

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СЕВЕРА: ИССЛЕДОВАНИЯ, ИННОВАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Всероссийская научная конференция
с международным участием и школа для молодых ученых

Петрозаводск, 9–13 сентября 2024 г.



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Отделение биологических наук Российской академии наук
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
Институт биологии КарНЦ РАН

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ АДАПТАЦИИ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СЕВЕРА: ИССЛЕДОВАНИЯ, ИННОВАЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Всероссийская научная конференция
с международным участием и школа для молодых ученых

Петрозаводск, 9–13 сентября 2024 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Научное электронное издание

Петрозаводск
КарНЦ РАН
2024

ISBN 978-5-9274-0994-5

© Коллектив авторов, 2024
© Институт биологии КарНЦ РАН, 2024
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2024

УДК 574.2(063)(470.22)
ББК 28.080.1(21)
Ф94

Редакционная коллегия:

д.б.н. Н. В. Ильмаст, д.б.н. Н. М. Казнина, к.б.н. С. Н. Хуртина

*Издано по решению Ученого совета
Института биологии КарНЦ РАН*

Официальные спонсоры конференции:



Спонсор конференции:



Ф94

Фундаментальные и прикладные аспекты адаптации живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды Севера: исследования, инновации, перспективы : тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием и школы для молодых ученых, Петрозаводск, 9–13 сентября 2024 г. : тезисы докладов : научное электронное издание / редакционная коллегия: Н. В. Ильмаст, Н. М. Казнина, С. Н. Хуртина ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Российская академия наук, Отделение биологических наук Российской академии наук, ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук», Институт биологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2024. – 1 DVD-ROM. – Систем. требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9274-0994-5

В сборник вошли тезисы докладов, представленных на Всероссийской научной конференции с международным участием и школе для молодых ученых «Фундаментальные и прикладные аспекты адаптации живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды Севера: исследования, инновации, перспективы». Тезисы докладов подготовлены в соответствии с направлениями работы конференции, охватывающими такие области исследований, как экология, физиология и биохимия наземных животных и человека, водных организмов и растений; механизмы их адаптаций к биотическим и абиотическим факторам среды; разнообразие и динамика экосистем; рациональное природопользование на Севере. Материалы конференции представляют интерес для широкого круга специалистов, работающих в области ботаники, биотехнологии, гидробиологии, паразитологии, генетики, физиологии и биохимии растений, животных и человека, экологии, а также для студентов и аспирантов биологического и сельскохозяйственного профиля.

УДК 574.2(063)(470.22)
ББК 28.080.1(21)

Текстовое (символьное) электронное издание

Системные требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); от 500 Мб свободного пространства на жестком диске; видеосистема: разрешение экрана 800×600 и выше, графический ускоритель (опционально); мышь; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM

© Коллектив авторов, 2024
© Институт биологии КарНЦ РАН, 2024
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2024

Для создания электронного издания использованы
ПО Adobe InDesign, Adobe Acrobat Pro

Издано в авторской редакции

Оригинал-макет, электронная версия *М. И. Федорова*

Дизайн обложки сборника тезисов докладов разработан и выполнен
с использованием фотографий сотрудников ИБ КарНЦ РАН:
*Д. А. Ефремова, М. В. Матанцевой, С. А. Мурзиной, Н. С. Репкиной,
К. Ф. Тирронена, Е. А. Хижкина, С. Н. Хуртиной*

Подписано к использованию 09.09.2024. 1 DVD-ROM. 2,5 Мб.
Тираж 130 экз. Заказ № 819.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: krcras@krc.karelia.ru
URL: <http://www.krc.karelia.ru>

Изготовлено в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр Российской академии наук»
185910, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д. 11
Телефон (8142) 76-60-40. E-mail: krcras@krc.karelia.ru
URL: <http://www.krc.karelia.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕЗИСЫ ПЛЕНАРНЫХ ДОКЛАДОВ	14
<i>Вольперт Я. Л., Шадрина Е. Г.</i> АДАПТАЦИИ ТАЕЖНЫХ ВИДОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ К УСЛОВИЯМ СУЩЕСТВОВАНИЯ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ: ПОПУЛЯЦИИ И СООБЩЕСТВА	15
<i>Розенцвет О. А.</i> ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ГАЛОФИТОВ: СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ, ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ, РЕГУЛЯЦИИ	16
<i>Топунов А. Ф., Космачевская О. В., Багрова О. Е.</i> ГЕМОГЛОБИН И ЕГО РОЛЬ В АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ	17
<i>Феоктисова Н. Ю., Карманова Т. Н., Мецкерский С. И., Кацман Е. А., Суров А. В.</i> АДАПТАЦИИ ЖИВОТНЫХ К ГОРОДУ. КАК ГРЫЗУНЫ АДАПТИРУЮТСЯ К ПАРАЗИТАРНОЙ НАГРУЗКЕ В УРБОЦЕНОЗАХ	18
ТЕЗИСЫ ЛЕКЦИЙ	19
<i>Бородин А. В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПАЛЕОАРХИВОВ И ФИЛОГЕОГРАФИИ СОВРЕМЕННЫХ ЖИВОТНЫХ КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ ОБ ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ РОССИИ	20
<i>Трапезов О. В.</i> ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ОТБОР АКАДЕМИКА Д. К. БЕЛЯЕВА КАК АНТИТЕЗА К СТАБИЛИЗИРУЮЩЕМУ ОТБОРУ И. И. ШМАЛЬГАУЗЕНА	21
<i>Холодова М. В.</i> ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕНОТИПОВ ПРИОННОГО БЕЛКА С РАЗЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К БОЛЕЗНИ ХРОНИЧЕСКОГО ИЗНУРЕНИЯ (CHRONIC WASTING DISEASE, CWD) У СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ (<i>RANGIFER TARANDUS</i>) РАЗНЫХ ФОРМ, ПОПУЛЯЦИЙ И ЭКОТИПОВ	22
ТЕЗИСЫ СЕКЦИОННЫХ ДОКЛАДОВ	23
Направление 1. Экология, физиология и биохимия наземных животных и человека. Механизмы их адаптаций к биотическим и абиотическим факторам среды	23
<i>Антонова Е. П.</i> УЧАСТИЕ МЕЛАТОНИНА В ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ У СИРИЙСКОГО ХОМЯКА (<i>MESOCRICETUS AURATUS</i>)	24
<i>Аторин Д. А., Жулай Г. А., Топчиева Л. В., Курбатова И. В., Дуданова О. П.</i> АКТИВАЦИЯ ЭКТОНУКЛЕОТИДАЗ CD39 И CD73 В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ БОЛЬНЫХ ЯЗВЕННЫМ КОЛИТОМ	25
<i>Башиникова И. В., Ильина Т. Н., Якимова А. Е., Илюха В. А.</i> ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНОВ А И Е У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, ОБИТАЮЩИХ В КАРЕЛИИ	26

Балан О. В., Малышева И. Е., Марусенко И. М., Барышева О. Ю. ПОСТТРАНСКРИПЦИОННЫЕ МОДИФИКАЦИИ РНК В РАЗВИТИИ АУТОИММУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ: РОЛЬ N6-АДЕНОЗИН МЕТИЛТРАНСФЕРАЗ	27
Брякова М. А. ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ПОСТМЕТАМОРФОЗНЫЙ РОСТ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ <i>PELOPHYLLAX RIDIBUNDUS</i> , ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ НА КАМЧАТКУ	28
Булычева С. В., Ялковская Л. Э., Якимова А. Е., Бородин А. В. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДЯНОЙ ПОЛЕВКИ (<i>ARVICOLA AMPHIBIUS</i> L., 1758) ВБЛИЗИ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ АРЕАЛА: ДАННЫЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА <i>CYTB</i>	29
Голосова О. С., Холодова М. В. МИКРОСАТЕЛЛИТНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ВНУТРИ – И МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ РОДА <i>CERVUS</i> , ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ	30
Захарова Н. Н., Ануфриев А. И., Семенова М. А., Захаров Е. С. МОРФОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ СОБОЛЯ (<i>MARTES ZIBELLINA</i>) В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ	31
Калинина С. Н., Зайцева И. А., Илюха В. А., Панченко Д. В., Панова Э. В. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ (НА ПРИМЕРЕ ДИКОГО КАБАНА <i>SUS SCROFA</i>)	32
Калинина С. Н., Кижина А. Г., Илюха В. А., Печорина Э. Ф. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭОЗИНОФИЛОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЕНОТОВИДНЫХ СОБАК <i>NYCTEREUTES PROCYONOIDES</i> (GREY, 1834)	33
Капитонов В. И. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЛОВУШЕК ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОПУЛЯЦИИ СИБИРСКОГО ЛЕСНОГО ПОДВИДА СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (<i>RANGIFER TARANDUS</i> <i>VALENTINAE</i> FLEROW, 1933) В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	34
Карманова Т. Н., Горельщикова Д. И., Мещерский С. И., Феоктистова Н. Ю. ОСОБЕННОСТИ ПАРАЗИТАРНОЙ НАГРУЗКИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МОСКВЫ	35
Кижина А. Г., Белкин В. В., Хижкин Е. А. МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (<i>VESPERTILIONIDAE</i>) СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ: ВИДОВЫЕ И СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ	36
Кретова А. Ю. НОМАДИЗМ КАК РЕЗУЛЬТАТ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ ВИДА: ПРИМЕР ПЕНОЧКИ-ТРЕЩОТКИ	37
Кузнецова А. С., Тирронен К. Ф. ГИБРИДИЗАЦИЯ ВОЛКА (<i>CANIS LUPUS</i>) С СОБАКОЙ (<i>CANIS FAMILIARIS</i>) КАК МЕХАНИЗМ ВЫЖИВАНИЯ ВИДА	38
Матанцева М. В., Симонов С. А. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ 3D-ТЕРРИТОРИАЛЬНОСТИ ВОРОБЬИНЫХ ПТИЦ НА СЕВЕРЕ	39
Морозов А. В., Антонова Е. П., Хижкин Е. А. ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОЙ ТЕМНОТЫ НА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ У КРЫС В ОНТОГЕНЕЗЕ	40

Муцкий А. А., Антонова Е. П., Хишкин Е. А., Илюха В. А., Белкин В. В. СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ГИБЕРНИРУЮЩИХ РУКОКРЫЛЫХ	41
Панова Э. В., Калинина С. Н., Илюха В. А., Трапезов О. В. БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ РУЧНЫХ И АГРЕССИВНЫХ АМЕРИКАНСКИХ НОРОК (<i>NEOGALE VISON</i>)	42
Панченко Д. В., Протасова А. В. ЛЕСНОЙ СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ПААНАЯРВИ»	43
Перевозчикова М. А., Домский И. А., Сергеев А. А. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРОВИ КАБАНОВ (<i>SUS SCROFA</i> , LINNAEUS 1758) ...	44
Поликарпова Д. Р., Бабкина О. А., Лощагина Ю. А., Глазов П. М., Литвин К. Е., Зайнагутдинова Э. М. САМЦЫ И САМКИ БЕЛОЛОБЫХ ГУСЕЙ РАЗДЕЛЯЮТ ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РОЛИ ВО ВРЕМЯ ВЕСЕННЕЙ МИГРАЦИОННОЙ ОСТАНОВКИ	45
Политов Д. В., Белоконь Ю. С., Казимиров П. А., Рябинина О. М., Талала М. С., Белоконь М. М. ПРОЦЕССЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ ГЕНОФОНДОВ ПСОВЫХ РОДА <i>CANIS</i> ПО ДАННЫМ ДНК-АНАЛИЗА	46
Симонов С. А., Артемьев А. В., <u>Лапшин Н. В.</u> , Матанцева М. В., Толстогозов А. О. ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛЕЙ В КАРЕЛИИ НА СОСТОЯНИЕ ВЕСЕННИХ МИГРАЦИОННЫХ СКОПЛЕНИЙ ГУСЕОБРАЗНЫХ	47
Соколов А. А., Соколов В. А., Фуфачев И. А., Соколова Н. А. ЛОКАЛЬНЫЕ АДАПТАЦИИ КРЕЧЕТОВ (<i>FALCO RUSTICOLUS</i>) К УСЛОВИЯМ СУЩЕСТВОВАНИЯ В АРКТИКЕ	48
Соколова Н. А., Сорокин П. А. ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЕЧНОЙ ВЫДРЫ (<i>LUTRA LUTRA</i>) ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ (ПО ДАННЫМ мтДНК И МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ)	49
Суслов В. В. ПРЕДЕЛ АВТОНОМИЗАЦИИ: ШМАЛЬГАУЗЕН vs. ВАВИЛОВ	50
Сучков Д. Р. ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ КАК ФАКТОР АДАПТАЦИИ ПРИ ПЕРЕСЕЛЕНИИ В СЕВЕРНЫЕ РЕГИОНЫ	51
Тирронен К. Ф. ИЗМЕНЕНИЕ БИОМА – ТУНДРЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ, НА ПРИМЕРЕ ПЕСЦА (<i>VULPES LAGOPUS</i> L.) КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА	52
Толстогозов А. О. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГНЕЗДОВАНИЯ БОЛЬШОЙ СИНИЦЫ (<i>PARUS MAJOR</i>) И МУХОЛОВКИ-ПЕСТРУШКИ (<i>FICEDULA HYPOLEUCA</i>) В ЛЕСАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	53
Топчиева Л. В., Жулай Г. А., Курбатова И. В., Корнева В. А. ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РЕГУЛЯЦИИ Т-РЕГУЛЯТОРНЫХ ЛИМФОЦИТОВ ПРИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ	54
Фёдоров Ф. В. ВЛИЯНИЕ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СТРОИТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ БОБРОВ В КАРЕЛИИ	55

Фуфачев И. А., Соколова Н. А., Соколов А. А. ДИЕТА ПЕСЦА В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ В ПОЙМЕ РЕКИ САБЕТТАЯХА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ	56
Шапкин О. А., Марковец М. Ю., Шаповал А. П. ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА МИГРАЦИИ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA)	57
Щеховский Е. А. РАЗНООБРАЗИЕ РУКОКРЫЛЫХ НА ЗИМОВКАХ В ШТОЛЬНЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ	58
Якимова А. Е. НАСЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАРАСТАЮЩИХ БИОТОПОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА	59
Яковлева М. В. ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ГНЕЗД БЕЛОБРОВИКА	60
Направление 2. Экология, физиология и биохимия водных организмов.	
Механизмы их адаптаций к биотическим и абиотическим факторам среды	61
Аникиева Л. В., Лебедева Д. И., Бугмырин С. В. ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТАЦЕРКАРИЙ ТРЕМАТОДЫ <i>DIPLOSTOMUM</i> <i>PETROMYZIFLUVIATILIS</i> – ПАРАЗИТА МИНОГ (LAMPETRINAE, PETROMYZONTIDAE)	62
Высоцкая Р. У., Ильмаст Н. В., Мурзина С. А. ЛИЗОСОМАЛЬНЫЕ ФЕРМЕНТЫ В ОРГАНАХ ПЛОТВЫ <i>RUTILUS RUTILUS</i> L. ИЗ ВОДОЕМОВ С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ	63
Ермолаева Я. К., Масленникова М. А., Лавникова А. В., Бирицкая С. А., Бухаева Л. Б., Кульбачная Н. А., Голубец Д. И., Охолина А. И., Рэчилэ Д. Г., Саловаров К. В., Гулигуев А. Т., Рубан К. К., Кодатенко И. Д., Олимова А. Б., Карнаухов Д. Ю., Зилов Е. А. РЕАКЦИЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОСОБЕЙ АМФИПОД ВИДА <i>GMELINOIDES FASCIATUS</i> (STEBBING, 1899), ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ И НЕ ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ДЛИТЕЛЬНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	64
Иешко Е. П., Соколов С. Г., Ефремов Д. А., Горбач В. В., Аникиева Л. В., Париуков А. Н. ПАРАЗИТЫ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ <i>SALMO SALAR</i> L. И ПРЕСНОВОД- НАЯ ЖЕМЧУЖНИЦА <i>MARGARITIFERA MARGARITIFERA</i> L. РЕСУРСНЫХ И ОХРАНЯЕ- МЫХ ПОПУЛЯЦИЙ В РЕКАХ ВОДОСБОРА РЕКИ КЕМЬ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)	65
Ильмаст Н. В., Стерлигова О. П., Савосин Д. С., Милянчук Н. П. РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТРОДУКЦИИ КРУПНОЙ ФОРМЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ В ОЗ. ПЕРТОЗЕРО (БАС. ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА)	66
Карамушко Л. И., Карамушко О. В., Чаус С. А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОСТА, ЭНТРОПИЯ И АДАПТАЦИИ У ПОЛЯРНЫХ МОРСКИХ ВИДОВ РЫБ	67
Лавникова А. В., Карнаухов Д. Ю., Непокрытых А. В., Жданов И. А., Саловаров К. В., Гулигуев А. Т., Осадчий Б. В., Бирицкая С. А., Ермолаева Я. К., Масленникова М. А., Бухаева Л. Б., Голубец Д. И., Охолина А. И., Кульбачная Н. А., Миловидова И. В. РУЧЕЙНИКИ (TRICHOPTERA) ОЗЕРА БАЙКАЛ ВСТРАИВАЮТ ЧАСТИЦЫ МИКРОПЛАСТИКА В ДОМИКИ	68
Lebedeva D. I., Sukhovskaya I. V., Kochneva A. A., Zaitsev D. O. STUDY OF THE PARASITES OF BREAM <i>ABRAMIS BRAMA</i> L., 1758 IN SYAMOZERO LAKE (SOUTH KARELIA)	69

Петров С. А., Зайцева О. В. КАТЕХОЛАМИНЕРГИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ХОПЛОНЕМЕРТИН	70
Родин М. А., Кузнецова М. В., Шульгина Н. С., Курицын А. Е., Немова Н. Н. АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У СЕГОЛЕТОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (<i>ONCORHYNCHUS MYKISS</i> WALB.) ПРИ ВВЕДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЮ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА РФ	71
Родин М. А., Кузнецова М. В., Крупнова М. Ю., Курицын А. Е., Мурзина С. А., Немова Н. Н. БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ТЕМПОВ РОСТА У РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (<i>ONCORHYNCHUS MYKISS</i> WALB.) ПРИ КОРМЛЕНИИ ДВУМЯ ВИДАМИ КОММЕРЧЕСКИХ КОРМОВ	72
Смирнова Е. В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ ТРЁХ ВИДОВ РЫБ РОДА <i>LIPARIS</i> ИЗ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО	73
Смуров А. О., Хлебович В. В., Козминский Е. В., Плотников И. С. СООТНОШЕНИЕ РАПИЧЕСКОГО И ОСМОТИЧЕСКОГО В СОЛЕНОСТНОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ ЭВРИГАЛИННОГО ВИДА <i>PARAMESCIUM NEPHRIDIATUM</i>	74
Суховская И. В., Кочнева А. А., Лысенко Л. А., Канцорова Н. П., Васильева А. В., Милянчук Н. П., Лебедева Д. И. ВЛИЯНИЕ ЗАРАЖЕНИЯ <i>LIGULA INTESTINALIS</i> НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕЩА (<i>ABRAMIS BRAMA</i> L.)	75
Хрусталева А. М., Ревель-Муроз А. Ж. ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НЕРКИ <i>ONCORHYNCHUS NERKA</i> ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ И ЧУКОТКИ	76
Шульгина Н. С., Кузнецова М. В., Немова Н. Н. ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ – РЕГУЛЯТОРОВ МЫШЕЧНОГО РОСТА У СЕГОЛЕТОК АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (<i>SALMO SALAR</i> L.) ПРИ ВЛИЯНИИ РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ	77
Яковлева Е. Ю., Сивунова Д. Д. АДАПТАЦИИ МУХ-БЕРЕГОВУШЕК (DIPTERA: EPHYDRIDAE), ОБИТАЮЩИХ НА ЛИТОРАЛИ БЕЛОГО МОРЕЯ, К РАЗВИТИЮ В СОЛЕНОЙ ВОДЕ	78
Направление 3. Экология, физиология и биохимия растений. Механизмы их адаптаций к биотическим и абиотическим факторам среды	79
Анищенко Ю. Д., Анищенко О. В., Иванова Е. А. ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ МАКРОФИТОВ В ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ Р. ЕНИСЕЙ В ЧЕРТЕ г. КРАСНОЯРСКА	80
Батова Ю. В., Казнина Н. М., Холопцева Е. С. УЧАСТИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ И ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ К РАЗДЕЛЬНОМУ И СОВМЕСТНОМУ ДЕЙСТВИЮ ИЗБЫТКА ЦИНКА И НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ	81
Богданова Е. С., Розенцвиг О. А., Нестеров В. Н. АССИМИЛЯЦИОННЫЙ АППАРАТ ЗИМНЕЗЕЛЕННОГО ТРАВЯНИСТОГО РАСТЕНИЯ <i>GLOBULARIA PUNCTATA</i> LAPEYR	82

Венжик Ю. В., Дерябин А. Н., Жукова К. В., Нарайкина Н. В., Кочетков И. М., Успенская М. Г. НАНОЧАСТИЦЫ ЗОЛОТА: ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ	83
Ветчинникова Л. В., Титов А. Ф., Татарина Т. Д., Пономарев А. Г., Васильева И. В. ДИНАМИКА ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ФОСФОЛИПИДОВ И АКТИВНОСТЬ ДЕСАТУРАЗ В ПОЧКАХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ И ЯКУТИИ	84
Владимирова В. А., Морозова К. В. МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ <i>TRIFOLIUM REPENS</i> L. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	85
Габдрахманова В. Ф., Сорокань А. В., Бурханова Г. Ф., Максимов И. В. ИЗМЕНЕНИЕ ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ СИСТЕМЫ РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИИ <i>RHYTORHYNTHORA INFESTANS</i> ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> 26D <i>IN VIVO</i> И <i>IN VITRO</i>	86
Голубкина Н. А., Плотникова У. Д., Хлебосолова О. А., Кошеваров А. А. ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ КОРОК К УСЛОВИЯМ МОЩНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	87
Евсеева Д. А., Морозова К. В. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ <i>ANTHRISCUS</i> <i>SYLVESTRIS</i> (L.) NOFFM. В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	88
Ефимова Д. И., Торгашкова О. Н. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА <i>CAREX</i>	89
Заинчковская А. Н., Фомина Е. А., Зубкович А. А., Ярошевич А. В., Урбанович О. Ю. ГЕНЫ <i>Cor14b</i> , <i>Cbf14</i> , <i>Dhn5</i> ЭКСПРЕСИРУЮТСЯ В ГЕНОМЕ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЯРОВИЗАЦИИ	90
Зарецкая М. В., Федоренко О. М. ЦИРКАДНЫЕ РИТМЫ, КАК ОДИН ИЗ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ <i>ARABIDOPSIS THALIANA</i> В СЕВЕРНОЙ ПРИРОДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ	91
Игнатенко А. А., Игнатенко Р. В., Казнина Н. М. ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МЕРИСТЕМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК КОРНЯ ПРИ НЕДОСТАТКЕ ЦИНКА ИЛИ МЕДИ	92
Икконен Е. Н., Овчинникова С. В. ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ У ТАКСОНОВ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE КАК МЕХАНИЗМА АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ	93
Калугина О. В., Афанасьева Л. В. АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХВОИ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> И <i>LARIX</i> <i>SIBIRICA</i> ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭМИССИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА	94
Кочева Л. С., Шапошникова Л. М., Рачкова Н. Г., Карманов А. П. АДАПТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЛИГНИНА ОСИНЫ НА ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ	95
Кузмицкая П. В., Урбанович О. Ю. ИДЕНТИФИКАЦИЯ <i>IN SILICO</i> ГЕНОВ ЯБЛОНИ, КОДИРУЮЩИХ БРОМОДОМЕН- СОДЕРЖАЩИЕ БЕЛКИ	96

