 2020 года в Норильске произошел аварийный разлив нефтепродуктов. Более 21 тыс. т зимнего дизельного топлива вылились в водотоки – руч. Безымянный, р. Далдыкан, р. Амбарная. Наряду с водными объектами загрязнению подверглись пойменные участки, в том числе пойма р. Амбарная.

Пойменная растительность имеет ограниченное распространение на территории Норильского промышленного района. Важной характерной особенностью естественных пойменных лугов Крайнего Севера является их простой видовой состав и зачастую ярко выраженная монодоминантность [1]. Пойменные луга севера не просто имеют большую продуктивность, но их травостои часто превосходят суходольные луга умеренной зоны и в качественном отношении. По данным Т. А. Работнова [2], луговые растения высоких широт, находясь в условиях длинного фотопериода, содержат больше сахаров и поедаются животными при прочих равных условиях лучше, чем аналогичные растения, выросшие в условиях менее продолжительного освещения. В суровых климатических условиях севера возрастает также и общая калорийность луговых растений.

Для низовьев р. Далдыкан характерна неразвитая пойма, представляющая собой галечные бичевники под обрывами коренных берегов или надпойменных террас. Обычно на бичевниках развивается несомкнутая растительность лугового характера, однако, по-видимому, из-за постоянного техногенного воздействия в пойме р. Далдыкан растительность отсутствует.

В пойме р. Амбарная можно выделить активную пойму, сложенную суглинистым аллювием. Как правило, она развита только вдоль основного русла реки. Ежегодно она заливается с самого начала весеннего паводка. Ее низкие уровни иногда заливаются на тот или иной срок и летом.

В прирусловой пойме низкого уровня часто формируются глинисто-илистые отмели. Иногда они совершенно обнажены, иногда же покрыты осоковыми лугами (чистые заросли осоки одноцветной *Carex aquatilis* или осока+хвощ полевой *Equisetum arvense*), арктофиловыми лугами (чистые заросли арктофилы рыжеватой *Arctophila fulva* или арктофила рыжеватая+хвощ полевой), или щучковыми лугами (щучка Сукачева *Deschampsia sukatschewii* + хвощ полевой). Обнаженные отмели освобождаются от воды только в самую межень. Луговые же отмели имеют более высокий уровень и обычно после весеннего паводка большую часть времени освобождены от воды – только кратковременно заливаются при летних подъемах уровня реки.

Кроме того, в пределах террас развиты котловинообразные понижения (лайды) и их берега всегда имеют разрывы, через которые лайды незаметно переходят в активную пойму низкого уровня или выходят непосредственно к руслу реки или протоки. Во время весеннего паводка, а часто и летних подъемов воды, лайды заливаются. После спада паводковой воды на дне лайд остаются озера, зеркало которых находится значительно выше меженного уровня реки.

Дно лайд там, где оно не занято постоянно существующими озерами, покрыто арктофиловыми или осоковыми лугами, или представляет из себя илистую отмель. На более высоких уровнях арктофиловые или осоковые луга переходят в осоково-моховые сообщества с ивой.

В ходе обследования прибрежно-водной растительности ключевых участков следы повреждения растений нефтепродуктами были обнаружены только в пойме р. Амбарная.

Растительность левобережной низкой поймы р. Амбарная существенно пострадала в тех местах, где оказалась покрыта слоем дизельного

топлива – на этих участках произошла гибель всех растений, независимо от их видовой принадлежности и устойчивости. По периферии пятен, где концентрация дизельного топлива была ниже, произошла частичная гибель растений и изреживание растительного покрова. В то же время на остальной части поймы растительность не нарушена и сохраняет не только свой видовой состав, но и весьма высокое проективное покрытие (85–90 %).

Уже к концу вегетационного сезона 2020 года на пятнах нефтяного загрязнения были отмечены следы самозарастания. Во-первых, наблюдалось развитие злаков и осок (*Carex aquatilis*, *C. juncella*, *Agrostis stolonifera*) из сохранившихся корневищ по периферии пятен, во-вторых, было отмечено массовое появление проростков однодольных растений. В 2021 году продолжился процесс самовосстановления растительности на поверхности нефтезагрязненной почвы – увеличилось проективное покрытие растений, границы пятен стали размытыми. В 2022 году проективное покрытие местами достигло 80 %, в то же время обнаруживались участки, не подвергшиеся зарастанию, что связано, по-видимому, с сохраняющимся очень высоким уровнем загрязнения.

#### **Список источников**

1. Телятников М. Ю., Пристяжнюк С. А. Антропогенное влияние предприятий Норильского промышленного района на растительный покров тундры и лесотундры // Сибирский экологический журнал. 2014. № 6. С. 903–922.
2. Работнов Т. А. Экология луговых трав. М.: МГУ. 1985. 176 с.

**Н. Д. Якимов**<sup>1</sup>, аспирант,

**И. Н. Безкоровайная**<sup>2</sup>, д-р биол. наук, проф.,

**Е. И. Пономарев**<sup>3</sup>, канд. техн. наук, доц.

<sup>1,2,3</sup> *Сибирский федеральный университет, Красноярск*

## **СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИНДЕКСОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПОСЛЕПОЖАРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ В ДРЕВОСТОЯХ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ НАРУШЕННОСТИ**

**Аннотация.** Цель работы – выявить связь между степенью пожарного воздействия и динамикой восстановительных процессов, используя дистанционные методы и спектральные индексы, характерные для доминирующих лесообразующих пород Сибири. Мы выделили на послепожарных полигонах в 5 лесообразующих породах 3 класса пожарного воздействия по спектральному индексу dNBR. Выявлена динамика изменения индекса NDVI и радиояркостной температуры поверхности послепожарных участков в различных древостоях, что косвенно характеризует послепожарные восстановительные процессы.