Лёвкин И. А., Шерудило Е. Г., Шибаета Т. Г. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ <i>NICOTIANA TABACUM</i> L. В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	97
Мамаев А. В., Шибаета Т. Г., Шерудило Е. Г., Титов А. Ф. О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ ФОТОПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНОМАЛЬНЫХ СВЕТО-ТЕМНОВЫХ ЦИКЛОВ	98
Манойлова Д. И., Воронин В. П., Полякова С. Л., Давидович Н. А., Репкина Н. С., Мурзина С. А. КОМПЕНСАТОРНЫЕ ВАРИАЦИИ ЛИПИДОВ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРΟΣЛИ <i>NAVICULA GREGARIA</i> В ОТВЕТ НА РАСПРЕСНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА	99
Миронов В. Л. ПОРОГОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ РОСТОВОГО ОТКЛИКА МХА <i>SPHAGNUM RIPARIUM</i> НА ТЕМПЕРАТУРУ	100
Нестеров В. Н., Розенцвет О. А., Богданова Е. С. ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ (NaCl) НА СОСТАВ ЛИПИДОВ РАФТОВ КЛЕТОЧНЫХ ОРГАНЕЛЛ ГАЛОФИТОВ	101
Нилова И. А., Игнатенко А. А., Холопцева Е. С., Казнина Н. М. ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН МЕТИЛЖАСМОНАТОМ НА РЕАКЦИЮ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ НА ИЗБЫТОК ЦИНКА	102
Орловская О. А., Милько Л. В., Дубовец Н. И., Казнина Н. М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИНИИ ПШЕНИЦЫ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ ДИКОЙ ПОЛБЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА И ПРОДУКТИВНОСТИ	103
Парфенова Е. И. О ПРИРОДЕ ОКРАСКИ МИКРОСТРОБИЛОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МЕСТООБИТАНИЙ	104
Платова Н. Г., Иноземцев К. О., Шуришаков В. А. ВЛИЯНИЕ ГОДОВОГО ЭКСПОНИРОВАНИЯ СЕМЯН САЛАТА <i>LACTUCA SATIVA</i> L. НА АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ВОСТОК НА РОСТОВЫЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ	105
Придача В. Б., Сазонова Т. А., Тарелкина Т. В., Неронова Я. А., Пеккоев А. Н., Семин Д. Е., Семенова Л. И., Туманик Н. В. АНАЛИЗ СОГЛАСОВАННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ КСИЛЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ CO ₂ /H ₂ O-ГАЗООБМЕНА ЛИСТА У НЕКОТОРЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ВИДОВ КАРЕЛИИ	106
Репкина Н. С., Казнина Н. М., Воронин В. П., Мурзина С. А. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СЕМЯН <i>BRASSICA JUNCEA</i> L. (Czern) И <i>SINAPIS ALBA</i> L., ВЫРАЩЕННЫХ НА СУБСТРАТЕ С ИЗБЫТКОМ ЦИНКА	107
Рыжик И. В., Добычина Е. О., Клиндух М. П. ЭНДОГЕННЫЕ РИТМЫ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЙ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЕА НА ПРИМЕРЕ <i>FUCUS VESICULOSUS</i>	108
Симагин А. Д., Симагина А. С., Захарова А. С., Вертикова Е. А. ЛЕН МАСЛИЧНЫЙ. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ РФ	109

Сорокань А. В., Габдрахманова В. Ф., Марданишин И. С., Максимов И. В. ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ <i>BACILLUS VELEZENSIS</i> M66 НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ ФИТОФТОРОЗА И АЛЬТЕРНАРИОЗА	110
Такашвили В. В., Торгашкова О. Н. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ КУРДЮМ	111
Таскина К. Б., Казнина Н. М. ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ ПРОРОСТКОВ <i>TRITICUM AESTIVUM</i> И <i>SORGHUM</i> × <i>DRUMMONDII</i>	112
Холопцева Е. С., Батова Ю. В., Казнина Н. М. ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА ЦИНКА НА РОСТ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ	113
Шерудило Е. Г., Рубаева А. А., Шибаета Т. Г. РОЛЬ ФЛАВОНОИДОВ В АДАПТАЦИИ АБОРИГЕННЫХ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РАСТЕНИЙ К КРУГЛОСУТОЧНОМУ ОСВЕЩЕНИЮ	114
Шибаета Т. Г., Рубаева А. А., Шерудило Е. Г., Титов А. Ф. О РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ НА КРУГЛОСУТОЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ СУБАРКТИКИ И В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ	115
Направление 4. Разнообразие и динамика экосистем. Рациональное природопользование на севере. Биотехнология	116
Абдульманова С. Ю., Орехов П. Т., Крашенинникова О. В., Бельдиман Л. Н., Терёхина А. Н., Волковицкий А. И. СООТНОШЕНИЕ ЛАНДШАФТОВ И РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЛЕТНЕ-ОСЕННИХ ПАСТБИЩАХ ДОМАШНЕГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ В ЮЖНЫХ ТУНДРАХ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ	117
Алексеев И. Т., Ефремова А. В., Однокурцев В. А. ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА НАСЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ЛЕНЫ	118
Барышев И. А. ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МАЛОГО ВОДОТОКА НА НАПРАВЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ МАКРОЗООБЕНТОСА ПРИ НАРУШЕНИЯХ РУСЛА ДОРОЖНЫМИ РАБОТАМИ	119
Беспятова Л. А., Бугмырин С. В. КЛЕЩ <i>IXODES (EXOPALPIGER) TRIANGULICEPS VIRULA</i> , 1895 – РЕЗЕРВУАРНЫЙ ХОЗЯИН ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ	120
Бижанова Н. Э., Олейников А. Ю., Кантарбаев С. С. ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРИОФАУНЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ИРТЫШ	121
Горбунова А. М. СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЛЕТНИХ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ В ЮЖНЫХ СУБАРКТИЧЕСКИХ ТУНДРАХ ЯМАЛА	122
Денисенко С. Г. БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЗООБЕНТОСА КАРАСКОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАЛОВЫХ РАБОТ В 30-е ГОДЫ ПРОШЛОГО СТОЛЕТИЯ	123

Дубровина И. А., Мошкина Е. В. ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ	124
Жамсаранова С. Д., Ширеторова В. Г., Эрдынеева С. А., Лебедева С. Н. ОЦЕНКА АДАПТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ <i>PINUS PUMILA</i> , ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В БУРЯТИИ	125
Злобин Д. П., Лябзина С. Н. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА НАСТОЯЩИЕ ТЛИ (<i>ARNIDIDAE</i>) В ПАРКАХ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА	126
Знаменский С. Р. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ВИДОВ ФОРМИРОВАНИЯ АЛЬФА- И БЕТА- РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ ЛУГОВ СРЕДНЕТАЁЖНОЙ КАРЕЛИИ	127
Калинкина Д. С., Матвеева Е. М., Суцук А. А. СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В ПОДКРОНОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЕСТЕСТВЕННО-ПРОИЗРАСТАЮЩИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЛИСТВЕННИЦ <i>LARIX SP</i> ...	128
Канцерова Л. В. ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА И РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПРИДОРОЖНЫХ ПОДТОПЛЕННЫХ УЧАСТКАХ КАРЕЛИИ	129
Карлов Д. С., Кузнецова И. Г., Гуро П. В., Сазанова А. Л., Алехина И. А., Поспелов И. Н., Поспелова Е. Б., Белимов А. А., Сафронова В. И. ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ	130
Кирияков А. А., Соколова Н. А., Фуфачев И. А., Соколов А. А. БИОРАЗНООБРАЗИЕ В АРКТИЧЕСКОЙ ТУНДРЕ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД	131
Козминский Е. В. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОПУЛЯЦИИ БЕЛОМОРСКИХ МОЛЛЮСКОВ <i>LITTORINA SAXATILIS</i> (OLIVI, 1792)	132
Королев А. Н. ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕТОВ ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КОЙГОРОДСКИЙ» (РЕСПУБЛИКА КОМИ)	133
Кочерова Н. А., Айбулатов С. В., Халин А. В., Беспятова Л. А., Бугмырин С. В. ВИДОВОЙ СОСТАВ И ФЕНОЛОГИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (<i>DIPTERA</i> , <i>CULICIDAE</i>) ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	134
Кутенков С. А., Филимонова Л. В., Головина Е. О. ВЛИЯНИЕ ПОДНЯТИЯ СУШИ И КОЛОНИЙ МОРСКИХ ПТИЦ НА РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ АЙНОВЫХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ	135
Литвинчук Л. Ф. МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА СЕВЕРНОГО ОЗЕРА КРИВОЕ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)	136
Охлопкова Ж. М., Кучарова Е. В., Антонова Е. Е., Егоров Ю. А., Охлопкова Т. М., Протопопова А. Е., Заболоцкая А. П., Егорова П. С., Разгонова М. П. КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ	137

<i>Потапов Г. С.</i> РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ КРИПТИЧЕСКИХ ВИДОВ <i>BOMBUS LUCORUM</i> - COMPLEX (HYMENOPTERA: APIDAE) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ	138
<i>Рубаева А. А., Шибаева Т. Г., Шерудило Е. Г., Шмакова Н. Ю.</i> ОБ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДЛИННОГО ПОЛЯРНОГО ДНЯ НА АБОРИГЕННЫЕ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫЕ РАСТЕНИЯ СУБАРКТИКИ	139
<i>Соколова Н. А., Соколов А. А., Фуфачев И. А., Покровская О. Б., Терёхина А. Н., Волковицкий А. И., Киряков А. А.</i> ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЗНЫХ ПОДЗОНАХ ТУНДРЫ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ	140
<i>Стрючкова А. В., Кузнецова Н. А.</i> У ЭВРИБИОНТНЫХ ВИДОВ КОЛЛЕМБОЛ ЕСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, АДАПТИРОВАННЫЕ К НАРУШЕННЫМ УСЛОВИЯМ	141
<i>Терёхина А. Н., Волковицкий А. И., Абдульманова С. Ю., Орехов П. Т., Филиппова В. Г., Шкляр К. О., Соколова Н. А., Соколов А. А.</i> «ТУНДРА ГЛАЗАМИ ОЛЕНЯ»: ОПЫТ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЛЮДИ–ОЛЕНИ–ПАСТБИЩА–КЛИМАТ	142
<i>Футоран П. А., Петруненко Ю. К.</i> ПОВЕДЕНИЕ БУРОГО МЕДВЕДЯ В ПОСТБЕРЛОЖНЫЙ ПЕРИОД НА ПОБЕРЕЖЬЕ ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА	143
<i>Холодилов И. С., Белова О. А., Романова Л. Ю., Беспятова Л. А., Кузнецова А. С., Литов А. Г., Калянова А. С., Гмыль Л. В., Полиенко А. Е., Яковлев А. С., Бугмырин С. В., Карганова Г. Г.</i> ПРИРОДНООЧАГОВЫЕ ИНФЕКЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМЫЕ ИКСОДОВЫМИ КЛЕЩАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ	144
<i>Яковлева Г. А.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЗАРАЖЕННОСТЬ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ ТРЕМАТОДОЙ <i>BILHARZIELLA POLONICA</i> (СЕМ. SCHISTOSOMATIDAE) ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ	145
<i>Янченко Т. И., Тирронен К. Ф.</i> АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАЙЦА-БЕЛЯКА (<i>LEPUS</i> <i>TIMIDUS</i> L.) В КАРЕЛИИ	146
АВТОРСКИЙ ИНДЕКС	147



ТЕЗИСЫ

ПЛЕНАРНЫХ ДОКЛАДОВ

АДАПТАЦИИ ТАЕЖНЫХ ВИДОВ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ К УСЛОВИЯМ СУЩЕСТВОВАНИЯ В ВЫСОКИХ ШИРОТАХ: ПОПУЛЯЦИИ И СООБЩЕСТВА

Я. Л. Вольперт^{1,2}, Е. Г. Шадрина¹

¹ Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН,
ФИЦ «Якутский научный центр СО РАН», г. Якутск, Россия

² Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера им. проф. Д. Д. Саввинова
Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия,
e-mail: ylv52@mail.ru

Изучение широко распространенных видов на краю их ареала, вне географических преград, позволяет дать объективную оценку широте экологической валентности животных, что в свою очередь позволяет строить обоснованные прогнозы, возможной трансформации населения млекопитающих, на фоне изменяющегося климата и в случае техногенного преобразования значительных территорий природных ландшафтов. Указанные процессы являются наиболее ожидаемыми и опасными вызовами нашего времени и достоверность прогнозов приобретает все большее практическое значение.

Мелкие млекопитающие изучались на территории Якутии от южной границы средне-таежной подзоны до лесотундры в 1979–2017 гг., за указанный период отработано 4000 конусо-суток, 60000 давилко-суток.

Широкое распространение видов от южной тайги до лесотундры обеспечивается адаптационными механизмами на разных уровнях организации живой материи. Как широко известно, популяции таежных видов мелких млекопитающих, обитающие в северной тайге и лесотундре, характеризуются наличием ряда адаптаций к условиям обитания, максимально приближенных к экстремальным. На популяционном уровне необходимо отметить следующие моменты. Это, в первую очередь, интенсификация размножения за счет повышения плодовитости, активного подключения прибылых, и увеличения периода репродукции за счет весеннего подснежного размножения, интенсивность которого, по-видимому, зависит от фазы численности. Кроме того, у мышевидных грызунов наблюдается переход на питание широкодоступными кормами, даже в случае их меньшей калорийности; рационы бурозубок также расширяются, но кардинальных изменений характера питания не происходит (Вольперт, Шадрина, 2002).

Суммарная средняя численность мелких млекопитающих в высоких широтах по нашим данным примерно соответствует уровню средней тайги, а по некоторым источникам может быть даже выше (Шварц, 1963), при этом в лесотундре продуктивность растительности почти в два раза ниже, чем в средней тайге (Базилевич, 1993). Указанный феномен объясняется, на наш взгляд, особенностями популяций и сообществ на пределе своего распространения.

Сообщества мелких млекопитающих высоких широт лесной зоны характеризуются: 1) обедненностью видового состава по сравнению с ландшафтами южной тайги; 2) стремлением к монодоминантной структуре, которое усиливается по мере продвижения на Север; 3) периодической сменой доминантов, благодаря которой, несмотря на монодоминантность, северные сообщества весьма динамичны, что обеспечивает сосуществование целого ряда видов с близкими требованиями к экологической нише (Вольперт, Шадрина, 2023). Более того, два последних явления периодически обеспечивают высокую численность широкого круга видов.

Таким образом, сообщества и популяции таежных видов мелких млекопитающих северотаежных ландшафтов приобретают адаптации к обитанию на пределе распространения, позволяющие успешно сосуществовать и достигать высокой биологической продуктивности в условиях жесткого пресса абиотических факторов и дефицита ресурсов.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ГАЛОФИТОВ: СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ, ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ, РЕГУЛЯЦИИ

О. А. Розенцвет

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия,
e-mail: olgarozen55@mail.ru

Засоление почв, как результат естественных процессов и/или антропогенного воздействия на природную среду, является экономической и экологической проблемой многих стран мира. Высокие концентрации солей в почве создают особые экологические условия, существовать в которых может небольшая, но важная в эволюционном плане группа растений-галофитов. Характерной особенностью галофитов является высокая таксономическая, экологическая, фенотипическая неоднородность, основанная на разнообразии механизмов адаптации к специфическим почвенно-климатическим условиям. Среди галофитов встречаются представители разных таксонов и жизненных форм, реализующих разный тип фотосинтеза (растения с С₃, С₄, САМ- метаболизмом или промежуточным типом – С₃/С₄) и разный тип регуляции солевого обмена (эугалофиты, криногалофиты, гликогалофиты). Поливариантная дифференциация галофитов свидетельствует о многообразии экологических стратегий выживания, реализуемых на разных уровнях организации. Многие виды галофитов представляют большой интерес для пищевой и топливной промышленности, медицины, кормопроизводства и для восстановления маргинальных территорий. Исследование механизмов адаптации галофитов к засолению важно для решения многих современных экономических проблем.

В настоящем докладе обобщены сведения о разнообразии стратегий выживания галофитов и роли физиологических и биохимических адаптаций в формировании экологических стратегий по отношению к типу фотосинтеза, жизненной форме и накоплению солей в надземной части. Для этого на основании многолетних собственных исследований будут рассмотрены особенности структурных параметров на уровне целого листа, мезофилла, фотосинтетических клеток и хлоропластов, компонентов мембран клетки различных видов галофитов. Кроме того, будут обобщены данные о ключевых физиолого-биохимических параметрах разных видов и экологических групп галофитов, характеризующих интегральные физиологические функции: фотосинтез, минеральное питание, водный обмен, состояние мембранных систем, эффективность защитных антиоксидантных систем. Особое внимание будет уделено роли липидов как структурной основы мембран в регуляции физиологических процессов и взаимосвязи структурных и функциональных параметров галофитов разных экологических стратегий выживания.

ГЕМОГЛОБИН И ЕГО РОЛЬ В АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

А. Ф. Топунов, О. В. Космачевская, О. Е. Багрова

Институт биохимии им. А. Н. Баха, Федеральный исследовательский центр
«Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, г. Москва, Россия,
e-mail: aftopunov@yandex.ru

Гемоглобин (Hb) – один из самых распространенных белков в живой природе. Он обнаружен у представителей всех царств, и был одним из белков, использованных для разработки концепции «молекулярных часов». Он является молекулярным «свидетелем» как изменения условий жизни живых организмов, так и глобальных изменений в биосфере.

Какие же характеристики внешней среды могут влиять на Hb, а через него и на весь организм? Во-первых, состав атмосферы, как глобальный, так и локальный. Температура, а для водных организмов – кислотность и состав воды. При антропогенном воздействии – выбросы в атмосферу и в воду, применение химикатов, лекарств и других ксенобиотиков.

Глобальные изменения в биосфере приводили к изменению даже основной функции Hb. Наиболее известная его функция – связывание кислорода, однако первой и «всеобщей» было связывание NO, а для многих прокариотических и некоторых эукариотических Hb она и сейчас основная. Это относится, например, к нейроглобину, имеющемуся и у человека. Смена функции Hb на «кислородную» произошла во время «кислородной катастрофы» – резкого повышения концентрации O₂ в атмосфере. Этот процесс завершился около 1 млрд лет назад и при этом изменились как функции Hb, так и его сродство к кислороду. Примером является легоглобин (Lb) – симбиотический Hb клубеньков бобовых, сродство которого к O₂ на 2 порядка выше, чем у Hb эритроцитов, поскольку концентрация кислорода в центральной зоне клубенька, где функционирует Lb, такая же, какая была в атмосфере Земли более 1 млрд лет назад. И позже изменения в биосфере, например, выход животных на сушу, приводили к появлению новых Hb с измененными свойствами. Эти Hb сохранились у современных животных как память о важнейших этапах эволюции.

Подобные события происходили и при эволюции человека. Ген EPAS1 кодирует транскрипционный фактор, включающийся при недостатке кислорода. Он регулирует давление в сосудах, развитие и работу сердечной мышцы. У тибетцев, испытывающих недостаток O₂, работают специфические аллели EPAS1, обеспечивающие усиленный синтез Hb, то есть увеличенная частота этого аллеля – адаптация к высокогорным условиям. Эта вставка в геном *Homo sapiens* присутствовала у вымершего денисовского человека. Тибетцы сохранили наследие денисовцев, в том числе аллель устойчивости к дефициту O₂.

Важны и эндогенные факторы, когда условия внутри организма становятся внешними для эритроцитов (RBC) и Hb. Так, большие нагрузки влияют на микрогемоциркуляцию, недостаточное кровоснабжение ведет к гипоксии и дистрофии тканей, особенно страдает сердечно-сосудистая система. Движение крови в микрососудах зависит от состояния и RBC, и сосудистого русла. Адсорбция белков на поверхности влияет на вязко-эластические свойства мембран и на деформируемость RBC. Дополнительным показателем состояния RBC может быть содержание мембраносвязанного Hb (MBHb). Из-за связывания Hb с мембраной изменяется связывание O₂, производство АТФ и редокс-состояние RBC. Имеется прямая связь между долей MBHb и многими патологиями, и мы предлагаем ввести его в диагностическую практику. Микроциркуляцию можно регулировать, влияя и на сосуды, и на RBC, и это – задача фармакологии. Есть и другие вопросы, например, восстановление дыхательной функции у больных с ингаляционными травмами. Нужно ли подавать в организм O₂ при большой кровопотере? Будет ли он усваиваться, если в организме просто не хватает Hb? Непонятно явление накопления гипоксии, когда у респираторного больного после улучшения неожиданно ослабевает функция крови и наступает резкое ухудшение, вплоть до летального исхода. Все это требует новых исследований.

АДАПТАЦИИ ЖИВОТНЫХ К ГОРОДУ. КАК ГРЫЗУНЫ АДАПТИРУЮТСЯ К ПАРАЗИТАРНОЙ НАГРУЗКЕ В УРБОЦЕНОЗАХ

Н. Ю. Феоктистова, Т. Н. Карманова, С. И. Мещерский, Е. А. Кацман, А. В. Суров

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: feoktistovanyu@gmail.com

Одно из важнейших направлений городской экологии – выявление механизмов синурбанизации (адаптации дикоживущих видов к городской среде) и оценка благополучия городских популяций. В городской среде проявляются специфические особенности абиотических (температурный режим, влажность, химическое, шумовое, световое загрязнение и т. д.) и биотических факторов. Среди последних – синбиотопичное обитание автохтонных и инвазивных видов, формирующих новые, ранее не существовавшие сообщества с повышенной плотностью населения, нехарактерной кормовой базой и пр. Как следствие, в городе возникают новые паразитарно-хозяйные отношения и повышается паразитарная нагрузка. При этом в городе вид может сталкиваться с патогенами и паразитами не характерными для естественных биотопов. Оценить степень паразитарной нагрузки можно, например, по аллельному разнообразию определённых генов главного комплекса гистосовместимости (major histocompatibility complex – МНС), которые играют ключевую роль в иммунной защите организма, в том числе в обеспечении ответа на патогенную нагрузку. Объектом нашего исследования стала популяция обыкновенного хомяка, обитающая в г. Симферополе и полевой мыши (*Apodemus agrarius*) в г. Москве. Определяли аллельное разнообразие экзона 2 гена DRB, входящего в состав МНС класса II. Цель работы состояла в оценке влияния условий обитания в урбоценозе на особенности иммунной системы каждого вида.

У обыкновенного хомяка проводили сравнение разнообразия аллелей МНС городской и сельской популяции, у полевой мыши – в нескольких парках г. Москвы, расположенных на разном удалении от центра. Для хомяков, обитающих в городе, в отличие от сельской популяции, отмечено большее количество аллелей, более высокие значения показателей гаплотипического и нуклеотидного разнообразия, значительное превышение числа несинонимичных замен над синонимичными. Однако, в условиях города влияние положительного отбора на разнообразие вариантов антигенсвязывающих участков в аллелях гена DRB выражено значительно сильнее. Таким образом, устойчивость обыкновенных хомяков в специфичных и разнообразных условиях городской среды к различным патогенам выше, чем в сельских популяциях.

Разнообразие аллелей гена DRB, соответствующих им белков и уникальных аллелей полевой мыши было наибольшим в наименее урбанизированной и связанной зелёными коридорами с загородными популяциями территории (Битцевский лесопарк). Подобная картина может косвенно свидетельствовать о максимальной паразитарной нагрузке на этой территории. Однако влияние положительного отбора на разнообразие вариантов аллелей гена DRB максимально выражено в популяции полевой мыши, обитающей на территории максимально урбанизированного парка города – Нескучного сада. В целом, наши результаты подчеркивают сложные пространственные и временные паттерны ассоциаций МНС-паразит, последний из которых соответствует принципу Красной Королевы (коэволюционная динамика). В докладе обсуждаются аналогичные работы, выполненные на других видах млекопитающих.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РНФ 24-24-20023.

ТЕЗИСЫ лекций

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ПАЛЕОАРХИВОВ И ФИЛОГЕОГРАФИИ СОВРЕМЕННЫХ ЖИВОТНЫХ КАК ИСТОЧНИК ИНФОРМАЦИИ ОБ ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ЭКОСИСТЕМ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ РОССИИ

А. В. Бородин

Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия, e-mail: bor@ipae.uran.ru

Синтез неонтологических и палеонтологических подходов к изучению биоразнообразия позволяет выявить этапы и пути формирования фауны Крайнего Севера, что необходимо для формирования адекватной оценки степени устойчивости современных экосистем, возможных сценариев их трансформаций в ответ на изменения физико-географических условий.

Актуальность подобного анализа усугубляется прогрессирующим антропогенным прессом и неоднозначной риторикой о причинах и последствиях наблюдаемых климатических изменений. Поскольку «специфический для палеонтологии ископаемый материал представляет собой геологическую, а не биологическую реальность» (Раутиан, 2006), рассмотрены подходы для интерпретации изменчивости морфологических характеристик фоссилей (Borodin, Markova, 2015; Маркова et al., 2019; 2020; и др.), видового состава и структуры фаун, проведения межрегиональных корреляций (Borodin et al., 2013; Бородин и др., 2019), экологических реконструкций (Маркова и др., 2022; Borodin et al., 2022; 2023). Если растительные сообщества, соответствующие по видовому составу и структуре тундровому и лесотундровому биомам, существовали уже в раннем плейстоцене (Vislobokova, Tesakov, 2019), то прямые аналоги наземных плейстоценовых фаун фаунам современных биомов невозможны прежде всего потому, что вплоть до плейстоцен-голоценового кризиса мегафауна в них была представлена в основном видами либо вымершими, либо сократившими ареал. Анализ палеоархивов показал, что на всех этапах четвертичного периода помимо широтного градиента климатических условий на видовой состав фаун влияли и региональные физико-географические условия, что отражается и в видовом составе фауны северных районов Европы, Западной, Средней и Восточной Сибири, Чукотки. Эволюция таксонов, которые в настоящее время ассоциируются с современными тундрами и лесотундрами, на протяжении четвертичного периода шла, в том числе, на территориях находящихся существенно южнее ареалов терминальных видов. Изменение ареалов было обусловлено изменениями физико-географических, связанными (кроме глобальных климатических трендов) с трансгрессиями/регрессиями морских бассейнов, выраженностью покровных оледенений, подпрудными приледниковыми озерами. Эти процессы влияли и на формирование региональных фаунистических комплексов, и на морфологическую изменчивость видов, и дифференциацию в пределах отдельных филетических линий. Основным недостатком (кроме неполноты палеонтологической летописи) до недавнего времени являлась невозможность установления прямой генетической преемственности выделяемых этапов (Татаринов, 1985). Развитие методов молекулярной генетики и появление филогеографии (Avise et al., 1987) позволяющей интерпретировать генетическое разнообразие и дифференциацию генеалогических линий, в том числе и с позиций геологической истории, а также палеогеномики, позволяющей изучать древнюю ДНК, в значительной мере сглаживает грань между палеонтологическим и неонтологическим материалом. На модельных видах грызунов (Крохалева и др., 2022; Baca et al., 2023; Pilevich et al., 2023; Yalkovskaya et al., 2024; и др.), рыб (Политыко, Сибиряков, 2015; Yalkovskaya et al., 2020; 2021; 2023; и др.), насекомых (Амерханова, Сибиряков 2017), представленных в современной фауне Крайнего Севера, но относящихся к разным биографическим группам (Borodin et al., 2012), сопоставлены данные по палеонтологической летописи отдельных филетических линий и филогеографической интерпретации генетического разнообразия современных видов. Показано, что время и пути освоения отдельными таксонами высоких широт существенно различается. На региональных уровнях необходима детализация информация о генетическом разнообразии таксонов и палеонтологической летописи.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-14-00332.

ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ОТБОР АКАДЕМИКА Д. К. БЕЛЯЕВА КАК АНТИТЕЗА К СТАБИЛИЗИРУЮЩЕМУ ОТБОРУ И. И. ШМАЛЬГАУЗЕНА

О. В. Трапезов

Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, Россия;
Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: trapezov@bionet.nsc.ru

Фундаментальная догма синтетической теории эволюции постулирует, что отбор и изменчивость действуют в эволюционном процессе независимо и творческая роль отбора состоит только в использовании изменчивости, возникающей независимо от него (Fisher, 1930; Dobzhansky, 1937; Mayr, 1942; Huxley, 1942; Falconer, 1960; Wright, 1968; Шмальгаузен, 1946, 1949, 1968).

Д. К. Беляев подвергал сомнению этот основной постулат и указывал на то, что творческая роль отбора и его взаимоотношения с изменчивостью должным образом не проанализированы. Он изначально допускал, что отбор может быть также комплементарен изменчивости и может выступать в качестве соучастника в ее создании» (Trut, 1999; Трут, 2006). Беляев объяснял, что если под давлением отбора попадает генетическая компонента, контролирующая поведение, тесно связанная с ключевыми регуляторными локусами, осуществляющими интеграцию развития как целого процесса, то такой отбор способен создавать возникновение генетических изменений не только в направлении своего действия, но и в других направлениях. Д. К. Беляев считал, что геном может действовать в этих условиях как особенная реактивная система, способная продуцировать изменчивость (Belyaev, 1969).

В результате многолетнего эксперимента по отбору по оборонительной реакции на человека серебристо-черных лисиц Д. К. Беляев пришел к заключению, что существует особая разновидность отбора, который не только не сопровождается уменьшением диапазона популяционной изменчивости, но, напротив, приводит к ее увеличению. Результаты этой работы позволили объяснить многие до этого непонятные аспекты эволюционного процесса, они привели Д. К. Беляева к идее *дестабилизирующего отбора*, как антитезы отбора стабилизирующего (Belyaev, 1969, 1979; Беляев, 1979). Существо концепции заключается в том, что движущий отбор, направленный на признаки, изменчивость которых в сильной степени сопряжена с изменчивостью функционального состояния регуляторных систем онтогенеза, обладает дестабилизирующей функцией.

Д. К. Беляев проявлял большой интерес к формообразовательным последствиям дестабилизирующего отбора у животных разного уровня организации. Поэтому после серебристо-черных лисиц (*Vulpes vulpes*) также в многолетнем эксперименте изучаются эффекты дестабилизирующего отбора на представителе другого семейства (Mustelidae) – американской норке (*Neogale vison*) (Трапезов, Беляев, 1986; Трапезов и др., 1985, 1986, 2008, 2009; Трапезов, 1987, 1991; Войтенко и др., 1992; Попова и др., 1994, 1996; Trapezov, 1997, 1998; Войтенко, Трапезов, 1999, 2001; Trapezov et al., 1997, 2004; Трапезов, 1997, 2007, 2008, 2009; Харламова, Трапезов, 1999; Харламова и др., 1999; Прасолова, Трапезов, 2007).

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕНОТИПОВ ПРИОННОГО БЕЛКА С РАЗЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К БОЛЕЗНИ ХРОНИЧЕСКОГО ИЗНУРЕНИЯ (CHRONIC WASTING DISEASE, CWD) У СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ (*RANGIFER TARANDUS*) РАЗНЫХ ФОРМ, ПОПУЛЯЦИЙ И ЭКОТИПОВ

М. В. Холодова

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: mvkholod@mail.ru

Болезнь хронического изнурения (CWD) – смертельно опасное прионное заболевание оленей, ранее отмечавшаяся только среди копытных Северной Америки, с 2016 г. была выявлена у северных оленей, лосей и благородных оленей Финноскандии. Потенциальная устойчивость/предрасположенность животных к CWD в значительной степени определяется структурой прионного белка PrP. Мы проанализировали состав аллелей гена прионного белка *Prnp* (771 п.н), ассоциированных с различной устойчивостью к CWD, у северных оленей 6 стад одомашненной (n=167) ненецкой, эвенской и тофаларской пород, а также 10 популяций (группировок) дикой формы (ДСО) (n=203) из разных регионов России. Всего в гене *Prnp* было выявлено шесть однонуклеотидных полиморфизмов, соответствующих заменам аминокислот в шести кодонах прионного белка (PrP). Основное внимание уделялось мутациям, приводящим к замене аминокислот в кодонах 138, 176 и 225PrP, для которых показана связь с различной восприимчивостью к CWD. Обнаружены существенные различия между оленями домашней и дикой формы. Доли аллелей с аспарагином (N) в кодоне 138 и аспарагиновой кислотой (D) в кодоне 176, ассоциированных с повышенной устойчивостью к CWD, у домашних оленей были существенно выше, чем у диких (21 % vs 11,3 % и 17, 7 % vs 6,7 %, соответственно). В то же время доля устойчивых к CWD аллелей с тирозином (Y) в кодоне 225 была вдвое выше у ДСО (12 % vs 6 %). В целом домашние северные олени обладали более высокой резистентностью к CWD по сравнению с исследованными популяциями ДСО. Группировки ДСО существенно различались по генотипам *Prnp*. Наибольшие отличия по мутациям, ассоциированным с повышенной устойчивостью к CWD, выявлены в Красноярской популяции лесного и Сундурунской тундрового экотипа. Обе эти популяции ДСО наиболее изолированы от других группировок ДСО. Красноярская, обитающая в районах рек Подкаменной и Нижней Тунгуски и не имеющая близких контактов с оленями тундрового экотипа, может считаться наиболее «чистой» популяцией ДСО лесного экотипа. В ней отмечена наиболее высокая доля аллелей 225Y (37,5 %), и сравнительно высокая встречаемость аллелей 176D в белке PrP. Последнее также характерно и для центрально-якутской популяции ДСО лесного экотипа, а также для островных новоземельских северных оленей. Сундурунская популяция, изолированная от других ДСО Восточной Сибири Верхоянской горной страной, отличалась самой высокой среди ДСО долей аллелей PrP 138N (18,8 %). Несмотря на выявленные различия, во всех исследованных популяциях дикого и домашнего северного оленя преобладали аллели гена *Prnp*, ассоциированные с повышенной восприимчивостью к CWD. Поэтому при появлении источников заражения риск быстрого распространения CWD в стадах северного оленя России чрезвычайно высок.

Работа поддержана грантом РФФИ № 20-04-00970.

ТЕЗИСЫ

СЕКЦИОННЫХ ДОКЛАДОВ

НАПРАВЛЕНИЕ 1

**Экология, физиология и биохимия
наземных животных и человека.
Механизмы их адаптаций к биотическим
и абиотическим факторам среды**

УЧАСТИЕ МЕЛАТОНИНА В ФОТОПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ У СИРИЙСКОГО ХОМЯКА (*MESOCRICETUS AURATUS*)

Е. П. Антонова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: antonova88er@mail.ru

Воздействие света на млекопитающих в ночное время рассматривается как один из ведущих экологических факторов, приводящих к нарушению гомеостаза и ускоренному развитию ряда ассоциированных с возрастом заболеваний. Негативное влияние естественного или искусственного освещения ночью связано с ингибирующим действием на уровень пинеального гормона мелатонина в крови.

Целью настоящего исследования было изучение влияния фотопериодических условий Северо-Запада России в сочетании с экзогенным мелатонином на физиолого-биохимические параметры у самок сирийского хомяка (*Mesocricetus auratus*). Животные были рандомизированно разделены на 2 группы: контроль (LD, 12 ч свет:12 ч темнота) и опыт (NL, снижение продолжительности световой фазы дня с 19:36 до 12 ч характерное для Республики Карелия в период с 25.06 до 25.09). Каждая группа была поделена на 2 подгруппы: хомяки 1-й подгруппы получали питьевую воду без мелатонина (LD, NL), 2-й – на ночь мелатонин (100 мкг/животное) (LD+mel, NL+mel). Исследовали динамику массы тела и кормо- и водопотребления, активность пищеварительных ферментов, биохимические показатели крови, а также активность антиоксидантных ферментов, содержание восстановленного глутатиона и уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) в различных отделах желудочно-кишечного тракта.

Содержание животных в NL приводило к увеличению потребления корма и воды, уровней общего холестерина и мочевины, активностей аминотрансфераз и амилазы в крови, а также протеаз в органах по сравнению с контрольными животными (LD). Полученные результаты свидетельствуют о более высоком уровне ПОЛ в тканях органов пищеварительной системы в NL по сравнению с LD. Установлено, что воздействие мелатонина на параметры зависело от светового режима и пола животных. Введение гормона в NL усиливало эффект светового режима, способствуя увеличению массы тела и росту значений ряда биохимических показателей сыворотки крови относительно LD. У животных в NL+mel обнаружено снижение уровней глюкозы и мочевины в крови до контрольных значений. Применение мелатонина в NL+mel режиме восстанавливало ритм возрастных изменений активности амилазы – обнаружено снижение активности фермента в крови и ее увеличение в органах до контрольных значений. Введение экзогенного мелатонина (NL+mel) уже в первый месяц эксперимента вызвало снижение активности липазы и протеаз в поджелудочной железе по сравнению с NL. Показано, что экзогенный мелатонин способствовал снижению уровня ПОЛ и изменению активности СОД и каталазы в световых условиях Севера. Применение гормона в LD оказало негативный эффект на самок, вызывая интенсификацию обмена веществ и, как следствие, значительное снижение массы тела. Таким образом, введение этого гормона на фоне нормального уровня его синтеза вызвало значительную интенсификацию обменных процессов у самок сирийского хомяка, что в совокупности с низким потреблением корма может повлечь за собой ряд негативных последствий для организма.

Полученные в ходе исследования результаты способствуют расширению научных знаний о стратегиях приспособлений к специфическим фотопериодическим условиям Севера, а также пониманию механизмов предотвращения их патологических последствий.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0003).

АКТИВАЦИЯ ЭКТОНУКЛЕОТИДАЗ CD39 И CD73 В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ БОЛЬНЫХ ЯЗВЕННЫМ КОЛИТОМ

Д. А. Аторин¹, Г. А. Жулай¹, Л. В. Топчиева¹, И. В. Курбатова¹, О. П. Дуданова²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: atorin98@mail.ru

² ПетрГУ, г. Петрозаводск, Россия

Язвенный колит (ЯК) – хроническое заболевание толстой кишки неизвестной этиологии, характеризующееся воспалением ее слизистой оболочки. В настоящее время в Республике Карелия регистрируется увеличение заболеваемости ЯК. В основе заболевания лежит изменение врожденного иммунного ответа, аутофагия, нарушение механизмов распознавания микроорганизмов, нарушение эпителиального барьера и, как результат, искажение адаптивного иммунитета, приводящее к чрезмерной активации различных субпопуляций Т-лимфоцитов (CD3⁺ Т-клеток) в слизистой оболочке кишечника и периферической крови больных ЯК. Известна противовоспалительная роль внеклеточного аденозина, сигнальный путь которого может стать перспективной мишенью в иммунотерапии. Содержание внеклеточного аденозина регулируется активностью ферментов эктонуклеотидаз CD39 (ген *ENTPDI*) и CD73 (ген *NT5E*). Однако сведения о том, как меняется уровень экспрессии эктонуклеотидаз в периферической крови при ЯК, противоречивые.

Цель исследования – оценить содержание CD3⁺ Т-клеток, несущих на своей поверхности CD39 и CD73, и уровень экспрессии генов *ENTPDI* и *NT5E* в периферической крови у больных ЯК.

Материалы и методы. В исследование включены условно здоровые люди (n=22) и пациенты с диагнозом ЯК на базисной противовоспалительной терапии (n=17). Диагноз ЯК устанавливали общепринятыми методами диагностики с учетом комплекса клинических данных и результатов лабораторных, эндоскопических и гистологических исследований. Критерии включения в группы условно здоровых людей: отсутствие хронических аутоиммунных заболеваний и перенесенных в последние два месяца инфекционных заболеваний. Использовали периферическую кровь, взятую натощак. Тотальную РНК из лейкоцитов периферической крови выделяли фенол-хлороформным методом. Уровень транскриптов генов *ENTPDI* и *NT5E* изучали методом ПЦР в режиме реального времени на приборе LightCycler (Roche, Германия). Содержание CD3⁺CD4⁺, CD3⁺CD8⁺ и Treg-клеток, экспрессирующих эктонуклеотидазы, оценивали методом многоцветной проточной цитометрии на приборе Cytomics FC500 (Beckman Coulter, США). Статистическая обработка данных выполнена в пакете GraphPadPrism (version 7.0). Значимость различий средних величин оценивали с помощью U-критерия Вилкоксона-Манна-Уитни.

Основные результаты. У больных ЯК в лейкоцитах периферической крови уровень транскриптов генов *ENTPDI* и *NT5E* оказался выше, чем у здоровых людей (p = 0,0026 и p = 0,00021, соответственно). Однако содержание CD3⁺CD8⁺, CD3⁺CD4⁺ и Treg-клеток, несущих на своей поверхности эктонуклеотидазы CD39 и CD73, у больных ЯК оставалось на уровне контроля.

Выводы. Таким образом, полученные нами данные свидетельствуют о том, что при ЯК происходят изменения в содержании уровня транскриптов генов, вовлеченных в регуляцию уровня аденозина и воспалительного процесса при ЯК. CD39 и CD73 экспрессируют не только Т-клетки, но и другие клетки, такие как моноциты, В-клетки, дендритные клетки, эндотелиальные клетки. Отсутствие различий в содержании CD39⁺/CD73⁺Т-лимфоцитов в периферической крови больных ЯК и условно здоровых людей, вероятно, связано с ограничением аденозин-опосредованного противовоспалительного эффекта, на что может влиять базисная противовоспалительная терапия.

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ВИТАМИНОВ А И Е У МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ, ОБИТАЮЩИХ В КАРЕЛИИ

И. В. Баишникова¹, Т. Н. Ильина¹, А. Е. Якимова¹, В. А. Илюха²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: iravbai@mail.ru

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия

Территория Карелии является северным пределом ареала для многих видов мелких млекопитающих, что обуславливает низкую плотность популяций этих животных и большой диапазон колебаний их численности. В комплексе физиолого-биохимических показателей, с помощью которых можно оценить физиологическое состояние обитающих в природе животных, важную роль играют витамины А и Е, поступающие в организм исключительно с пищей. Они необходимы для роста, поддержания функции иммунной системы, успешного размножения, а также участвуют в процессах адаптации.

Целью работы было изучение содержания витаминов А (ретинол) и Е (α-токоферол) у обитающих в Карелии представителей отрядов Eulipotyphla (крот европейский (*Talpa europaea* L., n=11), кутора обыкновенная (*Neomys fodiens* Pennant., n=24), бурозубки обыкновенная (*Sorex araneus* L., n=39), средняя (*S. caecutiens* Lax., n=11) и малая (*S. minutus* L., n=11)) и Rodentia (полевки рыжая (*Myodes glareolus* Shreb., n=62) и красная (*M. rutilus* Pall., n=9), полевка-экономка (*Alexandromus oeconomicus* Pall., n=4), водяная полевка (*Arvicola amphibius* L., n=6) и лесная мышовка (*Sicista betulina* Pall., n=12)). Уровень витаминов определяли в печени, почках, сердце и скелетной мышце методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на научном оборудовании ЦКП ФИЦ «Карельский НЦ РАН».

В целом содержание витаминов А и Е у исследованных представителей насекомоядных и грызунов было сравнимым, однако для некоторых видов можно выделить следующие особенности. Уровень витамина А в печени обыкновенной бурозубки, куторы и рыжей полевки отличался высокой вариабельностью. Сравнительно низкие значения содержания витамина отмечены в печени лесной мышовки, сердце малой бурозубки, красной полевки и полевки-экономки и в скелетной мышце полевки-экономки. Возрастные различия в уровне ретинола были выявлены в печени крота, почках рыжей полевки и обыкновенной бурозубки, в сердце лесной мышовки и скелетной мышце обыкновенной бурозубки. Сравнительно низким содержанием витамина Е в печени, почках и сердце отличались малая бурозубка, красная полевка и полевка-экономка. Кутора и лесная мышовка характеризовались наиболее высоким уровнем витамина в сердце. Возрастные различия в содержании витамина Е были обнаружены во всех исследованных органах обыкновенной бурозубки, в печени рыжей полевки и в скелетной мышце лесной мышовки. В большинстве случаев содержание витаминов у взрослых особей было выше, чем у сеголетков.

Проведенное сравнительное исследование показывает специфический профиль витаминов А и Е у обитающих в Карелии мелких млекопитающих, принадлежащих к разным систематическим группам. Выявленные особенности содержания витаминов А и Е в тканях связаны, вероятно, с экологической специализацией исследованных видов и являются отражением эволюционно сложившихся взаимоотношений между организмом и средой обитания, обеспечивающих эффективное функционирование метаболических систем организма у мелких млекопитающих на северной периферии их ареала.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий КарНЦ РАН (тема № FMEN-2022-0003) и ИБВВ (№ 124032500016-4).

ПОСТТРАНСКРИПЦИОННЫЕ МОДИФИКАЦИИ РНК В РАЗВИТИИ АУТОИММУННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ: РОЛЬ N6-АДЕНОЗИН МЕТИЛТРАНСФЕРАЗ

О. В. Балан¹, И. Е. Малышева¹, И. М. Марусенко², О. Ю. Барышева²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

² Медицинский институт ПетрГУ, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: ovbalan14@gmail.com

Подобно ДНК и белкам молекулы РНК также подвергаются обширному репертуару химических изменений, совокупность которых носит название эпитранскриптом. Более 300, идентифицированных на сегодняшний день, эпитранскриптомных модификаций участвуют в регуляции практически всех аспектов метаболизма РНК: сплайсинг, транспорт, трансляция, стабилизация, деградация. Модификация метилирования, в том числе при участии N6-аденозин метилтрансфераз (m6A), является наиболее распространенной и составляет около 60 % всех посттранскрипционных изменений, оказывающих влияние практически на все значимые биологические процессы в период эмбрионального и постнатального развития. Будучи важными факторами посттранскрипционной регуляции генов, данные модификации могут приводить к быстрым изменениям в протеоме без транскрипции *de novo*, что играет решающую роль в обеспечении немедленных ответов клеток на меняющиеся условия микроокружения. Изучение роли метилирования РНК в патогенезе аутоиммунных заболеваний, таких как ревматоидный артрит, системная красная волчанка, псориаз, представляет особый интерес, связанный в первую очередь с поиском возможных биомаркеров и потенциальных мишеней для профилактики и терапии. Однако профиль метилирования РНК и особенности его прочтения могут отличаться в различных типах клеток, соответственно функции m6A-модификаций и клеточные ответы на одни и те же стимулы могут варьировать. В связи с этим исследования роли посттранскрипционных модификации РНК в развитии патологий, в т. ч. аутоиммунных заболеваний, проводимые на изолированных популяциях клеток врожденного (моноциты, макрофаги, ЕКК, нейтрофиллы) и адаптивного иммунного ответа (Т- и В-лимфоциты) представляются актуальными и значимыми не только для фундаментальной науки, но и для решения прикладных задач. В данной работе проведено исследование особенностей посттранскрипционных m6A-модификаций в изолированных популяциях моноцитов (классические, переходные и неклассические формы) в группах здоровых доноров и пациентов с аутоиммунным заболеванием (на примере ревматоидного артрита, РА) в дебюте и на фоне приема базисного противовоспалительного препарата метотрексата (MTX). Выявлены особенности экспрессии N6-аденозин метилтрансфераз (METTL3, METTL14), адаптерных белков метилтрансферазного комплекса (WTAP, VIRMA, HAKAI), деметилаз (ALKBH5, FTO) и ферментов, отвечающих за распознавание кода метилирования (YTHDF1/3, YTHDF2) в различных популяциях моноцитов при развитии РА. Обнаружена тесная связь между m6A-модификацией и изменением баланса переходных и неклассических моноцитов (предшественников M1 и M2 макрофагов) в группах пациентов с РА с разной степенью эффективности базисного противовоспалительного препарата.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение ГЗ, тема № 0218-2019-0077.

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И ПОСТМЕТАМОРФОЗНЫЙ РОСТ ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ *PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*, ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ НА КАМЧАТКУ

М. А. Брякова

Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, e-mail: marina.briakova@urfu.ru

Озерная лягушка была интродуцирована на полуостров Камчатка в конце 1980-х годов с участием небольшого количества особей, происходящих из восточноевропейской части ее нативного ареала. Позднее озерная лягушка была расселена в различные районы Камчатки в водоемы с постоянным притоком теплой воды. Длительность сезона активности озерных лягушек различна и зависит от температуры и количества поступающей теплой воды в водоемы, что оказывает влияние на возрастную структуру популяции, обитающей в определенном местообитании, и темпы постметаморфозного роста особей.

Материалом для данного исследования послужило 310 самок и 400 самцов озерной лягушки. Возраст определяли по общепринятой методике скелетохронологии. Ретроспективную оценку длины тела проводили с помощью уравнения Даля-Лео. Скорость прироста за данный сезон рассчитывалась по формуле $V(i \rightarrow i+1) = (L_{i+1} - L_i) / T$, где L_{i+1} (мм) – рассчитанная длина тела перед данной зимовкой, L_i (мм) – рассчитанная длина тела перед предыдущей зимовкой, T (мес.) – длительность сезона активности в местообитании данной популяции.

Максимальные значения возраста и рассчитанной длины тела особей озерных лягушек из изученных популяций составили 9 лет у самок и 7 лет у самцов, 110,5 мм у самок и 98,1 мм у самцов соответственно, при этом максимальные значения длины тела отмечены не у самых взрослых особей. Как правило, наибольшей длиной тела в каждом из возрастов обладают особи из популяций с максимальной длительностью сезона активности, при этом скорость прироста длины тела за данный сезон несколько выше в популяциях с более коротким сезоном активности. При сравнении значений рассчитанной длины тела и скорости приростов между популяциями особей одного пола в некоторых случаях были обнаружены значимые различия. В большинстве популяций были обнаружены значимые различия между самками и самцами при сравнении таких показателей как средние значения возраста, длины тела и скорости прироста (см. табл.).