**Ключевые слова:** *лесной пожар, dNBR, NDVI, альbedo, радиояркостная температура*

Лесные пожары представляют собой сложное и масштабное стихийное явление [1] как во всем мире, так и в Сибири в частности, где наблюдается высокая горимость и тенденция на увеличение количества и площадей пожаров [2]. Эффективно анализировать степень пирогенной нарушенности можно с применением спектральных индексов, например индекс Normalized Burn Ratio (NBR) и его разности в последовательные периоды съемки dNBR [3]. Степень нарушенности определяет скорость и динамику последующих восстановительных процессов. Дистанционный мониторинг послепожарного восстановления, как правило, основан на использовании вегетационных индексов растительности, наиболее известным является показатель NDVI. Но такой подход имеет ограничения в применении, связанные со снижением информативности при длительном мониторинге. С другой стороны, послепожарные нарушения теплоизолирующих свойств почвенно-растительного покрова провоцируют снижение альbedo поверхности и впоследствии – изменение теплового режима территории. Следовательно, динамику восстановительных процессов косвен-

но характеризуют изменения теплового поля нарушенных участков, что можно восстановить по дистанционным измерениям радиояркостной температуры.

В работе использовались спутниковые изображения среднего пространственного разрешения Landsat-8 OLI/TIRS для территории Сибири из открытых каталогов (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). Хроноряды спутниковых данных послепожарных полигонов были отобраны в пяти лесобразующих породах: лиственница (*Larix sibirica*), сосна (*Pinus sylvestris*), ель (*Abies sibirica*), пихта (*Picea obovata*), кедр (*Pinus sibirica*). Для каждого участка мы применяли метод классификации на основе значений NBR/dNBR для определения степени пожарного воздействия [3]. Для определения относительных превышений тепловых ( $\Delta T$ ) и вегетационных признаков ( $\Delta NDVI$ ) послепожарных участков выполняли сравнение с фоновыми значениями для каждого класса нарушенности и доминирующих древостоев.

Выявлено соотношение площадей с высоким уровнем послепожарного воздействия при переходе от доминирующих лиственничных древостоев (до 40 % всей площади пожаров) к сосновым и темнохвойным (до 20 %). В светлохвойных насаждениях наблюдается повышение теплового поля ( $\Delta T$ ) в зависимости от классифицированной (по dNBR) степени нарушенности территории. Наиболее интенсивное восстановление для лиственничных насаждений наблюдается во 2 год, для сосновых насаждений – в 3 год. Превышение теплового поля над фоновыми значениями остается значимым и через 5 лет. Тепловой фон в ельниках экспоненциально снижается к 3 году после пожара, приближаясь к фоновым значениям (превышение ~8–10 %) к 5–9-летнему сроку. В пихтовых насаждениях за 3 года не наблюдается никаких изменений теплового фона.  $\Delta T$  превышает фоновый уровень на 16–20 % при средних и высоких dNBR, а в условиях низкого dNBR составляет превышение над фоном ~5 %. Значение  $\Delta T$  снижается в ряду Сосна-Лиственница-Ель-Пихта. Снимки с тепловых каналов в кедровых насаждениях отсутствовали. По показателю  $\Delta NDVI$  в лиственничных насаждениях фиксируется высокая скорость восстановления в первые 3 года после воздействия пожара. Через 5 лет для всех категорий нарушенности, кроме участков, характеризующихся низким dNBR,  $\Delta NDVI$  достигает 55–60 % от фонового. В сосновых насаждениях также фиксируется высокая скорость восстановления в течение 3–4 лет, далее к 5 году значения

$\Delta$ NDVI достигают 85 % от фона. В пихтовых насаждениях за 3 года наблюдается высокая степень восстановления по показателю  $\Delta$ NDVI. В течение 1 года показатель  $\Delta$ NDVI составляет 50 % от фона, через 3 года достигает 95 %, что возможно при условии даже частичного восстановления мохово-травянистого яруса. В еловых насаждениях к 3–4 году после пожара выделяемые классы пожарного воздействия теряют дешифровочные признаки. В период 6–9 лет показатель NDVI сопровождается аномальной дисперсией значений, что характеризует его низкую эффективность в сравнении с  $\Delta T$ . В кедровых насаждениях в течение 1 года наблюдается высокая степень нарушенности  $\geq 100$  % для участков, классифицированных по средним и высоким значениям dNBR, и за 4 года восстановление по рассмотренным критериям не наблюдалось.

Спутниковый мониторинг позволяет оценить как степень пожарного воздействия на растительные покровы и отдельные древостои (индекс NBR/dNBR), так и скорость восстановительных процессов (индекс NDVI, превышение радиояркостной температуры над фоном). Показано, что многолетняя динамика аномалий NDVI и усредненных значений температуры поверхности может косвенно характеризовать послепожарное состояние территории с учетом пожарного воздействия и доминирующих древостоев.

#### **Список источников**

1. Цветков П. А. О последствиях лесных пожаров в Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31. № 5–6. С. 10–14.
2. Kharuk V. I., Ponomarev E. I., Ivanova G. A., Dvinskaya M. L., Coogan S. C. P., Flannigan M. D. Wildfires in the Siberian taiga // *Ambio*. 2021. № 50(11). P. 1 953–1 974.
3. Dos Santos S. M. B., Bento-Gonçalves A., Franca-Rocha W., Baptista G. Assessment of Burned Forest Area Severity and Postfire Regrowth in Chapada Diamantina National Park (Bahia, Brazil) Using dNBR and RdNBR Spectral Indices // *Geosciences*. 2020. № 10(106).