Таблица. Средние значения возраста (А), рассчитанной длины тела (L) и скорости прироста (V) самок и самцов озерных лягушек из популяций Камчатки

	Название популяции													
	Анавай (5)		Малки (6)		Эссо (7)		Термальный (8)		ТЭЦ-2 (8)		Паратунка (8)		Гелиос (10)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
A	3,8	3,3	3,5	3,2	3,4	3,3	4,0	3,8	3,7	3,7	5,0	3,4	4,1	3,9
L	59,6	52,9	54,2	47,3	55,8	52,0	59,1	54,9	60,9	55,8	66,2	53,1	65,0	58,8
V	3,3	3,1	2,1	2,7	2,0	2,0	1,9	1,8	2,1	1,6	1,0	1,3	1,3	1,3

Примечания: В скобках указана длительность сезона активности. Значимые различия между полами внутри популяции отмечены жирным шрифтом.

Автор выражает благодарность к.б.н., в.н.с. кафедры Биологической эволюции биологического факультета МГУ Сергею Марленовичу Ляпкову за возможность работать со сборами, а также за ценные советы.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДЯНОЙ ПОЛЕВКИ (*ARVICOLA AMPHIBIUS* L., 1758) ВБЛИЗИ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ АРЕАЛА: ДАННЫЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНА *CYTB*

С. В. Булычева¹, Л. Э. Ялковская¹, А. Е. Якимова², А. В. Бородин¹

¹ Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия, e-mail: info@ipae.uran.ru

² Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: biology@krc.karelia.ru

Водяная полевка – широко распространенный вид умеренной зоны, ареал которого занимает значительную территорию Палеарктики от Атлантического океана до р. Лена. По интразональным околотовидным биотопам *A. amphibius* способна проникать за полярный круг, а её северная граница распространения доходит до зоны субарктических тундр (Пантелеев, 2001). Исследования генетического разнообразия водяной полевки на основе данных полиморфизма *cytb*, проведенные в основном на территории Европы, показали деление вида на четыре группы, названных согласно их географическому распространению: Итальянская, Юго-Западноевропейская, Турецкая и Евро-Сибирская, делением последней на Европейскую и Сибирскую подгруппы (Castiglia et al., 2016; Mahmoudi et al., 2020). Однако практически неизученными остаются центральная и азиатская части ареала вида, в том числе периферийные популяции, анализ генетического разнообразия которых представляет интерес для эволюционной экологии, т. к. позволяет оценить экологическую пластичность вида, его устойчивость и адаптационный потенциал в меняющихся условиях среды. Наблюдаемое смещение к северу границ ареала ряда видов умеренных широт в результате глобальных климатических изменений (Соколова и др., 2020) делает актуальным включение в генетический анализ *A. amphibius* с северной границы распространения в связи с изучением климатических эффектов и прогнозированием их последствий. В этой связи нами начато исследование полиморфизма *cytb* водяной полевки из периферийных северных популяций европейской (Карелия) и азиатской (Западная Сибирь) частей ареала, а также с неизученных территорий Урала и Восточной Сибири.

В результате для 42 особей из 11 локалитетов получены полные последовательности гена *cytb* (1140 п. н.). Описано 12 гаплотипов, все новые для вида и, согласно результатам Байесова анализа, входят в Сибирскую подгруппу Евро-Сибирской группы, распространенную от центральной Европы до восточной границы ареала.

Индексы генетического разнообразия 18 *A. amphibius* из северных популяций азиатской части ареала значительно превосходили таковые у 15 полевок из европейских периферийных популяций. Возможно, различия обусловлены тем, что карельские выборки – популяции трех островов, а следовательно, имеет место эффект основателя и относительной изоляции. В пользу этого свидетельствует обнаружение на каждом из островов только одного гаплотипа. Генетическое разнообразие *A. amphibius* с северной границы ареала в целом значительно ниже наблюдаемого в выделяемых для вида группах и подгруппах. Взаимное расположение гаплотипов водяной полевки на медианной сети указывает на близость северных популяций из азиатской части ареала к *A. amphibius* с западного склона Северного Урала, в то время как гаплотипы с северной границы европейской части ареала удалены как от изучаемых азиатских краевых популяций, так и от наиболее близко расположенной популяции из Северной Европы (Финляндия).

К настоящему моменту остаются неисследованными значительные территории европейской и азиатской частей ареала водяной полевки как на периферии, так и в его основной части. Получение этих данных и включение их в анализ, планируемые нами в дальнейшем исследовании, позволят предложить обоснованные сценарии формирования современного генетического разнообразия вида как в пределах отдельных регионов, так и в целом для центральной части Северной Евразии.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-14-00332.

МИКРОСАТЕЛЛИТНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЯ ВНУТРИ- И МЕЖВИДОВЫХ ГИБРИДОВ РОДА *CERVUS*, ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

О. С. Голосова, М. В. Холодова

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: golosova95@yandex.ru

На территории России обитают три представителя р. *Cervus*. Это европейский *C. elaphus* (кавказский *C. e. maral* и воронежский *C. e. hippelaphus*) и восточный *C. canadensis* (марал *C. c. sibiricus* и изюбрь *C. c. xanthopygus*) благородные олени, входящие в видовой комплекс *C. elaphus sensu lato*, и уссурийский пятнистый олень *C. nippon hortulorum*. Благородный олень *C. elaphus s. l.* подвержен сильному антропогенному воздействию, которое выражается не только в охотничьем прессе, но и в постоянных транслокациях и интродукциях. Пятнистый олень *C. nippon*, изначально занимающий небольшой ареал на юго-востоке Азии, был интродуцирован во многие страны Европы и Америки. Так, уссурийский пятнистый олень акклиматизирован в европейской части России и во многих странах Европы. Известно, что в местах интродукций пятнистые олени свободно скрещиваются с местным европейским благородным оленем, создавая гибридные популяции. Гибриды европейского благородного и пятнистого оленей фертильны, несмотря на разный набор хромосом, что постепенно ведет к размыванию видовых границ в зонах симпатрии. Использование молекулярно-генетических методов, в частности, микросателлитного (STR) анализа, позволяет выявлять гибридные особи и популяции наиболее эффективно. Целью нашей работы стало разработать метод выявления внутри- и межвидовых гибридов р. *Cervus*, обитающих на территории России, с применением анализа микросателлитных локусов. Мы проанализировали 214 образцов оленей р. *Cervus*: 112 образцов восточного благородного оленя (марала (59), изюбря (40) и благородного оленя из Якутии (13)), 58 образцов европейского благородного оленя (воронежского (24) и кавказского (34)) и 44 образца пятнистого оленя (из природной популяции (10) и из оленеводческих хозяйств (34)). Была разработана панель из 8–13 STR локусов, позволяющая выявлять межвидовых гибридов и особей смешанного происхождения. Для каждого вида было выявлено большое число приватных (характерных только для одной группы особей) аллелей, что свидетельствует о четкой дифференциации видов и отсутствии массовой гибридизации и облегчает задачу по выявлению гибридов. Большая часть проанализированных особей благородного оленя *C. elaphus s. l.* обладала известным происхождением, которое было подтверждено генетическими методами. Из 156 аллелей 101 были приватными: 66 встречались только в генотипах восточного благородного оленя, 35 – только в генотипах европейского благородного оленя. Генетическая *Fst* дифференциация между выборками восточного благородного оленя (0.040–0.050) была выражена гораздо слабее, чем между выборками европейского благородного оленя (0.101). Анализ с помощью алгоритма STRUCTURE показал четкое разделение выборки благородного оленя на кластеры, соответствующие видам и подвидам. При анализе выборки пятнистого (44) и европейского благородного (12) оленей было выявлено 148 аллелей, из которых 103 были приватными: 63 встречались только в генотипах пятнистого оленя, 40 – только в генотипах европейского благородного оленя. Уровень *Fst* дифференциации между выборками пятнистого и европейского благородного оленей был равен 0.098. В результате кластерного анализа была выявлена гибридная особь самки пятнистого и самца европейского благородного оленей. Таким образом, разработанная нами панель микросателлитных локусов позволяет эффективно разделять особей р. *Cervus* на видовом и подвиговом уровнях, выявлять гибридов как в охотничьих хозяйствах, так и в природных популяциях, что может быть полезно для сохранения естественной структуры представителей р. *Cervus*, обитающих на территории России.

МОРФОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ СОБОЛЯ (*MARTES ZIBELLINA*) В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

Н. Н. Захарова¹, А. И. Ануфриев², М. А. Семенова¹, Е. С. Захаров¹

¹ Институт естественных наук СВФУ им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия,
e-mail: zikbrazz92@mail.ru

² Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия

Соболь является аборигеном темнохвойной тайги Приморья и Приамурья, заселившим светлохвойные лиственничные леса северо-востока Сибири в конце плейстоцена (Абрамов, 1967). Продвижение ареала вида на север, вероятно, происходило в результате формирования различных экологических и физиологических адаптаций, способствовавших выживанию в наиболее тяжелый зимний период. В современный период соболь населяет почти таежную зону северо-востока Азии, проникая по закустаренным долинам рек в тундру (Каштанов и др., 2022).

В пределах ареала соболя, Якутия характеризуется наиболее суровыми условиями обитания для вида. Особенно тяжелый период для природных популяций – продолжительная и зачастую малоснежная зима с крайне низкими температурами воздуха. Соболь способен переносить длительные холодовые нагрузки в деятельном, активном состоянии, но в периоды покоя весьма чувствителен к прямому воздействию низких температур, поэтому нуждается в утепленных убежищах для отдыха. В Якутии на индивидуальных участках обитания диких соболей таких убежищ обычно несколько (Ревин и др., 1988), зимой это позволяет более полно использовать кормовые ресурсы территории, минимизируя энергозатраты. В условиях зверофермы, в большие морозы соболя основное время проводят в утепленных домиках, покидают их только на период кормления.

В природе Якутии распространены два подвида соболя, отличающихся окраской и свойствами мехового покрова. По длине волоса оба подвида относятся к наиболее длинноволосым формам. Физиологическое состояние зверьков в популяциях характеризуется относительно низкой упитанностью, демонстрирует тенденцию к снижению этого показателя в популяциях с юга на север.

У соболя минимальный уровень расхода энергии отмечается в диапазоне температур от плюс 2–5 °С до плюс 21–22 °С, когда потребления кислорода у зверька снижается до наименьших значений. Понижение температуры ниже минус 20 градусов не приводит к интенсификации химической терморегуляции. Поддержание температуры происходит за счет сократительного термогенеза. У соболей в продолжительном эксперименте, при плавном снижении температуры среды, отмечен пропорционально плавный рост потребления кислорода, даже при относительно небольшом снижении температуры среды.

В течение года температура соболя изменяется в достаточно больших пределах. С января по июнь среднесуточная температура тела постепенно нарастает, с июля – августа снижается, достигает минимальных значений в январе – феврале.

Работа выполнена частично за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-26-00072, <https://rscf.ru/project/23-26-00072/>

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ И ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНИЗМЕ ДИКИХ КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ (НА ПРИМЕРЕ ДИКОГО КАБАНА *SUS SCROFA*)

С. Н. Калинина¹, И. А. Зайцева¹, В. А. Илюха², Д. В. Панченко¹, Э. В. Панова¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: cvetnick@yandex.ru

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия

Среди многих охотничьих видов животных дикий кабан считается наиболее подходящим для использования в качестве биоиндикатора в экотоксикологических исследованиях из-за его широкого географического распространения, особенностей питания (всеядность), относительно большой продолжительности жизни и лёгкости сбора образцов. Территория нашего исследования охватывала Лахденпохский район Карелии, который расположен на северо-западном берегу Ладожского озера и испытывает антропогенную нагрузку от промышленных предприятий данного и соседних регионов, а также от транспортной сети. Определение содержания эссенциальных и токсичных элементов в тканях кабана позволяет оценить его элементный статус, т. е. обнаружить дефицит или избыток исследуемых элементов. Поскольку кабан является излюбленным объектом охоты в Карелии, необходимо определять концентрацию токсичных элементов в тканях животных из-за возможной угрозы для человека при употреблении в пищу мяса и субпродуктов кабана. Цель данной работы заключалась в определении содержания эссенциальных (Co, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Zn) и токсичных элементов (Cd и Pb) в тканях мышц, почек и печени кабана *Sus scrofa* L. Республики Карелия. Помимо этого, была проведена оценка пригодности мяса и субпродуктов дикого кабана для употребления в пищу в связи с наличием в них токсичных элементов.

Согласно референсным значениям элементов, приведённым для домашних свиней, дикий кабан Карелии испытывал дефицит по большинству эссенциальных элементов (Co, Cu, Mn, Ni и Zn), тогда как концентрации Fe и Mg находились в пределах нормы. Наши данные по уровням токсичных элементов Cd и Pb в тканях дикого кабана согласовались с данными, полученными на кабанах из других регионов и стран, но были ниже значений, указанных для животных из районов с высокой антропогенной нагрузкой.

Мясо и субпродукты дичи часто потребляются охотниками и их родственниками, и оценка концентрации токсичных элементов в этих продуктах имеет решающее значение для здоровья и безопасности потребителей. Хотя мясо и субпродукты диких животных могут быть источником воздействия на человека таких токсичных элементов, как Cd и Pb, не существует утверждённых максимальных предельных значений этих элементов в мясе и субпродуктах дичи. Результаты нашего исследования свидетельствуют о непригодности почек дикого кабана для употребления в пищу из-за высокой концентрации Cd. Редкое или регулярное потребление мяса и печени дикого кабана не представляет опасности для здоровья взрослых и детей. Наши результаты могут служить ориентиром для программ управления рисками и мониторинга пищевых продуктов. Необходимы дальнейшие исследования для получения данных о реальном потреблении мяса дичи и субпродуктов на северо-западе России и изучения пищевой безопасности дичи для потребителей.

Исследование выполнено на научном оборудовании Центра коллективного пользования ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук». Работа поддержана грантом Российского научного фонда (проект № 23-24-10001, <https://rscf.ru/project/23-24-10001/>), проводимый совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия).

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ЭОЗИНОФИЛОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ЕНОТОВИДНЫХ СОБАК *NYCTEREUTES PROCYONOIDES* (GREY, 1834)

С. Н. Калинина¹, А. Г. Кижина¹, В. А. Илюха², Э. Ф. Печорина¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: cvetnick@yandex.ru;

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, пос. Борок, Россия

Эозинофильные гранулоциты представляют собой группу лейкоцитов, функции которых традиционно рассматриваются в связи с паразитарными и аллергическими (астматическими) иммунными реакциями. За счёт поверхностных рецепторов эозинофилы способны реагировать на различные стимулы, высвобождая содержимое специфических гранул. Каждая гранула окружена мембраной и содержит катионные белки (КБ), среди которых главный щелочной белок МВР-1 (major basic protein 1) составляет кристаллоид (электронно-плотное вещество), а эозинофильный катионный протеин, эозинофильный нейротоксин и эозинофильная пероксидаза (ЭПО) являются компонентами менее плотного материала или матрикса, окружающего кристаллоид. МВР-1 содержит большое количество аргинина, что обуславливает эозинофилию гранул. Активация эозинофилов под влиянием разного рода стимулов может приводить к дегрануляции и изменениям морфологии клетки (размеры клетки, гранул, и т. п.). Актуальность исследования продиктована недостаточной изученностью морфологии и физиологии эозинофилов млекопитающих. Удачную экспериментальную модель в исследованиях морфологии и физиологии эозинофилов может представлять собой енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* (Grey, 1834) – всеядный хищник семейства псовых родом из Восточной Азии. В связи с вышесказанным, цель исследования заключалась в анализе особенностей морфологии и морфометрических параметров эозинофилов и их гранул у енотовидных собак.

На мазках крови, окрашенных по Паппенгейму, определяли состав лейкоцитарной формулы, оценивали особенности морфологии и морфометрические параметры эозинофилов и их гранул. Цитохимическими методами выявляли локализацию катионных белков, а также ЭПО в эозинофилах. Для оценки влияния пола применяли ANOVA.

Енотовидные собаки характеризовались высоким относительным содержанием эозинофилов в периферической крови. Эозинофильные лейкоциты различались морфологически: клетки с нормальным высоким, а также клетки с низким уровнем зернистости цитоплазмы. Последние в некоторых случаях содержали вакуолизированные гранулы (ВГ), что зафиксировано у енотовидной собаки впервые. Наличие ВГ связывают с полным отсутствием или значительным снижением содержания МВР-1. Вакуолизация гранул может быть обусловлена дефектами гена, кодирующего этот белок, аномалиями развития эозинофилов, процессами дегрануляции, влиянием мембраноактивирующих веществ, а также незрелостью гранул вследствие высвобождения из костного мозга клеточной популяции, находящейся в процессе созревания (терминальной дифференцировки). Зависимость от пола выражается в более высокой доле эозинофилов с низким уровнем зернистости цитоплазмы у самцов по сравнению с самками, тогда как у самок обнаружены более высокие значения морфометрических показателей (число и средняя площадь гранул в одной клетке, соотношение площади, занимаемой гранулами, к площади клетки). Поскольку причины появления эозинофилов с низким уровнем грануляции цитоплазмы у енотовидных собак не до конца ясны, необходимы дальнейшие исследования этого вопроса.

Исследования проведены на научном оборудовании ЦКП ФИЦ КарНЦ РАН. Работа выполнена за счет средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0003).

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОЛОВУШЕК ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПОПУЛЯЦИИ СИБИРСКОГО ЛЕСНОГО ПОДВИДА СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (*RANGIFER TARANDUS VALENTINAE* FLEROW, 1933) В ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. Капитонов

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, г. Тобольск, Россия,
e-mail: kvi@udsu.ru

Северный олень, обитающий на территории Тюменской области, относится к сибирскому лесному подвиду (*Rangifer tarandus valentinae* Flerov, 1933), занесенному в региональную Красную книгу с категорией статуса редкости 2 – подвид с сокращающейся численностью. В настоящее время основу его населения в области составляют разрозненные стада обь-иртышской группировки, обитающие в бассейне р. Демьянки и прилегающих водораздельных болотах (Давыдов и др., 2022). Современное состояние популяции охраняемого вида в области во многом остается не выясненной, поскольку после включения в региональную Красную книгу он «выпал» из числа охотничье-промысловых животных, подлежащих обязательному государственному учету.

В 2023 году при финансовой и организационной поддержке ООО «РН-Уватнефтегаз» нами апробирован дистанционный метод с применением фотоловушек для изучения локальной группировки лесного северного оленя на территории Усть-Тегусского лицензионного участка в Уватском районе Тюменской области. Фотомониторинг животных проводили в бесснежный период (май–октябрь) с помощью автономных фотоловушек SEELock S308, снабженных инфракрасными датчиками движения и фиксирующих животных круглые сутки. Пять фотоловушек были размещены на расстоянии от 2,3 до 17,2 км друг от друга в труднодоступных местах, занятых заболоченными сосняками (рямами), с использованием вездеходной техники повышенной проходимости. Датчики движения в камерах фотоловушек были установлены на нормальную чувствительность и работали в режиме съемки одного кадра с последующей записью видеоролика длиной до 20 сек при наличии движения. Автономную работу каждого устройства обеспечивал комплект из 12 никель-металлгидридных аккумуляторных батареек типоразмера АА емкостью 2700 мАч.

За весь период работ отработано 819 фотоловушко-суток и получено в общей сложности 48 регистраций проходов северных оленей во всех локалитетах, где были установлены фотоловушки. Показатель успешности регистрации северных оленей (индекс относительного обилия) составил 5,9 на 100 фотоловушко-суток. В объективы фотоловушек они чаще всего попадались в октябре в связи с повышенной двигательной активностью животных в период гона. Минимальное количество регистраций северных оленей наблюдалось в мае и июле. Весной и летом в основном регистрировались одиночные особи и важенки с телятами, а осенью, с наступлением сезона размножения, отмечены небольшие (до 4 особей) смешанные группы из взрослых самцов и самок. В бесснежный период северные олени проявляли полифазную суточную активность с небольшим пиком в полуденное время. Среди зарегистрированных фотоловушками северных оленей преобладали взрослые самки (n=22) и взрослые самцы (n=14), которым по числу регистраций значительно уступали молодые особи старше одного года (n=6) и сеголетки – молодые особи первого года жизни (n=6). Из числа естественных врагов лесного северного оленя за все время работы фотоловушек зарегистрировано 19 проходов бурого медведя и 3 прохода волка.

Таким образом, полученные с помощью фотоловушек данные свидетельствуют о том, что в бесснежный период года территория Усть-Тегусского лицензионного участка служит местом обитания популяционной группировки лесного северного оленя. Результаты проведенных фотомониторинговых работ необходимо учитывать и использовать в том числе при планировании разработки месторождений нефти в Уватском районе Тюменской области.

ОСОБЕННОСТИ ПАРАЗИТАРНОЙ НАГРУЗКИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. МОСКВЫ

Т. Н. Карманова, Д. И. Горелышева, С. И. Мещерский, Н. Ю. Феоктистова

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: karmanovs94@mail.ru

Условия городской среды оказывают значительное влияние на экологию животных, в том числе ему подвержены и сообщества гельминтов. Ответ гельминтов на экологический дисбаланс и их приспособление к жизни в городской среде остается актуальной проблемой в паразитологии. Целью настоящего исследования является сравнение видового разнообразия, распространения гельминтов и оценка аллельного разнообразия генов главного комплекса гистосовместимости (МНС) как показателя устойчивости к паразитарной нагрузке на территориях городских парков и лесопарков с разной степенью антропогенной нагрузки. В 5 парках г. Москвы оценивали параметры зараженности модельных видов грызунов по сравнению с природной мало нарушенной территорией (НЭБ «Черноголовка»). У отловленного наиболее массового вида грызунов, полевой мыши (*Apodemus agrarius*), отбор гельминтов проводили непосредственно из желудочно-кишечного тракта, а также методом высокопроизводительного секвенирования оценивали аллельное разнообразие генов МНС (экзона 2 гена DRB). Показали, что в составе гельминтов присутствовали 3 класса паразитов – нематоды, цестоды и трематоды и их соотношение на территориях с разной степенью антропогенной нагрузки ожидаемо соответствовало характеристикам нарушенных территорий. Индекс обилия паразитов был наиболее высок для всех таксономических групп гельминтов в сообществе зоны VI и снижался в сообществах зон типа V – III, что в целом соответствует обнаруженной нами картине разнообразия экзона 2 гена DRB. Кроме того, была обнаружена смена доминирующего вида гельминтов *H. polygyrus* на *H. spumosa*, что свидетельствует о существенном влиянии гельминтофауны синантропных видов на состав сообществ паразитов диких видов, обитающих на территории города.

Для многовидовых сообществ можно предположить наличие расширенного спектра патогенов при одновременном снижении для конкретной особи вероятности столкнуться с каждым из них. Популяции полевой мыши, обитающие на территориях с умеренной и высокой степенью урбанизации, отличаются меньшим общим числом аллелей в целом на популяцию и меньшей долей отмеченных в ней уникальных вариантов. Для них также характерно меньшее разнообразие представленных в популяции генотипов при большем среднем числе аллелей, представленных в каждом индивидуальном генотипе. Эти тенденции, на наш взгляд, отражают второй путь адаптации к условиям урбоценозов, возникающий в условиях снижения видового разнообразия в сообществах мелких млекопитающих при повышении плотности населения каждого вида. Такая ситуация приводит к сужению спектра патогенов при увеличении для особи шансов столкнуться с каждым из них.

Наше исследование способствует накоплению информации о видовом составе сообществ эндопаразитов мышевидных грызунов на территории г. Москвы, что имеет большое значение для составления актуальной эпидемиологической картины города.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 24-24-20023.

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕЙКОЦИТОВ КРОВИ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (VESPERTILIONIDAE) СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ: ВИДОВЫЕ И СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ

А. Г. Кижина, В. В. Белкин, Е. А. Хижкин

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: golubewa81@yandex.ru

Летучие мыши распространены по всему миру, относятся к животным с высокой продолжительностью жизни и могут переносить высоковирулентные патогены без признаков заболевания. Важной особенностью летучих мышей семейства Vespertilionidae является их способность впадать в дневное оцепенение и сезонную спячку при снижении температуры. Все это делает летучих мышей уникальным объектом для исследований в области экофизиологии и экоиммунологии. Исследование проводилось на территории Республики Карелия и Ленинградской области у 5 видов летучих мышей: северный кожанок, усатая, водяная ночница, ночница Брандта и бурый ушан. Данные виды различаются по численному составу, распространению и предпочтению микроклиматических условий в местах гибернации. Для изучения механизмов устойчивости и адаптации животных к факторам среды используются показатели периферической крови, отличающиеся высокой чувствительностью. Целью исследования являлось изучение содержания, состава и цитохимических особенностей лейкоцитов крови у видов летучих мышей, обитающих на территории Северо-Запада России.

Изучение лейкопоза показало, что в период гибернации, на фоне снижения метаболизма и развития иммунносупрессии, имеются как общие черты, так и видовые различия. У всех 5 видов отмечается низкое содержание лейкоцитов крови в период спячки. Общей чертой являлось преобладание нейтрофилов над лимфоцитами, но наиболее низкое содержание лимфоцитов установлено у бурого ушана. В период гибернации все виды демонстрировали высокий уровень базофилов, клеток поддерживающих гипокоагулянтность крови, а его максимальные значения показаны у северного кожанка. На примере этого вида, доминирующего в северных сообществах, было показано, увеличение содержания базофилов, лимфоцитов и молодых форм нейтрофилов у летучих мышей весной, что указывает на активацию лейкопоза при выходе из спячки.

Цитохимическое исследование выявило низкую активность щелочной фосфатазы (ЩФ) и пероксидазы у всех 5 гибернирующих видов, а также сильные межвидовые различия в содержании эстераз. Наибольшей активностью альфа-нафтилацетат эстеразы и нафтол-AS-D-хлорацетат эстеразы (HASDXAЭ) обладала ночница Брандта, тогда как низкий уровень активности обоих эстераз установлен у усатой ночницы. Характер активности лейкоцитарных ферментов у гибернирующих летучих мышей позволяет оценить функциональное состояние иммунокомпетентных клеток во время спячки. Сниженная активность пероксидазы и ЩФ может быть следствием подавления метаболизма и указывает на ослабление неспецифических иммунных реакций в этот период. Обнаруженную у ночницы Брандта высокую активность HASDXAЭ, которая имеет хемотрипсиноподобные свойства и используется в процессе фагоцитоза, можно рассматривать как преимущество этого вида по сравнению с другими. Таким образом, данные о морфофункциональных свойствах лейкоцитов способствуют пониманию механизмов, лежащих в основе сохранения гомеостаза при гибернации и различий в выборе экологических условий у летучих мышей.

Исследование финансировалось на средства, выделенные на выполнение государственного задания (FMEN-2022-0003).

НОМАДИЗМ КАК РЕЗУЛЬТАТ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕПРОДУКТИВНОЙ СТРАТЕГИИ ВИДА: ПРИМЕР ПЕНОЧКИ-ТРЕЩОТКИ

А. Ю. Кретьова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: anna.kretova.1995@mail.ru

Пеночка-трещотка *Phylloscopus sibilatrix* – номадический вид, для которого, как предполагается, характерно отсутствие филопатрии. Большинство самцов не возвращаются на места гнездования прошлого года и к тому же часто меняют участок в течение лета. Более того, не смотря на свою территориальность, трещотки не редко образуют локальные поселения, местоположение которых меняется год от года. Такое поведение оказывает значительное влияние на динамику популяции вида, проявляясь резкими локальными колебаниями численности, что особенно выраженными на севере ареала.

В данном исследовании мы проверяли, что побуждает самцов покидать свой участок, и связано ли это с попыткой найти лучшую территорию для размножения. Одновременно с этим мы тестировали гипотезу «скрытого тока», предполагая, что самцы поселяются в скоплениях, чтобы участвовать во внебрачных спариваниях или увеличить вероятность привлечения самки. Для проверки данных гипотез на экспериментальных площадках мы проигрывали песню трещотки в автоматическом режиме в 2021–2023 годах. Разная частота исполнения песни (2 или 6 трелей/мин) имитировала присутствия самцов с разным уровнем проявления агрессии. Проигрывание было начато до прилета первых птиц с зимовок и продолжалось в течение всего сезона размножения.

Ранее было показано, что трещотки стараются избежать конкуренции с более агрессивными самцами, и чаще поселяются с менее агрессивными сородичами по соседству (Szymkowiak et al., 2016). Однако такое поведение было отмечено в центральной части ареала, тогда как на севере трещотки не проявляли выборочного поселения с менее или более агрессивными самцами. По нашим результатам от 52 до 66,7% самцов покидали участок в течение первой недели после прибытия. Кольцевание самцов цветными кольцами (123 особи) показало, что после отлета они не пытались расселиться на другие площадки, в том числе на площадки, где транслировались песни менее агрессивных самцов.

Мы проверили гипотезу о «скрытом токе», отслеживая появление новых самцов возле гнезд местных пар. Численность самцов возле гнезд значительно увеличивалась, когда самки приступали к откладке яиц, и снижалась в течение следующих 10 дней после откладки последнего яйца. Большинство холостых самцов покидало свою территорию после того, как период спаривания местной самки заканчивался. Все холостые самцы, подселившиеся к местным парам птиц, на момент прибытия были неокольцованы. Таким образом, мы можем говорить о том, что эти птицы не были политерриториальными самцами с соседних территорий (5,4 км²), а прилетели издалека. Также они не пытались образовать с самкой постоянную пару или поселиться по соседству.

Результаты нашего исследования позволяют предположить, что самцы пеночки-трещотки могут реализовывать разные репродуктивные стратегии: консервативную и лабильную. В отличие от консервативной, лабильная стратегия подразумевает, что самец перемещается по территориям других самцов и спаривается с чужими самками. Самцы с лабильной стратегией не возвращаются на место, где их окольцевали ранее, так как в течение сезона они несколько раз меняют свой участок. Такое поведение проявляется как номадизм, и характерен для части популяции самцов, что объясняет очень низкий процент возвратов окольцованных трещоток в последующие годы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00415, <http://rscf.ru/project/23-24-00415/>

ГИБРИДИЗАЦИЯ ВОЛКА (*CANIS LUPUS*) С СОБАКОЙ (*CANIS FAMILIARIS*) КАК МЕХАНИЗМ ВЫЖИВАНИЯ ВИДА

А. С. Кузнецова, К. Ф. Тирронен

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: kuznecova_nastya@inbox.ru

На протяжении столетий волки находятся в условиях перманентного интенсивного преследования человеком. Широкий набор адаптивных этологических реакций, сложная социальная организация и возможность межвидовой гибридизации лежат в основе их успешного выживания. В последние годы среди волков Республики Карелия стали отмечать случаи появления особей с фенотипическими отклонениями, что может указывать на нарушение популяционно-генетической структуры вида, происходящее на фоне сокращения численности хищника в результате интенсификации охоты во второй декаде нового тысячелетия (Тирронен, Кузнецова, 2023). Основной задачей исследования стало выявление гибридов волка и собаки в дикой природе Карелии. В работе выполнен анализ полиморфизма ядерной и митохондриальной ДНК. Проанализирован 31 образец волков за период с 2012 по 2023 год и 19 образцов с 1960 по 1995, также использованы образцы шерсти от собак ($n=12$). Выявлены достаточно высокие показатели генетического разнообразия современного населения волка по 11 микросателлитным локусам (STR) $H_o = 0.67$, $H_e = 0.73$, $A = 7.18$, при положительном коэффициенте инбридинга $F_{is} = 0.07$. Выборка за 1960–1995 гг. характеризовалась так же высокими значениями: $H_o = 0.74$, $H_e = 0.73$, $A = 6.6$, при отсутствии инбридинга ($F_{is} = -0.01$). Анализ современной выборки на гибридов установил, что из четырех особей, имевших фенотипические отклонения от волчьей нормы, в двух случаях гибридный статус был подтвержден только по STR, а в одном случае анализами STR и мтДНК. Микросателлитный анализ выявил два дополнительных гибрида, которые не имели фенотипических отклонений. Итого общее количество гибридных особей достигло пяти, при этом одна из особей с выраженными фенотипическими отклонениями, по обоим классам генетических маркеров отнесена к группе «чистокровных» волков. Это может свидетельствовать о недостаточной «силе» разрешающей способности набора из 11 STR. В выборке за период с 1960 по 1995 годы гибридов не было зарегистрировано, что согласуется с литературными данными и представлениями о карельских волках – как чистокровной популяции. В современной популяции волка нами прослежены последствия избыточной охотничьей нагрузки на вид – появление гибридов волка и собаки и увеличение инбридинга, как результата нехватки партнеров, приводящее к близкородственному скрещиванию и межвидовой гибридизации. Все обнаруженные гибриды относятся к временному диапазону 2017–2019 гг., что указывает на относительно недавние события, ставшие причиной их появления в популяции.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ 3D-ТЕРРИТОРИАЛЬНОСТИ ВОРОБЬИНЫХ ПТИЦ НА СЕВЕРЕ

М. В. Матанцева, С. А. Симонов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: Maria.Matantseva@bio.krc.karelia.ru

Несмотря на длительную историю изучения территориальности животных (Howard, 1920; Noble, 1939; Nice, 1941) и давно сложившееся представление о том, что территории птиц представляют собой объемные структуры (Williamson, 1971; Askins, 1987), традиционно их регистрировали как плоскостные (2D) проекции реальных территориальных пространств на поверхность земли (Матанцева, 2023). До разработки специального математического аппарата не было возможности в полной мере анализировать используемое пространство, что было особенно проблематично для описания маленьких индивидуальных территорий певчих птиц. Лишь в 2014 г. вышла публикация Н. Купера с соавторами (Cooper et al., 2014), предлагающая методы регистрации и анализа трехмерных (3D) территорий мелких воробьиных. С помощью предложенных методов (Cooper et al., 2024) были проведены первые работы по изучению 3D-территориальности певчих птиц в тропиках (Cooper et al., 2014; Powell et al., 2020). В свою очередь, наши исследования стали первыми по изучению территориальности воробьиных птиц на Севере.

Мы проводили исследования в Заполярье, на Кольском полуострове (Северо-запад России), в 2019 и 2022–2024 гг. В качестве модельного объекта была выбрана пеночка-весничка *Phylloscopus trochilus* – типичный представитель строго территориальных видов, самцы которых охраняют свои территории от вторжения конспецифичных самцов и маркируют их пением (что позволяет регистрировать территории по точкам пения). В результате исследований было выявлено, что в условиях ограниченных по площади фрагментов лесных местообитаний при высокой локальной плотности населения соседние территории весничек могут быть расположены очень близко друг к другу и в некоторых случаях частично перекрываться. При анализе таких случаев, в целом не типичных для территориальных птиц, доказано, что 2D-методы, по сравнению с 3D-методами, давали завышенные результаты перекрывания соседних территорий и были менее эффективны в оценке использования пространства особями. С помощью 2D-методов также доказано, что веснички активно используют свое территориальное пространство во всех трех измерениях, а также избегают областей перекрывания соседних территорий.

Кроме того, в ходе работы были получены первые результаты исследования механизмов формирования 3D-структуры территориальных поселений птиц. В целом, факторы, обуславливающие формирование и поддержание пространственной территориальной структуры поселений, можно разделить на 3 основные группы: 1) характеристики заселяемых местообитаний; 2) характеристики самцов-владельцев территорий; 3) социальные параметры (в т. ч. плотность населения, синхронность заселения местообитаний, синхронность размножения). На данный момент выявлено значимое влияние на формирование и расположение 3D-территорий некоторых структурных характеристик заселяемых местообитаний (высота леса, число ярусов, доля открытого пространства в пределах занимаемого биотопа и т. д.). Также оценено воздействие некоторых социальных параметров (в частности, плотности населения и синхронности гнездования) на размеры и плотность размещения 3D-территорий. Значимого влияния характеристик самцов (активности пения, степени агрессивности, размеров тела) на параметры 3D-территорий на настоящее время не выявлено, однако обработка данных еще не завершена. Кроме того, по окончании полевого сезона 2024 г. общий массив материалов дополняют данные текущего сезона. Сообщение подготовлено в ходе реализации проекта РНФ № 23-24-00092 (<https://rscf.ru/project/23-24-00092/>).

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОЙ ТЕМНОТЫ НА ПИЩЕВАРИТЕЛЬНУЮ ФУНКЦИЮ У КРЫС В ОНТОГЕНЕЗЕ

А. В. Морозов, Е. П. Антонова, Е. А. Хижкин

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: artem.morozow@yandex.ru

Реакция организма на изменение фотопериодических условий окружающей среды осуществляется циркадианной системой, в которой важная роль принадлежит пинеальной железе и её гормону – мелатонину. В условиях стандартного светового режима (12 ч свет/12 ч темноты, LD) колебания синтеза мелатонина достаточно стабильны в течение суток и сохраняются, но становятся менее выраженными или нерегулярными у крыс, перемещённых из LD в режим постоянной темноты (DD). Ранее показано, что длительные периоды темноты оказывают значительное влияние на эндогенные циркадные ритмы гормонов, участвующих в метаболизме липидов и углеводов у млекопитающих. Однако, несмотря на активные исследования в этой области, недостаточно изучена роль пинеальной железы и продуцируемого ею мелатонина в регуляции пищеварительной функции, особенно в возрастном аспекте. В связи с этим, целью настоящей работы являлось исследование влияния длительной постоянной темноты, воздействие которой начиналось с периода внутриутробного развития (DD/DD) или с момента рождения (LD/DD), на возрастные изменения массы тела, кормо- и водопотребления, а также активности пищеварительных ферментов в тканях поджелудочной железы у самцов крыс. Схема эксперимента: самки в период беременности находились в LD или DD условиях. После рождения потомства, самок вместе с приплодом из первой группы разделили на две подгруппы: первую оставили в тех же условиях (LD, контроль), а вторая была перемещена в постоянную темноту (LD/DD). Самок и потомство, рождённое в группе DD, оставили в условиях световой депривации (DD/DD). Дальнейшие исследования проводили на потомстве. Крыс ежемесячно взвешивали, а также с помощью метаболических клеток для лабораторных животных определяли количество потребления корма и воды (в 6, 12 и 18 мес). Отбор образцов тканей панкреатической железы проводился у 4 самцов из каждой группы в возрасте 1, 2, 3, 6-ти, 12, 18 и 24 месяцев после декапитации. Работа выполнена на научном оборудовании ЦКП ФИЦ «КарНЦ РАН».

В результате проведённого исследования у контрольных животных обнаружено возрастное увеличение активностей амилазы, липазы и протеаз (до 12 мес.), тогда как потребление корма и воды с возрастом существенно не изменялось. Длительное пребывание крыс в условиях постоянной темноты приводило к нарушению возрастной динамики изученных показателей, при этом выявленные изменения в ответ на специфический световой режим различались в зависимости от того, на каком этапе онтогенеза начиналось его воздействие. Так, у животных в режиме LD/DD масса тела (возраст 3 и 18 мес), потребление корма и воды (12 мес), активности амилазы и липазы (18 месяцев) были ниже, а общая протеолитическая активность после окончания стадии стабильного роста (12, 18 и 24 мес) была выше, чем в LD. В условиях DD/DD у крыс в возрасте 12 и 18 мес отмечены минимальные значения потребления корма и воды, максимальные масса тела и активность амилазы (1 и 6 мес), а также более высокая активность протеаз в период стабильного роста (6 и 12 мес) по сравнению с контролем. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о значительных метаболических перестройках у животных в условиях постоянной темноты и дополняют имеющиеся сведения о том, что нарушение циркадного ритма секреции мелатонина в период беременности и в раннем постнатальном онтогенезе может привести к негативным последствиям и проявиться на более поздних сроках развития.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0003).

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ГИБЕРНИРУЮЩИХ РУКОКРЫЛЫХ

А. А. Муцкий¹, Е. П. Антонова², Е. А. Хижкин², В. А. Илюха³, В. В. Белкин²

¹ Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия

² Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: antonova88er@mail.ru

³ Институт биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия

Исследование механизмов адаптации млекопитающих к обитанию на севере, представляет одну из актуальных задач экологической физиологии. Отсутствие или дефицит пищи в зимний период являются главной угрозой для большинства видов млекопитающих северной зоны, однако некоторые из них обладают способностью впадать в состояние гибернации, при котором наблюдается снижение уровня метаболизма и температуры тела. Значительным модификациям в период спячки, как правило, подвергаются практически все физиологические системы организма.

В связи с этим, целью работы являлось изучение условий зимовки и физиолого-биохимических показателей гладконосых летучих мышей – *Eptesicus nilssonii*, *Plecotus auritus*, *Myotis brandtii*, *M. daubentonii* и *M. mystacinus*. Исследование было проведено на взрослых животных, отловленных осенью (начало гибернации), зимой (глубокая спячка) и весной (конец гибернации) на зимовках в Республике Карелия. Изучали микроклиматические условия обитания, температуру поверхности и массу тела животных, активность пищеварительных ферментов (амилаза, липаза и общая протеолитическая активность (ОПА)) в поджелудочной железе и тонком кишечнике, а также активность антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы) в тканях.

В период гибернации выявлена видоспецифичность предпочитаемых летучими мышами температур и относительной влажности воздуха. Среди исследуемых видов наиболее холодоустойчивым являлся *E. nilssonii*. Обнаружены сезонные вариации реакций на температурный фактор при выборе мест гибернации, которые, должно быть, обеспечивают максимально возможное сохранение энергетических запасов в процессе зимовки. У всех исследованных видов рукокрылых выявлено снижение массы тела, максимальная сезонная изменчивость которой обнаружена у самцов *E. nilssonii* и самок *P. auritus*. Отмечено, что у всех гибернирующих летучих мышей ОПА в поджелудочной железе снижалась, а в тонком кишечнике увеличивалась к концу зимней спячки. Обнаруженные межвидовые различия биохимических показателей у рукокрылых, по всей видимости, связаны с экологическими особенностями изученных видов. Так, у *Myotis* spp. и *P. auritus* в поджелудочной железе активность липазы снижалась в ходе спячки, а у *E. nilssonii* она была неизменна. Помимо этого, весной в тонком кишечнике у *Myotis* spp. и *P. auritus* активность амилазы была ниже, а у *E. nilssonii* выше, чем в осенний период. Показано увеличение активности СОД и каталазы у *E. nilssonii* в зимнее и весеннее время по сравнению с осенью. Наблюдаемые сезонные и межвидовые различия, вероятно, являются отражением эволюционно сложившихся потребностей организма, обеспечивающих высокую эффективность функционирования метаболических систем.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственных заданий ИБ КарНЦ РАН (FMEN-2022-0003) и ИБВВ (№ 124032500016-4).

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЫВОРОТКИ КРОВИ РУЧНЫХ И АГРЕССИВНЫХ АМЕРИКАНСКИХ НОРОК (*NEOGALE VISON*)

Э. В. Панова¹, С. Н. Калинина¹, В. А. Илюха², О. В. Трапезов³

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: panova550@gmail.com

² Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН, п. Борок, Россия

³ ФИЦ Институт цитологии и генетики Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия

Американская норка (*Neogale vison*) является уникальным объектом для исследования влияния искусственного отбора по поведению на физиологические функции организма животных. Созданные в ходе отбора по оборонительной реакции на человека линии американской норки с агрессивным и дружелюбным поведением различаются не только по поведению, но и по морфологическим и физиологическим особенностям. В основе этих различий могут лежать перестройки метаболических путей. В связи с чем цель работы состояла в анализе биохимических показателей сыворотки крови у агрессивных и ручных американских норок.

Объекты исследования – самцы и самки американской норки ($n=60$, возраст 11 месяцев) клеточного разведения (звероферма ИЦиГ СО РАН), взятые из 23-го поколения селекции по оборонительной реакции на человека. В данном исследовании были задействованы 2 группы норок – с агрессивным ($n\sigma=15$, $n\varphi=15$) и ручным поведением ($n\sigma=15$, $n\varphi=15$). Лабораторные исследования выполнены на научном оборудовании Центра коллективного пользования ФИЦ «КарНЦ РАН». Биохимические показатели в сыворотке крови определяли спектрофотометрически. Статистическую обработку цифрового материала проводили с помощью программы Statgraphics Plus. Для оценки влияния пола и типа поведения на исследуемые показатели использовали многофакторный дисперсионный анализ с оценкой достоверности различий по непараметрическому критерию Краскела-Уоллиса, статистически значимыми считали различия с $p<0.05$.

В ходе исследования обнаружено влияние как типа поведения, так и пола на биохимические показатели сыворотки крови животных. Большинство исследованных показателей (содержание альбумина, глюкозы и холестерина, активность аспартатаминотрансферазы (АСТ), лактатдегидрогеназы (ЛДГ), липазы) были более высокими у агрессивных самцов норок по сравнению с ручными. У агрессивных самок норок обнаружены более высокие концентрации альбумина и мочевины, в сравнении domesticiрованными. В то же время, у последних наблюдался более высокая активность АСТ. В группе агрессивных животных у самок по сравнению с самцами отмечено более высокое содержание альбумина, мочевины, а также активность липазы, в то время как в группе ручных норок самки по сравнению с самцами имели более высокую активность щелочной фосфатазы, аланинаминотрансферазы, АСТ, ЛДГ и липазы, а также уровень холестерина.

Обнаруженные различия в биохимических показателях сыворотки крови у норок с агрессивным и domesticiрованным поведением, вероятно, обусловлены плеiotропным влиянием генов и связанных с этим перестройкой метаболических путей.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0003) и ИЦиГ СО РАН (FWNR-2022-0023).

ЛЕСНОЙ СЕВЕРНЫЙ ОЛЕНЬ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «ПААНАЯРВИ»

Д. В. Панченко^{1,2}, А. В. Протасова²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: danja@inbox.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный парк «Паанаярви», п. Пяозерский, Россия

Лесной северный олень (*Rangifer tarandus fennicus* Lonnb.) – редкий зверь, внесенный в Красную Книгу Российской Федерации в статусе 3 (И) (2021). В условиях интенсивной трансформации местообитаний в результате лесохозяйственной деятельности особоохраняемые природные территории (ООПТ) республики играют важную роль в поддержании группировок этого краснокнижного вида. Одна из таких территорий – национальный парк «Паанаярви», расположенный на севере Карелии на границе с Мурманской областью. В этой части республики обитает тикшеозерская группировка лесного северного оленя (Данилов и др., 2020), и присутствие зверей в парке отмечается в разные сезоны года. Зимой следы их жизнедеятельности отмечаются, преимущественно, в восточной части ООПТ, где представлены сосновые боры с выраженным лишайниковым покровом. Тем не менее, постоянно в этот сезон года олени в парке не встречаются – вероятно, парк включает только часть зимних пастбищ, и группы животных могут приходить сюда на время в процессе освоения обширных зимних участков обитания. В бесснежный период лесные северные олени отмечаются на территории гораздо шире, и по данным сотрудников парка встречи животных из года в год регистрируются в одних и тех же местах. Учитывая представленность различных типов местообитаний, можно предположить, что здесь находятся, главным образом, летние участки обитания зверей. В этом отношении территория национального парка «Паанаярви» имеет сходство с заповедником «Костомукшский», где находятся летние пастбища обитающей там кухмо-каменноозерской группировки, а зимой заходы отмечаются не регулярно. Известно, что сезонные перемещения оленей проходят, в том числе через национальный парк и примыкающие к нему с востока территории в окрестностях оз. Ципринга. Так, в начале зимы отмечаются встречи групп животных, перемещающиеся с севера со стороны Мурманской области в направлении оз. Тикшеозеро.

Территория парка интересна и тем, что лесные северные олени обитают здесь в условиях тесного контакта с человеком. Фактор беспокойства значительно выражен, так как эти места в течение всего года посещает большое число туристов (от 5 до 7 тысяч), которые передвигаются на снегоходах, квадроциклах, моторных лодках. Тем не менее, животные не покидают парк и продолжают использовать его территорию.

Для сохранения лесного северного оленя тикшеозерской группировки и его местообитаний важно организовать предложенную в схеме территориального планирования республики ООПТ заказник «Пяозерский», примыкающий к национальному парку «Паанаярви». Его восточный кластер включает высоковозрастные беломошные сосновые леса, имеющие большое значение для северного оленя в разные сезоны года.

Работа выполнена в рамках государственных заданий ИБ КарНЦ РАН № FMEN 2022-0003 и национального парка «Паанаярви» № 051-00071-24-00.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРОВИ КАБАНОВ (*SUS SCROFA*, LINNAEUS 1758)

М. А. Перевозчикова, И. А. Домский, А. А. Сергеев

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства
имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия, e-mail: mperevozchikova@mail.ru

Кабан (*Sus scrofa*) – один из наиболее важных охотничьих видов. В настоящее время его успешно разводят в полувольных условиях и искусственной среде обитания, где локально устанавливается высокая плотность животных. При разведении кабанов ветеринарное обслуживание становится необходимым в связи с возможными вспышками заболеваний, а также для предотвращения переноса патогенов в нативные популяции. Неправильное кормление вызывает метаболические нарушения, приводящие к увеличению смертности, снижению плодовитости и продуктивности.

Параметры крови имеют первостепенное значение при оценке состояния здоровья диких животных, воздействию инфекционных и паразитарных болезней, эффективности их лечения, пищевого и иммунного статуса. Установление границ физиологических показателей является сложной и дорогостоящей задачей, поскольку требования к взятию биоматериала, особенно при обращении с дикими животными, трудновыполнимы.

Цель исследования – получение новых данных в области биологии и физиологии кабанов и установление морфологических параметров крови.

В охотничьих угодьях научно-опытного охотничьего хозяйства ФГБНУ ВНИИОЗ им. проф. Б. М. Житкова (северо-восток Европейской части России) в результате научного отстрела в период с октября по декабрь добыто 34 самца кабана, в том числе 14 молодых и 20 взрослых особей. Материал для изучения – кровь. Взятие проб производили путем перерезания яремной вены (*v. jugularis*). Исследования проведены на автоматическом анализаторе «MicroCC-20 Plus». Мазки крови окрашены с помощью набора LEUKODIF 200. Каждый мазок исследовали с помощью светового микроскопа MEIJI TECHNO под иммерсионной системой с объективом на $\times 100$. Статистический анализ проведен с использованием программного обеспечения MS Excel (Office 2019) и Statgraphics (19-X64) общепринятыми методами. Влияние фактора считалось достоверно значимым при $p < 0,05$.

Показатели крови молодняка до года и взрослых самцов кабана представлены в таблице.

Таблица. Показатели крови молодняка до года и взрослых самцов кабана ($n = 34$)

Параметры	Молодняк ($Me \pm SD$)	Взрослые ($Me \pm SD$)
Количество эритроцитов, $10^{12}/л$	$5,30 \pm 0,86$	$6,32 \pm 1,46^*$
Площадь эритроцитов, $мкм^2$	$26,42 \pm 2,37$	$28,79 \pm 1,67^*$
Гемоглобин, г/л	$115,00 \pm 22,28$	$154,00 \pm 31,72^*$
Гематокрит, %	$32,10 \pm 7,19$	$42,95 \pm 12,01^*$
Количество тромбоцитов, $10^9/л$	$138,50 \pm 93,21$	$181,00 \pm 96,98$
Количество лейкоцитов, $10^9/л$	$5,40 \pm 4,52$	$5,60 \pm 3,30$

* – различия между молодняком и взрослыми достоверны ($p < 0,05$)

Базовые значения параметров гемограммы могут быть важными индикаторами состояния как отдельных особей, так и популяций диких животных в целом, которые подвергаются воздействию окружающей среды, а также различных патогенных микроорганизмов, инвазий, токсинов и других причин заболеваний.

САМЦЫ И САМКИ БЕЛОЛОБЫХ ГУСЕЙ РАЗДЕЛЯЮТ ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РОЛИ ВО ВРЕМЯ ВЕСЕННЕЙ МИГРАЦИОННОЙ ОСТАНОВКИ

Д. Р. Поликарпова, О. А. Бабкина, Ю. А. Лощагина,
П. М. Глазов, К. Е. Литвин, Э. М. Зайнагутдинова

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: pitohui.53@gmail.com

Гуси образуют долгосрочные парные связи из-за постоянной потребности в сотрудничестве между самцами и самками. Предполагается, что во время весенней миграционной остановки самки питаются интенсивнее самцов, чтобы накопить запасы питательных веществ для образования кладки и высиживания потомства, в то время как самцы проводят больше времени, осматривая окружающее пространство на предмет опасности и защищая самок. Некоторые исследования демонстрируют, что в этот период ведущую роль в паре занимает самка, а самец следует за ней. Такое разделение обязанностей позволяет самке накапливать больше энергетических запасов и достигать большего репродуктивного успеха. Однако некоторые виды поведения требуют синхронизации для повышения репродуктивного успеха. Одним из важных аспектов более согласованного поведения партнёров является поведенческая латерализация. Это часть церебральной латерализации, которая выражается в асимметрии структуры и функций полушарий головного мозга. Визуальная латерализация – проявление поведенческой латерализации.

Мало что известно о различиях в поведении и визуальной латерализации между полами во время миграции у птиц с перманентной моногамией. Поскольку миграционные остановки имеют решающее значение для накопления энергетических запасов для миграции и будущего размножения, мы задались целью изучить различия в поведении самцов и самок белолобых гусей (*Anser albifrons*) в этот период.

Мы собрали видеоматериал для 19 пар белолобых гусей, где, по крайней мере, у одного из партнёров было шейное кольцо, позволяющее определить пол птицы. Съёмка видео производилась в 2022 и 2023 годах в заказнике «Кологривская пойма» в Костромской области России во время весенней миграционной остановки. Мы проанализировали видеозаписи продолжительностью от 20 до 40 минут. Во время анализа мы ежесекундно фиксировали поведение птицы, её положение в паре, считали число шагов и клевков.

Согласно нашим результатам, самки тратили больше времени на кормление (среднее для самцов 80.45 ± 16.50 (SD)% времени от времени всего видео, для самок 84.85 ± 14.00 (SD)%, результаты теста Вилкоксона $V = 135$, $p = 0.03$), а самцы на проявление бдительного поведения (среднее для самцов 4.32 ± 4.94 (SD)% и для самок 2.50 ± 3.14 (SD)%, результаты теста Вилкоксона $V = 23$, $p\text{-value} = 0.01$). Более того, большая часть бдительного поведения самцов приходилась на время, когда самки кормились (в среднем 51.4 ± 33.54 (SD)% от времени бдительного поведения самца за всё видео). Интенсивность ходьбы, выраженная в количестве шагов в минуту, значительно коррелировала между партнерами (результаты корреляции Пирсона: $r = 0.82$, $p\text{-value} < 0.01$). Предпочтение следовать за партнёром (в среднем для самцов 20.49 ± 7.57 (SD)%, для самок 19.22 ± 10.81 (SD)%) и проявление зрительной латерализации (индекс латерализации для самцов -0.04 ± 0.47 (SD), для самок -0.14 ± 0.42 (SD)) у разных полов не различались (результаты парного – т-теста: $t = -1.4$, $p\text{-value} = 0.17$ и $t = -1.56$, $p\text{-value} = 0.13$ соответственно). Эти данные иллюстрируют разделение ролей между партнерами в поведении и синхронизацию их передвижений. Такое поведение позволяет партнерам оставаться рядом друг с другом и оказывать поддержку партнеру.

Эта работа была поддержана грантом РНФ (№ 22-24-00346).

ПРОЦЕССЫ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ И ИНТЕГРАЦИИ ГЕНОФОНДОВ ПСОВЫХ РОДА *CANIS* ПО ДАННЫМ ДНК-АНАЛИЗА

Д. В. Политов, Ю. С. Белокоп, П. А. Казимиров, О. М. Рябина,
М. С. Талала, М. М. Белокоп

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей генетики
им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, Россия, dvp@vigg.ru

Волк (*Canis lupus* Linnaeus, 1758) – крупный широко распространённый в Голарктике и смежных регионах хищник, адаптированный к широкому спектру условий среды, от пустынь на юге до арктических пустынь на севере. Экология волка в целом характеризуется выраженной территориальностью, однако в то же время волк обладает высокой способностью к расселению, что доказывают как опосредованные генетические данные, так и прямые наблюдения с помощью дистанционного трекинга. Молекулярно-генетические маркеры являются эффективным инструментом количественной оценки параметров генетической структуры популяций животных, в том числе крупных хищников. С помощью микросателлитных локусов мы проанализировали генетическую подразделённость и пространственную автокорреляцию у волка Северной Евразии. Выявлены скрытые генеалогические паттерны на различных дистанциях, наиболее сильно проявляющиеся на географических дистанциях до 150 км, но прослеживающиеся и на более широком пространственном масштабе (до 700–1600 км). Показано, что выявление и исключение родственных генотипов несущественно влияет на внутривидовые оценки генетического разнообразия. Однако данная процедура рекомендуется для более адекватной оценки популяционно-генетической структуры, позволяя оптимизировать ряд статистических процедур. Полученные данные, таким образом, демонстрируют интегрирующий эффект natalной миграции, действующей против дифференцирующего влияния филопатрии. Оценены паттерны пространственной дифференциации волка на российской и смежных частях ареала с помощью фрагмента контрольного региона митохондриальной ДНК (мтДНК). Проведён также ДНК-анализ выборок волка, сформированных из образцов сданных в региональные охотуправления шкур особей, добытых в рамках программ регулирования численности хищника с целью выявления гибридных особей, имеющих примесь крови собак. При этом доля гибридов разных поколений составила примерно 4 %. Анализ собственных и литературных данных позволяет заключить, что в природных и синантропных популяциях волка и фенотипически напоминающих волка диких канид филогенетической линии волка (р. *Canis*) регулярно выявляются особи гибридного происхождения, что демонстрирует постоянный поток генов между волком и домашней собакой. Широко известны гибридные популяции волка и койота Северной Америки, в то же время для евроазиатского шакала, эволюционно менее родственного волку, чем койот, такие случаи крайне редки и до сих пор чрезвычайно редко регистрируются с помощью данных ДНК-анализа. Проведена также сравнительная оценка разных классов молекулярных маркеров, включая как традиционные фрагменты мтДНК, Y-хромосомы и ядерных микросателлитных локусов, так и число копий генов, кодирующих амилазы, для которых, как было ранее показано в других исследованиях, многокопийность тесно связана с доместикацией.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-00635.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛЕЙ В КАРЕЛИИ НА СОСТОЯНИЕ ВЕСЕННИХ МИГРАЦИОННЫХ СКОПЛЕНИЙ ГУСЕОБРАЗНЫХ

С. А. Симонов, А. В. Артемьев, **Н. В. Лапшин**, М. В. Матанцева, А. О. Толстогузов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: ssaves@gmail.com

На полях южной Карелии в окрестностях г. Олонца (61° N, 32° E) каждую весну формируется одна из крупнейших в Северной Европе миграционных остановок гусеобразных Anseriformes. На части этих полей площадью 49 км² запрещена охота, и в отдельные дни здесь может собираться более 40 тыс. птиц (гуменников *Anser fabalis*, белолобых гусей *A. albifrons* и белощеких казарок *Branta leucopsis*). Изучение скоплений гусеобразных на Олонецких полях проводят с 1993 г. За это время получены данные о многолетней динамике численности и состава скоплений птиц (Зимин и др., 2007; Артемьев и др., 2019, 2020, 2022 и др.). Целью настоящего сообщения была оценка распределения гусеобразных по полям разных типов, а также анализ влияния режима эксплуатации полей на численность и состав весенних миграционных скоплений птиц.

Исследования проводили методами пеших и автомобильных учетов на постоянных маршрутах (Зимин и др., 2007). Пеший маршрут длиной 9,5 км пролегал по дороге, идущей по угодьям с посевами многолетних трав, участками со стерней из-под зерновых культур или пашней. Пешие учеты проводили, начиная с 6:00–8:00 ч. в зависимости от погодных условий. Учет на автомобиле вели по маршруту длиной 39,5 км (обычно с 15:00) с регистрацией всех встреченных особей и скоплений птиц на дальность обнаружения. В ходе анализа режима эксплуатации полей обследуемые области были разделены на два основных типа: ООО «Совхоз Аграрный» (поля, примыкающие к деревне Рыпушкалицы) и ОАО «Племенное хозяйство «Ильинское» (поля, примыкающие к деревне Алексала). Эти агрохозяйства различаются поголовьем скота, направлением деятельности животноводческого комплекса и связанными с этим различиями в характере и интенсивности возделывания полей, а также характеристиками угодий, обусловленными особенностями ландшафта, такими как форма и размер отдельных полей, система дренажа, близость леса и характер окаймляющей древесно-кустарниковой растительности. Совокупность этих характеристик создает неравные условия для привлечения птиц. Нами были проанализированы данные о видах сельскохозяйственных культур, выращиваемых на разных полях в разные годы, а также проведен анализ интенсивности эксплуатации полей с использованием программы QGIS 3.30.2 Hertogenbosch (QGIS.org, 2022) и плагинов Google Earth Engine и Google Earth Engine Data Catalog с доступом к открытым историческим спутниковым снимкам платформ Landsat 4, 5, 7–9 (Gorelick et al., 2017). В качестве показателя интенсивности эксплуатации полей использована доля возделываемых полей, дешифруемая на основании спутниковых снимков.

Проанализирована многолетняя динамика распределения птиц по угодьям агроландшафта с разной степенью сельскохозяйственной нагрузки. В результате работы выявлено, какие особенности режима эксплуатации полей привлекали птиц исследуемых видов, и чего они избегали. За годы исследований в режиме эксплуатации Олонецких полей произошли изменения, приведшие к повышению их качества, в частности, регулярное обновление посевов многолетних трав и расширение площадей с зерновыми и бобовыми культурами обогатило кормовую базу гусеобразных, а удаление кустарников с берегов дренажных канав повысило защитные свойства угодий. Это создало предпосылки для роста численности гусей и казарок на миграционной стоянке, однако усилившийся уровень антропогенного беспокойства, и в первую очередь интенсивность охоты, препятствует этому.

Сообщение подготовлено в ходе реализации совместного проекта РНФ № 23-24-10049 (<https://rscf.ru/project/23-24-10049/>) и Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия № 19-P23.

ЛОКАЛЬНЫЕ АДАПТАЦИИ КРЕЧЕТОВ (*FALCO RUSTICOLUS*) К УСЛОВИЯМ СУЩЕСТВОВАНИЯ В АРКТИКЕ

А. А. Соколов¹, В. А. Соколов², И. А. Фуфачев¹, Н. А. Соколова¹

¹ Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги, Россия, e-mail: sokhol@yandex.ru

² Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Исследования адаптации живых организмов к изменяющимся условиям окружающей среды в Арктике мы рассматриваем в аспекте потепления климата и растущего антропогенного присутствия в регионе. Кречет внесён в Красную книгу Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) как вид, находящийся под угрозой исчезновения (1 категория). Гнездовой ареал кречета в западной части ЯНАО занимает относительно узкую полосу лесотундры, и ограничивается наличием скал или деревьев, на которых кречет занимает гнезда, построенные другими видами птиц. За пределами исторического ареала, гнездование кречета на техногенном объекте – мостовой конструкции действующей железной дороги Обская–Бованенково–Карская, впервые зарегистрировали в 2014 г. (Соколов и др., 2017). Железнодорожная линия проходит вдоль п-ова Ямал с юга на север, от 66,7° до 70,3° с.ш., и, пересекая кустарниковую и типичную тундры, достигает южной границы арктической тундры. Начиная с 2016 г., совместно с ООО «Газпромтранс» и Правительством ЯНАО, мы ежегодно проводим мониторинг каждого мостового перехода к северу от естественных мест гнездования кречета. Единственным видом, который способен обеспечить кречета гнездовыми постройками на мостах является ворон *Corvus corax*. Каждый год мы проверяем 43 моста, на 41 из которых были обнаружены гнездовые постройки вороны. В разные годы мы находили здесь от 38 до 66 его гнездовых построек. Общее число обнаруженных гнездовых построек за все годы – около 400. В указанных гнездах, построенных вороном на мостах, в каждый конкретный год мы обнаруживали от 5 до 12 гнезд кречета с яйцами или птенцами, при этом общее число встреченных взрослых кречетов за одну проверку мостов может достигать 32. Размножение кречета отмечено как на самом южном, так и на самом северном мосту проверяемого участка трассы. Важнейшим фактором, необходимым для гнездования кречета, кроме наличия удобного места для постройки гнезда, возвышающегося над окружающим рельефом (деревья, скалы или мосты) и наличия видов – строителей гнезд, является обилие основного вида добычи кречета – куропаток. В последние годы мы отмечаем эффект «бореализации» тундровой фауны в регионе. Проникновение далее к северу полевков, и исчезновение леммингов на южных границах их распространения мы связываем, прежде всего, с меняющимися климатическими условиями (Sokolova et al., 2024). По всей видимости, климатические сдвиги опосредованно могли повлиять и на изменение сезонного распределения куропаток на п-ове Ямал. По классическим представлениям, снежный покров, скрывающий кустарники – основной зимний корм куропаток, заставлял их покидать тундру и откочёвывать к югу, в лесотундру и северную тайгу (Рябицев, 2001). Современная граница распространения кустарниковой растительности в регионе в последние десятилетия сместилась к северу, а высота кустарников увеличилась (Ermokhina et al., 2023). Регулярная регистрация кречетов на мостах в ноябре-марте, вплоть до самых северных конструкций, однозначно указывает на то, что сегодня, эти соколы находят достаточное для выживания и своего размножения количество куропаток на полуострове вплоть до 70° с.ш.

Результаты наших наблюдений над экологией кречета в регионе указывают на важные фундаментальные и прикладные аспекты адаптации краснокнижного вида к изменяющимся условиям окружающей среды на севере Западной Сибири, которые, вероятно, можно предсказывать и для других регионов Арктики.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-44-00094.

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РЕЧНОЙ ВЫДРЫ (*LUTRA LUTRA*) ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ (ПО ДАННЫМ мтДНК И МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ ЛОКУСАМ)

Н. А. Соколова, П. А. Сорокин

Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: nadezhdasklva@gmail.com

Речная выдра (*Lutra lutra*)—широко распространенный палеарктический вид околоводных кунных. Анализ фрагмента контрольного региона митохондриальной ДНК (300 п. н.) для Европы показал низкое генетическое разнообразие и «звездообразную» генетическую структуру гаплотипов мтДНК, что может свидетельствовать о прохождении вида через ряд бутылочных горлышек в связи с резким падением численности (Mucci et al., 2010). Для Европейской части России (ЕЧР) подобных резких снижений численности зафиксировано не было (Данилов, Белкин, 2009), численность вида всегда была достаточно высока, в т. ч. на Северо-Западе России (Данилов, Туманов, 1976), однако преимущественно выдра попадала в фокус исследователей в основном с точки зрения экологии вида.

Мы проанализировали генетическую структуру группировок выдры для ЕЧР. Для фрагмента мтДНК длиной 820 п. н. у выдр из ЕЧР гаплотипическое разнообразие $h = 0,85 \pm 0,03$, нуклеотидное разнообразие $\pi = 0,002 \pm 0,001$ и увеличивается число гаплотипов до 14. Географическое распределение гаплотипов не показывает зависимости ни от региона, ни от системы рек. Имеется как центральный гаплотип, распространенный по всей Европе, ЕЧР, а также Закавказью, так и второстепенные, объединяющие меньшее количество регионов. Географическое распространение гаплотипов характеризуется преобладанием доли общеевропейского гаплотипа во всех российских группировках, более редкие гаплотипы достоверно различаются между группировками (Соколова и др., 2023).

Анализ 20 микросателлитных локусов показал генетическую однородность речной выдры ЕЧР, но более высокие показатели генетического разнообразия по сравнению с данными для остальной Европы ($H_o = 0.68$, $H_e = 0.78$), а также по сравнению с кавказской выдрой (*L. l. meridionalis*). Значение генетической дистанции R_{st} между кавказской выдрой и популяцией ЕЧР составило 0.099.

Таким образом, генетическое разнообразие выдры ЕЧР выше, чем в Западной Европе, при этом структура популяций повторяет общеевропейский паттерн, с некоторыми региональными особенностями. Более высокое генетическое разнообразие оказывает положительное влияние на стабильность популяции, что особенно важно для северного края ареала выдры.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-24-00411).

ПРЕДЕЛ АВТОНОМИЗАЦИИ: ШМАЛЬГАУЗЕН vs. ВАВИЛОВ

В. В. Суслов

Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск, Россия,
e-mail: valya@bionet.nsc.ru

Основной путь эволюции к морфофизиологическому прогрессу и одновременно адаптации к суровой среде – автономизация от неё гомеостатом с коэффициентом отрицательной обратной связи: постоянным (ГП) [Шмальгаузен, 1983] или тарифируемым по памяти от прежних встреч с той средой (ГПТ) [Иваницкий, 2010]. Но филумы из мягких низких широт (НШ) успешнее в экспансии и в высоких или суровых: ареал лисы перекрыл ареалы корсака, тибетского лиса и юг ареала песца, миграции же песца на ареал лисы сезонны и не переходят в экспансию: филумы суровых широт, как правило, идут в НШ как арктомонтанные, НШ-помпа биогеографии (экваториальная [Дарлингтон, 1966], субтропическая [Жерихин, 2003]) куда сильнее ВШ-помпы, а ГП/ГПТ лучше в суровых широтах (*a*). *In situ* рост биогенного отбора на разнообразие из-за ослабления отбора абиогенного в экосистемах мягких НШ по Жерихину невалиден как объяснение НШ-помпы [Чернов, 2008]: (*b*) субтропики и Заполярье – «заповедники» пусть разных, но реликтов; (*в*) до определённого предела суровости эквалентность ВШ-филумов тем выше, чем беднее экосистемы – нет запрета *in situ* отбору на разнообразие, тем более при смягчении среды; (*г*) *in situ* суровость абиогенного отбора ВШ-филумов оборачивается ослаблением биогенного. Вклады *a–г* варьируют у разных арктомонтанных экосистем/биотопов, т. е. валидно лишь объяснение и для каждого из *a–г*, и любой их комбинации.

Сталкиваясь с инфекционным агентом, перекрывшим норму реакции не только популяции, но и рода, куда та входит (т. е. отбор на ГП/ГПТ бесперспективен), популяция, разбиваясь на ценопопуляции, выживает в стациях-рефугиях, чья комбинация факторов среды как-то (1) ослабляет *здесь и сейчас* что-либо из вирулентности, контагиозности или жизненного цикла агента (2). Признаки, адаптивные для *своих* рефугий, полезны сами по себе, могут по-разному «испортить жизнь агенту», но не обязаны быть идентичны. Обмены же *разных* устойчивых ценопопуляций выявят гены, дающие устойчивость в нескольких стациях (1) по тому или иному комплексу вирулентности и др. (2), запустив реколонизацию ареала с формовкой гомологических рядов (ГР) устойчивости к агенту [Вавилов, 1919].

Особь не обязана терпеть суровый режим среды перманентно (1) или весь (2): (1) – активация стресса, а с ним отбора на пролонгацию Селье-фазы перекрёстной резистентности и купирование дистресса [Suslov, 2013]; (2) – отбор на разрежимливание среды: из множества всех факторов среды отбор на адаптацию к подмножеству, от прочих временно спасёт стресс (1). 1 и 2 и каждый, и в комплексе требуют поиска рефугий, но и дают время на то, запуская реколонизацию ареала с формовкой ГР Вавилова.

Особый отбор на разрежимливание – «превращение проигрыша в выигрыш», если одни факторы среды можно повернуть против других. Тетерев и грызуны под снегом – отбор на переживание мороза за счёт его же следствий в данном биотопе (2) с отбором на поиск/уход в таковой (1): 1 и 2 – реколонизация и ГР. Зимовка амфибий на стадии личинки подо льдом или в водах карста [Берзина, Вершинин, 2022] – то же в комплексе с рассиндромливанием онтогенеза: какое лишь поможет ГР [Фридман, Суслов, 2022].

Межстациональный обмен и поиск рефугий у филумов, адаптивных по Вавилову – даже в нормальных филуму условиях среды: т. е. реколонизация может перейти в экспансию за предковый ареал. А филум с ГП/ГПТ кочует лишь в этом ареале, покидая его лишь при экстраординарном росте суровости. Зато перманентно тратит энергию на ГП/ГПТ, чья формовка отбором менее вероятна: ГР работают по мере формовки, ГП/ГПТ – после сборки (плата за прогресс). Что и объясняет *a–г* в любой (тоже ГР) комбинации.

ЗДОРОВЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ КАК ФАКТОР АДАПТАЦИИ ПРИ ПЕРЕСЕЛЕНИИ В СЕВЕРНЫЕ РЕГИОНЫ

Д. Р. Сучков

Медицинский институт имени профессора А. П. Зильбера, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: haizenberg051@gmail.com

Миграция в северные регионы, такие как Республика Карелия, на продолжительный период зачастую сопровождается затяжной акклиматизацией и затрудненной адаптацией к новым условиям жизни. Это ярко выражается среди студентов высших и средних учебных заведений, мигрировавших на длительный период обучения из южных регионов, регионов средней полосы России, стран Азии, Африки, так же стран Южной Америки. Суровый климат и качественно отличающиеся условия жизни в новом месте проживания негативно сказываются на общем состоянии здоровья. Это проявляется в затрудненной работе сердечно-сосудистой и дыхательной систем, ввиду влияния низких температур и неблагоприятных метеорологических условий, перестройкой суточной периодики физиологических функций организма, ввиду изменения специфики фотопериодичности в данном регионе, гипокинезии, обусловленная неблагоприятными метеорологическими-погодными условиями принуждающая к малоактивному образу жизни, расстройства пищеварительной системы, обусловленные авитаминозами и вынужденными изменениями в рационе питания. Все вышеперечисленное приводит к появлению либо развитию патологий и хронических заболеваний человека. Здоровый образ жизни, заключающийся в рациональном режиме работы и отдыха, рациональном питании с максимально возможным сохранением особенностей привычного пищевого рациона в родном регионе, оптимальном двигательном режиме, закаливание, личной гигиене, искоренение вредных привычек, способен компенсировать и ускорить адаптацию человека при миграции в северный регион.

Цель работы: Изучить и определить значение здорового образа жизни как фактора адаптации к жизни в условиях севера.

Материалы и методы: Сбор и анализ результатов анкетирования 40 иногородних и иностранных студентов Медицинского института имени профессора А. П. Зильбера живущих в Республике Карелия свыше двух лет.

Результаты: С 40 опрошенных иногородних студентов живущих в г. Петрозаводск свыше двух лет 75% не ведут здоровый образ жизни и до сих страдают от неудовлетворительного уровня здоровья, связанного с недостаточной адаптированностью к жизни в условиях севера. Это проявляется в пониженном иммунитете, частой заболеваемости, сбитым режимом сна и бодрствования, различные высыпания на лице и теле, периодические расстройства пищеварительной системы, подавленное состояние, головные боли, нестабильное психоэмоциональное состояние. Четверть опрошенных это 10 человек, ведущие здоровый образ жизни, меньше испытывают данные трудности и их уровень здоровья можно назвать удовлетворительным.

Таким образом, определить значение здорового образа жизни в процессе адаптации к жизни в условиях севера. В частности, активный образ жизни и регулярные физические нагрузки ускоряют и стабилизируют работу сердечно-сосудистой и дыхательной систем к новым климатическим условиям, соблюдение режима работы, отдыха, сна и бодрствования компенсируют влияние изменения фотопериодичности в новом регионе, контроль за рациональным питанием компенсирует авитаминозы, присущие северным регионам, а также вынужденные изменения в рационе питания.

ИЗМЕНЕНИЕ БИОМА – ТУНДРЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ АРКТИКИ, НА ПРИМЕРЕ ПЕСЦА (*VULPES LAGOPUS* L.) КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

К. Ф. Тирронен

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: konstantin.tirronen@gmail.com

Изменения климата – глобальный фактор, влияющий как напрямую, так и косвенно на региональные популяции животных, характеризующийся как самая серьезная угроза арктическому биоразнообразию (Sokolov et al., 2024). Целый комплекс меняющихся климатических параметров модифицирует ареалы и динамику численности арктических видов. Относительно недавно, типичный и многочисленный обитатель европейских тундр – песец, значительно сократил область своего распространения и численность, а в ряде регионов стал редким или исчез (Ануфриев, Тирронен, в печати). Наиболее остро вопрос сохранения вида встал в Скандинавии, и несколько позднее та же проблема возникла на Кольском п-ове. Сообщества млекопитающих тундры представляются довольно простыми из-за низкого разнообразия и коротких пищевых цепей. Одной из основных особенностей этих систем являются резкие колебания популяций некоторых растительноядных, что, в свою очередь, влияет на популяции хищников. В Северной Европе и Фенноскандии амплитуда и регулярность циклов популяций мелких грызунов в целом снизилась с конца 1980-х годов (Катаев, 2016; Cornulier et al., 2013), хотя в последние годы наблюдается восстановление (Brommer et al., 2010; Magnusson et al., 2015; Wegge, Rolstad, 2018). Затухание циклов популяций грызунов связывают с изменением зимних климатических условий, проявлением экстремальных погодных явлений, повышением летних температур. Успех размножения песца и динамика его популяций находятся в теснейшей взаимосвязи с состоянием популяций леммингов, в районах, где эти виды сосуществуют. Следует отметить, что в отношении леммингов, глобальный анализ данных мониторинга по всей Арктике, показал, отсутствие коллапса цикличности их популяций, хотя в последние десятилетия на большинстве участков циклы и носили спорадический характер (Gauthier et al., 2024). Тем не менее, среди главных причин критического состояния песца Скандинавии, называют: 1) растущую неравномерность циклов леммингов, обусловленную климатом, и 2) увеличение численности рыжей лисицы – главного конкурента (Ims et al., 2018). На Кольском п-ове интерес к добыче песца со стороны человека полностью пропал на протяжении более двух десятилетий и, следовательно, эту причину катастрофического сокращения численности вида, мы можем исключить. Коллапс вида на полуострове, очевидно, начал происходить на рубеже нового тысячелетия. По последним оценкам современная репродуктивная часть населения вида составляет несколько десятков особей (Tirronen et al., 2021; Тирронен и др., в печати). В этой связи, требуется реализация срочных мероприятий по сохранению вида: внесение в региональные списки охраняемых видов с приданием высокого охранного статуса, каталогизация норовиц, проведение разноплановых исследований для оценки состояния ресурсов вида и внедрение системы мониторинга, определение угроз. Глобальное сокращение популяций ключевых видов Арктики принципиально меняет не только ее общий облик, но и структуру, и функциональные связи сообществ этого биота.

Работа выполнена в рамках исследований по государственному заданию FMEN-2022-0003.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГНЕЗДОВАНИЯ БОЛЬШОЙ СИНИЦЫ (*PARUS MAJOR*) И МУХОЛОВКИ-ПЕСТРУШКИ (*FICEDULA HYPOLEUCA*) В ЛЕСАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

А. О. Толстогузов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: tolstoguzov_ib@mail.ru

Изучение гнездовой биологии птиц-дупло гнезdnиков в Карелии ведется давно, но проводилось в лесах, которые в настоящее время не подвержены сильному антропогенному прессу (Артемьев, 1993, 2008; Хохлова, 2014; Яковлева, 2020). Подобные исследования в антропогенно-трансформированном ландшафте с существенной рекреационной нагрузкой в Карелии не проводились.

Поэтому для наших исследований была выбрана территория Ботанического сада ПетрГУ. Его территория нами была условно поделена на две зоны – рекреационную и заповедную. Проведено сравнение параметров гнездования среди этих зон, так и с аналогичными данными в Олонецком заказнике (по Артемьеву). Материалом для работы послужили результаты 9-летнего мониторинга (2015–2023).

При обработке данных для сравнения признаков использовался Т-критерий Стьюдента, а при сравнении признаков, выраженных долями, – F-критерий Фишера с фи-преобразованием.

В антропогенном ландшафте заселенность искусственных гнездовий и плотность гнездования обоих видов птиц были значимо выше, чем в менее нарушенных лесах, что говорит нам о большей привлекательности этих мест для гнездования, как за счёт меньшего количества естественных гнездовий, так и ландшафтно-климатических условий.

У большой синицы в антропогенном ландшафте наблюдалось преобладание птиц старших возрастных групп над птицами первогодками и составляло для самцов 61 %, для самок 82 %, в то время как в таёжных лесах Южной Карелии доля птиц этих возрастных групп была не больше 48 % для самцов и 34 % для самок. Скорее всего древостои вблизи мест зимовок являются оптимальными местообитаниями для большой синицы и вследствие конкуренции за гнездовую территорию молодняк вынужден отходить в субоптимальные местообитания. Большие синицы в условиях Ботанического сада начинали откладку яиц в среднем 7 мая (n=132), что значимо раньше, чем в Олонецком заказнике – 10 мая (n=102). Вторая кладка также начиналась в Ботаническом саду значимо раньше – 20 июня (n=63).

Величина первых кладок в Ботаническом саду у синицы не отличалась от величины в Олонецком заказнике, а величина вторых кладок в Олонецком заказнике была значимо больше – 8,7 яиц (n=48) и 7,8 яиц (n=45) соответственно.

Успешность размножения, также как и успешность насиживания больших синиц в Ботаническом саду в среднем значимо не отличалась от Олонецкого заказника, в то же время успешность выкармливания значимо выше была в заказнике. При этом в ботаническом саду успешность гнездования синиц была выше в «заповедной» части сада, которая характеризуется обилием хвойных деревьев, а в Олонецком заказнике наоборот синицы успешнее гнездились в лесах с преобладанием лиственных видов деревьев.

У мухоловки-пеструшки разницы дат начала кладки не наблюдалась. Величина кладки мухоловок в Ботаническом саду оказалась значимо больше, чем в таёжных лесах Южной Карелии – 6,5 яиц (n=407) и 6,3 яиц (n=729) соответственно.

Успешность размножения мухоловок-пеструшек в Ботаническом саду была значимо выше, чем в таёжных лесах Южной Карелии, при этом достоверное отличие было как в насиживании кладки, так и в выкармливании птенцов.

Работа выполнена в рамках государственного задания КарНЦ РАН № FMEN-2022-0003.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ЭПИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ РЕГУЛЯЦИИ Т-РЕГУЛЯТОРНЫХ ЛИМФОЦИТОВ ПРИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ

Л. В. Топчиева¹, Г. А. Жулай¹, И. В. Курбатова¹, В. А. Корнева²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: topchieva67@mail.ru

² ПетрГУ, г. Петрозаводск, Россия

Развитие артериальной гипертензии (АГ) можно рассматривать как снижение адаптационных возможностей человека. Это заболевание связано с иммуновоспалительным статусом организма. Ключевую роль в реализации иммунного ответа играют регуляторные Т-клетки (Treg). Роль Treg-клеток в поддержании иммунного гомеостаза при АГ остается до конца не ясной. Иммуносупрессорную способность Treg-лимфоцитов определяет экспрессия транскрипционного фактора FOXP3 (FORKHEAD BOX P3). Имеются данные, свидетельствующие о важном значении генетических механизмов в контроле иммунного гомеостаза. Однако связь аллельного полиморфизма гена *FOXP3* с развитием артериальной гипертензии не изучена. Супрессорная функция Т-регуляторных лимфоцитов регулируется также эпигенетическими факторами и зависит от соотношения сплайс-форм мРНК гена *FOXP3*. Вопрос о том, как изменяется баланс сплайс-форм мРНК гена *FOXP3* при АГ остается открытым. Цель исследования – изучить генетические и эпигенетические факторы регуляции Т-регуляторных лимфоцитов при артериальной гипертензии.

Использована периферическая кровь здоровых людей и пациентов с АГ (I–II стадии). Генотипирование по –924A>G (rs2232365) и –3279C>A (rs3761548) полиморфным маркерам гена *FOXP3* проводили методом ПЦР-ПДРФ анализа. Экспрессию генов оценивали методом ПЦР в режиме реального времени. Фенотипирование лимфоцитов в периферической крови проводили методом точной цитометрии. Содержание IL-10 в плазме крови здоровых индивидов измеряли методом ИФА.

Соотношение CD4+CD25+/CD4+ клеток было выше у пациентов с АГ ($p<0,05$). У больных АГ уровень FOXP3+ non-Treg-клеток оказался выше, чем у здоровых доноров ($p=0,025$), тогда как содержание покоящихся и активированных Т-клеток оставалось на уровне контроля ($p>0,05$). Уровень маркера пролиферации Ki-67 на CD4+CD25+FOXP3+ Treg-клетках больных АГ был снижен при сравнении со здоровыми индивидами ($p=0,018$). Количество мРНК генов *FOXP3* и *IL2R* в лейкоцитах периферической крови (ЛПК) больных людей оказалась существенно выше, чем у здоровых индивидов ($p<0,01$). Уровень сплайс-формы мРНК гена *FOXP3* без экзона 2 (delta2) был значительно выше в ЛПК пациентов без антигипертензивной терапии при сравнении со здоровыми людьми и пациентами на терапии ($p<0,01$). Количество транскриптов гена *FOXP3* с экзонам 2 (exon2) был выше в ЛПК пациентов с АГ при сравнении со здоровыми индивидами ($p<0,01$). Соотношение сплайс-форм delta2/exon2 составило 0,59; 4,9; 1,35, соответственно у здоровых людей, пациентов без терапии и пациентов на терапии. Уровень delta2 транскриптов в ЛПК больных АГ отрицательно коррелировал с количеством клеток CD4FOXP3 и CD4CD25FOXP3 в периферической крови ($R = -0,491$, $p=0,02$; $R = -0,525$; $p=0,012$, соответственно). Выявлена связь носительства генотипа CC по rs3761548 с риском развития АГ (ОШ=1,967 (95%ДИ 1,121–3,450)). Уровень транскриптов гена *FOXP3* в ЛПК здоровых людей не зависел от носительства аллельных вариантов по rs2232365 и rs3761548 ($p>0,05$). Выявлено влияние генотипа по rs3761548 на содержание IL-10 в плазме крови здоровых людей ($H=4,961$; $p=0,026$). Повышение количества клеток CD25+CD45RA-FOXP3^{lo} и снижение пула Treg клеток, имеющих маркер пролиферации у пациентов с АГ, свидетельствует о дисфункции Treg при данном заболевании. Нарушение функциональных характеристик этих клеток при АГ, вероятно, связано с изменением соотношения экспрессии сплайс-форм мРНК гена *FOXP3*. Полиморфный маркер –3279C>A гена *FOXP3* вовлечен в предрасположенность жителей Карелии к развитию АГ, вероятно посредством влияния на уровень противовоспалительного цитокина IL-10.

ВЛИЯНИЕ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И СТРОИТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ БОБРОВ В КАРЕЛИИ

Ф. В. Фёдоров

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: ffyodoroff@inbox.ru

Низкая плотность населения бобров, повторное заселение ими одних и тех же мест, высокая строительная активность и неравномерное распределение поселений могут служить показателями неблагополучия бобровых угодий или нехватки одного из важных компонентов среды, необходимого для благополучного существования животных. Среди множества факторов, влияющих на численность и распространение бобров в Карелии, главными считаются *кормовая база* и пригодные места для устройства постоянных *жилищ*. И даже в наиболее бедных бобровых угодьях следует, в первую очередь, обращать внимание на минимально представленный экологический фактор, который значительно ограничивает распространение и численность животных. Понимание этих лимитирующих факторов позволит приблизительно оценивать численность бобров, основываясь лишь на подсчете их поселений.

В докладе приводится численность бобров, обитающих в угодьях с различными ограничивающими факторами среды.

1. Нехватка кормов. *Костомукинский заповедник* (49,3 тыс. га): хвойные леса – более 99% от лесопокрытой площади (сосняки – 84, ельники – 16%). Бобры активно заселяют немногочисленные участки берега с повышенной долей лиственных пород деревьев. Учтено 22 поселения, из них **жилых – 4 (18%)**. *Карельская часть Водлозерского НП* (130,6 тыс. га): хвойные леса – 96,4% (ельники занимают 50,2, сосняки – 46,2%). Учтено 84 поселения, из которых **жилых было – 26 (31%)**.

2. Нехватка пригодных мест для устройства жилищ. *Кижский архипелаг* (обследовано 24,3 тыс. га территории и акватории) отличается богатством кормовой базы бобров: на побережье преобладают вторичные лиственные леса с хорошо развитым подлеском и подростом. Однако скалистые берега, каменистое дно и небольшая глубина водоёма непосредственно у берега не позволяют бобрам рыть норы или строить хатки. Это вынуждает зверей селиться на сплавинах. Особенности жизни бобров здесь: высокая доля жилых поселений при крайне низкой плотности их распределения, большое расстояние между ближайшими жилыми поселениями, высокая доля поселений, заселенных повторно. Учтено 11 жилых и 2 брошенных поселения. Большая часть поселений (7 из 11) заселены бобрами повторно. Другими словами, 64% хаток уже оставались бобрами.

3. Относительно благоприятные факторы среды. *Ламатозерское охотничье хозяйство* и смежные территории (21,0+ тыс. га): ельники занимают 7,8% лесопокрытой площади, сосняки – 28,7%, смешанные леса – 37,8%, лиственные – 26,0%. Большая часть территории покрыта сетью мелиоративных канав, что повышает ёмкость боровых угодий. Во многих местах южной Карелии нет условий для рытья нор, однако есть возможность строить хатки с выходом под водой. Учтено 72 поселения, из них **32 (44,4%) – жилые**.

Таким образом, в угодьях, где основным лимитирующим фактором среды был существенный недостаток кормов, доля жилых поселений бобров составляла 20–30%; в угодьях с благоприятными (по карельским меркам) факторами среды жилыми были до 50% поселений. Особенно стоят угодья Кижского архипелага. Там, при изобилии бобровых кормов, катастрофически не хватает мест для устройства жилищ. В таких условиях отмечается крайне малое число бобровых поселений с высокой долей их заселённости (50–80%). В целом, наши результаты отражают общую закономерность, отмеченную и в других регионах, когда в устоявшихся популяциях жилищами могут быть от одной трети до половины поселений (Rosell, Campbell-Palmer, 2022).

Работа выполнена в рамках государственного задания КарНЦ РАН № FMEN-2022-0003.

ДИЕТА ПЕСЦА В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ В ПОЙМЕ РЕКИ САБЕТТАЯХА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАБИЛЬНЫХ ИЗОТОПОВ

И. А. Фуфачев, Н. А. Соколова, А. А. Соколов

Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН,
г. Лабытнанги, Россия, e-mail: fufa4ew@yandex.ru

Песец важнейший хищник Арктики, чьи репродуктивные показатели чувствительны к дополнительным пищевым субсидиям (Ehrich et al., 2015). Поскольку пищевая сеть арктических экосистем может контролироваться хищниками, дополнительные пищевые субсидии могут иметь существенный косвенный эффект на экосистему в целом. В связи с чем, изучение питания песца в разные сезоны является необходимым для понимания пищевых связей в экосистемах Арктики.

Анализ стабильных изотопов основан на соотношении $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в зимней шерсти и мышечной ткани хищника и в мышечной ткани или яйце объектов питания. В анализе используется материал, собранный в период 2019–2023 гг. в пойме р. Сабеттаяха ($71^{\circ}18'$ с. ш., $71^{\circ}49'$ в. д.). Всего в анализе используется: 167 образцов зимней шерсти, изотопный состав которой отражает питание в конце лета, 67 образцов мышечной ткани, которая отражает питание зимой, 156 образцов разных групп потенциальных объектов питания. Значения стабильных изотопов тканей песца и жертв сравнивались с моделями смешивания в байесовской системе (Stock et al., 2018). Результаты расчётов представлены на рисунке 1 в виде доли (%) определённой группы ресурсов в диете песца за весь период наблюдений.

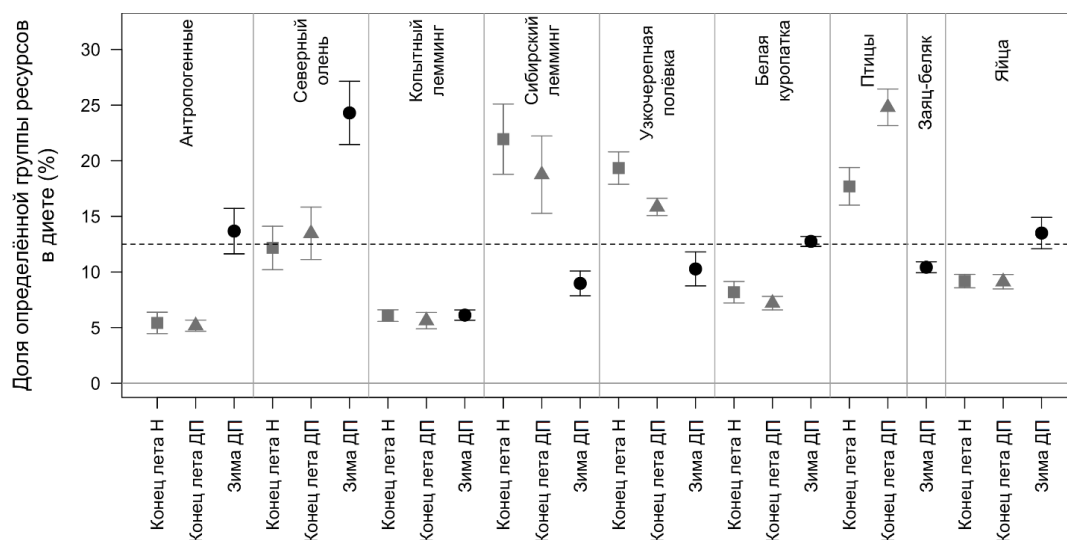


Рисунок. Распределение разных групп ресурсов в диете песца в процентах. Квадратные маркеры – питание песца в конце лета на основе зимней шерсти с нор (Конец лета Н). Треугольные маркеры – питание песца в конце лета на основе зимней шерсти от добытых песцов (Конец лета ДП). Круглые маркеры – питание песца зимой на основе мышечной ткани от добытых песцов (Конец лета ДП). Планки погрешностей отражают ошибку среднего. Пунктирная линия отражает уровень равномерного потребления

Песцы, обитающие в пойме р. Сабеттаяха, в конце лета питаются в основном природными ресурсами: лемминги, полёвки и птицы. Зимой доминирующим ресурсом питания является домашний северный олень (погибшие особи или остатки от забойки животных). Вне зависимости от сезона и года в диете песца доминировали природные ресурсы, доля которых варьировала в небольших пределах.

Работа выполнена в рамках проекта «Арктический лис» (ОАО «Ямал СПГ»).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА МИГРАЦИИ РУКОКРЫЛЫХ (CHIROPTERA)

О. А. Шапкин^{1,2}, М. Ю. Марковец¹, А. П. Шаповал¹

¹ Биологическая станция «Рыбачий», Зоологический институт РАН, п. Рыбачий, Россия

² Дарвинский государственный природный биосферный заповедник, п. Борок, Россия,
e-mail: oshpkn@gmail.com

Умеренный сезонный климат является предпосылкой для миграций многих животных, в том числе и летучих мышей. В Европе обитают шесть видов летучих мышей, способных к миграции на дальние расстояния, превышающие 1000 км: гигантская вечерница *Nyctalus lasiopterus* (Schreber, 1780), малая вечерница *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817), рыжая вечерница *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774), лесной нетопырь *Pipistrellus nathusii* Keyserling&Blasius, 1839, нетопырь-карлик *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774) и двухцветный кожан *Vespertilio murinus* Linnaeus, 1758. Обычно популяции многих мигрантов могут быть оседлыми, частично мигрирующими или мигрирующими; они могут встречаться на зимовках одновременно, поэтому отличить зимующих мигрантов от местных оседлых рукокрылых непросто. Побережье Балтийского моря является важным ориентиром для миграции рукокрылых, а Куршская коса – уникальным природным объектом, где происходит массовая миграция птиц, летучих мышей и насекомых. Здесь летучие мыши ежегодно мигрируют весной вдоль косы в северо-восточном направлении, а осенью – в юго-западном. Численность местной размножающейся популяции рукокрылых здесь невелика по сравнению с численностью пролетных особей во время миграции.

Наиболее массовыми мигрирующими рукокрылыми на Куршской косе во время пролета являются лесной нетопырь, рыжая вечерница и двухцветный кожан. На полевом стационаре «Фрингилла» (Биологическая станция «Рыбачий», Зоологический институт РАН) с 1972 по 2023 гг. в большие ловушки Рыбачинского типа было отловлено 1937 особей рукокрылых: 1321 особь лесного нетопыря, 363 особи рыжей вечерницы и 253 особи двухцветного кожана. Нами проанализирована многолетняя динамика дат начала пролета летучих мышей весной и дат окончания пролета осенью. Для выявления трендов изменения фенологии пролета использован непараметрический критерий корреляции Спирмена.

Нами выявлены тренды смещения ранних дат и поздних дат регистраций летучих мышей на Куршской косе. Так, первые регистрации рыжей вечерницы за 50 лет существенно сместились в сторону более ранних календарных дат ($r = -0.46$, $p = 0.014$). Пролет обыкновенных вечерниц на Куршской косе в настоящее время начинается на 19 дней раньше, чем 50 лет назад (17/05 → 28/04). Поздние даты регистрации вечерниц также сместились на более поздние сроки, так что в среднем последних вечерниц сейчас можно ожидать на 16 дней позже, чем в начале периода исследований (06/09 → 22/09; $r = 0.35$, $p = 0.029$). Аналогичная ситуация наблюдается для лесного нетопыря. В настоящее время весенний пролет этого вида начинается в среднем на 23 дня раньше (20/05 → 27/04; $r = -0.37$, $p = 0.052$), а осенью заканчивается на 35 дней позже (25/08 → 28/09; $r = 0.44$, $p = 0.014$), чем 50 лет назад. Для двухцветного кожана удалось выделить тренд в изменении фенологии пролета только осенью (06/09 → 28/09; $r = 0.3$, $p = 0.066$), предположительно кожаны стали покидать Куршскую косу на 22 дня позже. Весной из-за недостатка данных изменение фенологии показать не удалось (~21/05; $r = 0.09$, $p = 0.669$).

Таким образом, изменение крайних дат весеннего и осеннего пролета, по нашему мнению, свидетельствует о влиянии изменения климата на сроки миграции и сроки присутствия рукокрылых на летних местах обитания на северо-востоке Европы. Для разных видов рукокрылых мы наблюдаем удлинение периода пребывания в северо-восточной Европе как минимум на 3 недели для двухцветного кожана, 4–5 недель для рыжей вечерницы и 2 месяца для лесного нетопыря.

РАЗНООБРАЗИЕ РУКОКРЫЛЫХ НА ЗИМОВКАХ В ШТОЛЬНЯХ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. Щеховский

ГБУ ДО «Дом детского творчества «Левобережный», г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: shchekhovskii@mail.ru

За последние десять лет интерес к изучению рукокрылых возрос в исследовательской среде по причине глобальных катаклизмов и способности этих животных выступать в роли вектора различных заболеваний, но, несмотря на это, остается много «тёмных» пятен в изучении этого отряда млекопитающих. Одним из таких вопросов является видовой состав рукокрылых на определенной территории. Данному вопросу посвящена эта работа. Северо-Запад обладает суровыми условиями для обитания большого количества, но летучие мыши смогли адаптироваться даже к таким условиям внешней среды. В фауне млекопитающих Ленинградской области встречается 11 видов летучих мышей, из которых четыре вида мигрируют осенью в более теплые широты для переживания неблагоприятного зимнего периода. Остальные семь видов из семейства гладконосых летучих мышей – прудовая ночница, ночница Наттерера, водяная ночница, усатая ночница, ночница Брандта, бурый ушан и северный кожанок – остаются на месте зимовать в пещерах – ныне заброшенных штольнях по добыче кварцевого песка и известняка, что позволило им закрепиться на данной территории, увеличиться в численности и расширить свой ареал. В рамках работы на протяжении 10 лет были обследованы следующие комплексы пещер: Саблинские, Староладожские, Телезские, Борщевские, Ребровские, Корповская. Результаты наличия или отсутствия вида отмечены в таблице № 1.

Таблица. Видовой состав рукокрылых на зимовках в штольнях Ленинградской области

Пещера(-ы)	Вид					
	Прудовая ночница	Водяная ночница	Ночница Наттерера	Ночница Брандта	Ушан	Северный кожанок
Саблинские	+	+	+	+	+	+
Староладожские	+	+	-	+	+	+
Борщевские	-	+	+	+	+	+
Ребровские	+	+	-	+	+	+
Телезские	+	+	+	+	+	+
Корповская	+	+	-	+	+	+

* – отмечены виды, которые нерегулярно встречаются на зимовке

Наибольшее число видов отмечено в Саблинских и Телезских штольнях – 6 видов. В остальных – число видов варьирует т.к. в зависимости от года может встречаться от 3 до 6 видов. Например, за последние два года в Борщевских штольнях стала появляться ночница Наттерера, а в Телезских ввиду их прямого уничтожения ежегодно меняется список видов. В области наибольший вес составляют прудовые ночные и ночницы Наттерера. Таким образом, возникает вопрос о предпочтениях рукокрылыми тех или иных мест зимовки.

НАСЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЗАРАСТАЮЩИХ БИОТОПОВ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗА

А. Е. Якимова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: angelina73@mail.ru

В ходе зарастания открытых биотопов (лугов, пашен, болот, вырубок) происходит трансформация населения мелких млекопитающих, обитающих в них. Процессы эти во многом сходны, однако имеются существенные отличия, как в составе населения, так и в численности мелких млекопитающих вновь образующихся биотопов. На начальных стадиях сукцессии биотопов происходит увеличение видового разнообразия этой группы животных, однако позднее, возможно как его обеднение, так и смена характера доминирования. Формирование нового комплекса населения мелких млекопитающих зависит от условий, формирующихся при зарастании. Наблюдения проводились в Пряжинском районе РК.

Болота. Наиболее медленно трансформирующиеся биотопы, имеют самый бедный видовой состав мелких млекопитающих. При осушении болот происходит их постепенное зарастание породами близлежащих биотопов, при этом долгое время остаются большие площади открытых пространств. Население мелких млекопитающих представлено в основном фоновыми видами. На мелиорированных территориях важную роль играет то, какой тип биотопа будет сформирован после осушения. Однако при дренаже верховых болот часто происходит чрезмерное обезвоживание почвенного слоя, что обедняет кормовую базу и создает неблагоприятные микроклиматические условия для существования мелких млекопитающих.

Вырубки. По мере зарастания вырубки происходит увеличение числа кормовых травянистых растений (особенно на злаковых и травяно-болотных вырубках), затем, когда биотоп переходит в «жердняки», начинается постепенное их сокращение. На сплошных открытых участках после рубки наблюдается общее увеличение численности мелких млекопитающих, а также переход доминирования от «лесных» видов к обитателям открытых стадий. Затем, по мере зарастания и увеличения затененности и увлаженности, доминировать вновь начинают «лесные» виды. От того, какой тип биотопа (хвойный, лиственный или смешанный) будет при этом сформирован, зависит состав населения мелких млекопитающих.

Луга и сельскохозяйственные угодья. На открытых стадиях лугового типа и с/х угодий мелкие млекопитающие предпочитают держаться по границе экотона, участкам, зарастающим кустарником, а также по краю канав и завалов камней. Фауна мелких млекопитающих таких стадий обычно отличается видовым богатством, включая почти всех представителей этой группы животных. При этом для грызунов эти биотопы являются оптимальным местообитанием, а для землероек – средней экологической ценности. Чаще всего такие биотопы постепенно зарастают кустарником, а позднее мелколиственными породами. При этом, так же как при формировании стадии «жердняка» на вырубках, происходит постепенная смена доминирования с представителей открытых пространств на «лесные» виды.

Однако иногда возможны другие формы зарастания, характерные для брошенных с/х угодий. Чаще всего они зарастают купырем, осоками и крапивой, формируется обедненный растительный комплекс «бурьянник», что влечет за собой снижение привлекательности биотопа для грызунов, а, следовательно, и снижение их численности и видового разнообразия. Землеройки меньше реагируют на подобные изменения, однако и их численность снижается. Так, при таком зарастании брошенного картофельного поля, ежегодно встречавшаяся и имевшая высокие показатели численности полевка-экономка, после образования «купырного» сообщества много лет не отмечена в отловах. Также значительно снизили свою численность здесь эврибионты обыкновенная бурозубка и рыжая полевка.

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВЫЖИВАЕМОСТИ ГНЕЗД БЕЛОБРОВИКА

М. В. Яковлева

ФГБУ «ГПЗ «Кивач», п. Кивач, Россия, e-mail: kivach-bird@rambler.ru

Разорение гнезд – основной фактор, снижающий успех размножения большинства видов открытогнездящихся воробьиных птиц. Вариации успеха размножения изучали в заповеднике «Кивач» (подзона средней тайги Карелии) на примере дрозда белобровика *Turdus iliacus*. Этот вид с продолжительным периодом размножения приступает к гнездованию в относительно ранние сроки (в заповеднике в разные годы – 28.04–16.05), причем более половины кладок птицы начинают в первые 20 дней после начала размножения. При этом фенологическая обстановка, на которую приходится этот пик, может значительно различаться.

С помощью программы MARK были проанализировали модели, предполагающие зависимость ежедневной выживаемости гнезда от календарных сроков (параметр «Время»), «возраста» гнезда (числа дней, прошедших с момента начала откладки), а также от средней температуры мая в год откладки, которая не только отражает температурные условия в начале размножения, но и коррелирует со сроками развития растительности в мае – июне – времени массового размножения этого вида. Рассмотрена также динамика доли разоренных гнезд от общего числа, находившихся под наблюдением в каждую декаду. Всего для анализа использовано 1266 гнезд (1972–2023). Для определения видового состава разорителей использовали фотоловушки, установленные у гнезд белобровика или, реже, сходно расположенных гнезд других видов (других видов дроздов, лесной завирушки), начиная со второй половины насиживания. Результаты показали, что основную их массу разоряли мелкие куньи и хищные птицы.

Наилучшие модели включали параметр «Время» и «Температура мая». Выживаемость значительно возрастала в первой половине сезона размножения, а в дальнейшем изменялась слабо. Сезонные изменения выживаемости оказались очень сходны с результатами, полученными таежных лесах Средней Сибири (Демидова, 2012). Температуры также позитивно влияли на выживаемость. Зависимости степени разорения от возраста гнезда не выявлено: хотя гнезда, начатые в одни и те же сроки, чаще гибли на стадии яиц, чем на стадии выкармливания птенцов (Яковлева, Хохлова, 2008), это вызвано лишь влиянием сезонных различий.

Очевидно, что зависимость выживаемости от времени лишь отражает влияние других факторов – численности хищников и их потенциальных жертв, а также доступности гнезд. Хотя в течение сезона, по мере развития растительности, улучшается маскировка гнезд белобровика, это, видимо, не является единственным фактором, определяющим рост выживаемости, тем более что значительную часть гнезд разоряли млекопитающие, для которых большое значение имеет запах. Ни для одного из хищников яйца и гнездовые птенцы дроздов не являются преобладающим летним кормом. Ущерб гнездам белобровика, наносимый ими, может зависеть от обилия альтернативного корма – мелких млекопитающих, расселение молодняка которых в Карелии начинается со второй половины июня (Ивантер, 2014) и молодняка птиц. Практически полное переключение на другой корм несомненно в отношении осоеда, который разорял гнезда преимущественно в мае-первой половине июня; весной он испытывает недостаток основных кормов, используемых для питания птенцов – личинок перепончатокрылых; низкие температуры могут усугубить недостаток этого корма. Несколько неожиданно отсутствие различий выживаемости гнезд с птенцами и с яйцами, поскольку для некоторых хищников, разорявших гнезда с птенцами (перепелятника, канюка), разорение гнезд с яйцами не отмечали.

ТЕЗИСЫ

СЕКЦИОННЫХ ДОКЛАДОВ

НАПРАВЛЕНИЕ 2

**Экология, физиология и биохимия
водных организмов.**

**Механизмы их адаптаций к биотическим
и абиотическим факторам среды**

ВНУТРИВИДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕТАЦЕРКАРИЙ ТРЕМАТОДЫ *DIPLOSTOMUM PETROMYZIFLUVIATILIS* ПАРАЗИТА МИНОГ (LAMPETRINAE, PETROMYZONTIDAE)

Л. В. Аникиева, Д. И. Лебедева, С. В. Бугмырин

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: daryal78@gmail.com

Метацеркарии трематод рода *Diplostomum* – широко распространенные паразиты рыб. Они вызывают опасное заболевание – диплостомоз и причиняют значительный ущерб рыбному хозяйству. Видовая идентификация метацеркарий проблематична в связи с высокой индивидуальной изменчивостью и морфологическим сходством разных видов.

Настоящее исследование проведено с целью изучения внутривидовой изменчивости метацеркарий трематоды *Diplostomum petromyzifluviatilis* Diesing 1850 – паразита миног. Материалом послужили две выборки метацеркарий: первая – из речной миноги *Lampetra fluviatilis* (бассейн Балтийского моря), вторая – из тихоокеанской (ледовитоморской) миноги *Lethenteron camtschaticum* (бассейн Северного ледовитого океана), обитающих в разных частях ареала трематоды. Первая выборка отнесена к зоне экологического оптимума ареала вида, вторая – к его северной периферии. Методами фенетики и вариационной статистики изучали изменчивость пяти качественных и десяти пластичных признаков метацеркарий.

В результате проведенных исследований было установлено, что популяционные группировки метацеркарий из разных мест ареала сходны по показателям внутривидовой изменчивости, оцененным по четырем признакам (форме тела, фарингса, ротовой и брюшной присосок). Ядро фенотипического разнообразия *D. petromyzifluviatilis* в обеих группировках составляют фенотипы с овальной ротовой присоской, овально-удлиненной формой тела, овально-удлиненной формой фарингса и овально-удлиненной формой брюшной присоски. Фенотипы с другими вариациями этих признаков редки и малочисленны. Группировка метацеркарий, обитающая на северной периферии ареала, отличается от группировки в зоне экологического оптимума более высоким разнообразием фенотипов органа Брандеса, выполняющего важную сенсорно-прикрепительную функцию.

Анализ статистических показателей изменчивости пластичных признаков показал, что северная группировка отличается от группировки в зоне экологического оптимума меньшими средними размерами метацеркарий. В системе главных координат две группировки метацеркарий образовали отдельные совокупности. Группировки сходны по дисперсии всех признаков, за исключением фарингса и длины брюшной присоски, варьирование которых в северной группировке было достоверно ниже. Выборки также были сходны по коэффициентам изменчивости. Существенные различия обнаружены в частотном распределении признаков в вариационных рядах и характере их варьирования. Группировка метацеркарий в зоне экологического оптимума более разнообразна по длине и ширине тела, длине и ширине ротовой присоски, длине брюшной присоски и включает особей, различающихся по одним признакам и сходных по другим. Структура разнообразия северной группировки по пластичным признакам менее сложная. Для нее характерно смещение кривых вариационных рядов и средних величин в сторону меньших значений признаков, которые не отражаются на общем характере кривых.

Таким образом, изучение внутривидовой изменчивости *D. petromyzifluviatilis* показывает адаптацию метацеркарий трематоды к условиям северной периферии ареала преимущественно за счет пластичных признаков фенотипа.

ЛИЗОСОМАЛЬНЫЕ ФЕРМЕНТЫ В ОРГАНАХ ПЛОТВЫ *Rutilus rutilus* L. ИЗ ВОДОЕМОВ С РАЗНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Р. У. Высоцкая, Н. В. Ильмаст, С. А. Мурзина

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: vysotskayaru@gmail.com

Неуклонно возрастающее воздействие человека на окружающую среду привело к тому, что на нашей планете почти не осталось мест, которые бы не несли следов прямого или косвенного влияния антропогенного фактора. Особую озабоченность вызывает загрязнение водных объектов химическими веществами различной природы, многие из которых являются токсичными для представителей биоты, оказывают деградирующее воздействие на природные системы, снижают продуктивность водоемов и качество водных биологических ресурсов. С этим вопросом тесно связана встающая перед человечеством проблема чистой питьевой воды. В последние десятилетия в результате антропогенного воздействия в ряде заливов Онежского озера отмечен переход из олиготрофного статуса в мезотрофный. Для оценки состояния водных объектов и обитающих в них рыб и других гидробионтов используются генетические и биохимические методы, позволяющие оценить влияние токсиканта на более ранних этапах воздействия до его видимых проявлений на физиологическом и анатомическом уровне, сделать выводы об устойчивости и чувствительности видов. На уровне клетки в защитных и приспособительных реакциях важную роль играют лизосомы.

Целью настоящей работы являлось выяснение участия лизосомальных ферментов в адаптациях рыб к антропогенному загрязнению в разных заливах Онежского озера. Исследования выполнены на самках плотвы *Rutilus rutilus* L., второй стадии зрелости, отловленных в Петрозаводской губе и Повенецком заливе озера. Петрозаводская губа в значительной степени загрязнена стоками с водосбора р. Шуи, промышленными, ливневыми и бытовыми сточными водами г. Петрозаводска. В Повенецком заливе практически на всей акватории сохраняется высокое природное качество вод, с небольшим загрязнением в прибрежной части у населенных пунктов. В печени, почках, гонадах, жабрах и мышцах определяли активность 6 лизосомальных ферментов (кислой фосфатазы, РНКазы, ДНКазы, β -глюкозидазы, β -галактозидазы, β -глюкуронидазы) и содержание белка. У рыб из Петрозаводской губы выявлен пониженный уровень активности всех изученных ферментов в жабрах, которые первыми реагируют на изменения в химическом составе воды. Наиболее заметно снижен уровень β -глюкуронидазы, основная функция которой – защитная. О неблагоприятной обстановке в данной акватории может свидетельствовать повышенная активность β -глюкозидазы в печени, почках и гонадах плотвы из загрязненной стоками среды. Этот фермент участвует об обеспечении организма повышенным количеством глюкозы при переходе на анаэробный путь обеспечения энергией в токсичной среде. Активность обеих нуклеаз в печени, почках и гонадах у плотвы из Петрозаводской губы была более высокой, чем у рыб из чистой акватории Повенецкого залива. Это косвенно свидетельствует об усилении биосинтеза белков и других веществ, участвующих в обезвреживании токсичных компонентов в водах Петрозаводской губы озера. Подобная реакция лизосом отмечена ранее на загрязнения с преобладанием веществ органической природы.

Полученные результаты позволяют рекомендовать определение активности ферментов лизосом в качестве одного из показателей эколого-биохимического мониторинга за состоянием водных объектов и их обитателей.

Финансирование работ осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение госзадания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0006, № г. р. 122032100052-8).

РЕАКЦИЯ НА РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ОСВЕЩЕНИЯ ОСОБЕЙ АМФИПОД ВИДА *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ И НЕ ПОДВЕРГАЮЩИХСЯ ДЛИТЕЛЬНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Я. К. Ермолаева, М. А. Масленникова, А. В. Лавникова, С. А. Бирицкая, Л. Б. Бухаева,
Н. А. Кульбачная, Д. И. Голубец, А. И. Охолина, Д. Г. Рэчилз, К. В. Саловаров,
А. Т. Гулигуев, К. К. Рубан, И. Д. Кодатенко, А. Б. Олимова, Д. Ю. Карнаухов, Е. А. Зилов

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск, Россия,
e-mail: erm.yana@mail.ru

Световое загрязнение негативно влияет на гидробионтов, нарушая их биоритмы. Свет делает организмы видимыми в ночное время для хищников, что приводит к изменению их миграционной активности, структуры трофических связей и др.

Особи *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), не подвергающиеся и подвергающиеся длительному воздействию светового загрязнения, были отловлены, соответственно, в прибрежной зоне озера Байкал напротив поселка Большие Коты и в реке Ангара в районе Академического моста г. Иркутск. В аквариум Т-образной формы, вдоль длинной части которого создавался градиент от 0,1 лк до 30 лк теплого (3200 К) или холодного света (5600 К), в темное время суток помещали по 20 особей *G. fasciatus* и фиксировали их распределение в аквариуме по зонам освещенности (0 лк, 0,1–1 лк, 1–10 лк, 10–20 лк и 20–30 лк) в 1-ю, 3-ю, 5-ю, 7-ю и 10-ю минуты наблюдения. Те же эксперименты повторили при дневном освещении и в темное время суток без света.

Использование критерия Краскела-Уоллиса показало, что распределение амфипод в аквариуме не одинаково при разных типах освещения ($p=0.02868$ и $p=0.002629$ для особей из Байкала и Ангары, соответственно). Однако апостериорный тест Данна показал значимые различия только для особей из Ангары между дневным освещением и без света. В результате сравнения с помощью критерия Краскела-Уоллиса и теста Данна результатов, полученных для *G. fasciatus* из Байкала, были получены значимые различия в распределении количества амфипод при дневном освещении между зонами аквариума 0 лк и 1–10 лк, 0 лк и 10–20 лк, 0,1–1 лк и 10–20 лк; в условиях без света и холодного освещения между зонами 0 лк и 1–10 лк, 0 лк и 10–20 лк, 10–20 лк и 20–30 лк; при теплом освещении между зонами 0 лк и 10–20 лк, 10–20 лк и 20–30 лк. Для *G. fasciatus* из Ангары значимые различия были получены при дневном освещении между зонами 0 лк и 10–20 лк, 0 лк и 20–30 лк; в условиях без света и теплого освещения между зонами 0 лк и 1–10 лк, 0 лк и 10–20 лк; в условиях холодного освещения между 0 лк и 1–10 лк, 0 лк и 10–20 лк, 0,1–1 лк и 10–20 лк. В результате сравнения распределения амфипод по зонам в зависимости от времени наблюдения не было обнаружено значимых различий. Сравнение с помощью критерия Манна-Уитни реакций амфипод из Байкала и Ангары при разных типах освещения показало значимые различия для теплого освещения (особи, отловленные в Ангаре, в большей степени избегали теплого света, чем особи из озера Байкал).

Полученные данные могут свидетельствовать о способности амфипод вида *G. fasciatus* частично адаптироваться к постоянному световому загрязнению, однако, это касается только источников освещения, в спектре которых длинные волны преобладают над короткими. Поскольку широкое распространение с каждым годом приобретают источники освещения, в спектре которых преобладают короткие (синие) волны, отсутствие значимых различий в реакции амфипод из озера Байкал и Ангары на холодный свет может свидетельствовать об угрозе светового загрязнения для данного вида.

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

**ПАРАЗИТЫ МОЛОДИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ *SALMO SALAR* L.
И ПРЕСНОВОДНАЯ ЖЕМЧУЖНИЦА *MARGARITIFERA MARGARITIFERA* L.
РЕСУРСНЫХ И ОХРАНЯЕМЫХ ПОПУЛЯЦИЙ
В РЕКАХ ВОДОСБОРА РЕКИ КЕМЬ (БАССЕЙН БЕЛОГО МОРЯ)**

**Е. П. Иешко¹, С. Г. Соколов^{1,2}, Д. А. Ефремов¹, В. В. Горбач³,
Л. В. Аникиева¹, А. Н. Паршуков¹**

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: ieshkoe@gmail.com

² Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

³ ПетрГУ, г. Петрозаводск, Россия

Атлантический лосось *Salmo salar* Linnaeus, 1758 рекреационно и экономически важный вид лососевых рыб и один из ключевых элементов северных пресноводных экосистем. Его ареал охватывает значительную часть Северной Атлантики, западный сектор Северного ледовитого океана и пресноводные водоемы их бассейнов. В рамках вида выделяют экологические формы с мигрантной и резидентной жизненной стратегиями. Пресноводная форма атлантического лосося занесена в Красную книгу Российской Федерации (2001). На территории России эта форма встречается в бассейнах Балтийского (Онежское и Ладожское озера и их притоки) и Белого (озерно-речная система реки Кемь) морей.

Река Кемь – один из наиболее крупных водотоков, впадающих в Белое море. Ее водосбор составляет более 28 тыс. км², имеет общую длину 358 км. До строительства Кемского каскада ГЭС на реке существовало 35 порогов и водопадов (Григорьев, 1956). В силу этой причины атлантический лосось выше бывшего водопада Ужмо представлен исключительно пресноводной (резидентной) формой, а ниже – только анадромной (мигрантной) формой (Смирнов, 1979; Калюжин, 2003; Щуров и др., 2005).

Основная цель данного исследования – оценка состояний популяций молоди атлантического лосося и пресноводной жемчужницы в реках водосборного бассейна реки Кеми, дополненные актуальными данными о факторах экологического риска существования популяций молоди атлантического лосося и пресноводной жемчужницы в бассейне р. Кемь. Полученные данные важны для оптимизации деятельности заповедника «Костомукшский» и национального парка «Калевальский», территория которых включает часть бассейна р. Кемь, и принятия решений об организации сети новых охраняемых территорий, обеспечивающих устойчивое сохранение пресноводной жемчужницы и атлантического лосося входящих в Красную Книгу Российской Федерации и Красную Книгу Республики Карелия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТРОДУКЦИИ КРУПНОЙ ФОРМЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ В ОЗ. ПЕРТОЗЕРО (БАС. ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА)

Н. В. Ильмаст, О. П. Стерлигова, Д. С. Савосин, Н. П. Милянчук

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: ilmast@mail.ru

В Республике Карелия на протяжении длительного времени проводились работы по искусственному вселению различных видов рыб. Результатами этих процессов стали существенные преобразования в экосистемах: перестройка структуры сообществ, изменение условий обитания рыб (нагула и воспроизводства), их продукционных характеристик (Ильмаст, 2012). Работы по интродукции в водоемы Карелии новых ценных видов были направлены на повышение промысловой продуктивности озер. В ряде случаев их результаты привели к изменениям состава ихтиофауны, в других попытки вселения новых видов остались без последствий (Кудерский, 2001; Дгебуадзе, 2003; Стерлигова, Ильмаст, 2009). Одним из объектов интродукции являлась крупная форма ряпушки, которая способна обитать в озерах с разным гидрологическим, гидрохимическим и гидробиологическим режимом (Стерлигова, Ильмаст, 2009). В оз. Пертозеро в разные годы было выпущено 14 млн личинок крупной формы ряпушки из озер Чужмозеро и Мунозеро. Пертозеро по уровню количественного развития планктона, бентоса и низким показателям содержания в воде биогенных элементов относится к олиго-мезотрофному типу водоемов. Преднамеренная интродукция крупной формы европейской ряпушки в водоем имела положительный результат. Высокие потенциальные возможности ряпушки и благоприятные условия обитания в озере, способствовали успешной ее натурализации. В новом водоеме ряпушка сформировала промысловую численность и стала доминантным видом. Темп роста вселенной ряпушки в условиях Пертозера практически идентичен ее росту из материнских водоемов.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОСТА, ЭНТРОПИЯ И АДАПТАЦИИ У ПОЛЯРНЫХ МОРСКИХ ВИДОВ РЫБ

Л. И. Карамушко, О. В. Карамушко, С. А. Чаус

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия,
e-mail: karamushkol@mmbi.info

В целом для всех пойкилотермных организмов характерна высокая чувствительность жизненно важных функций к низким температурам (поведение, рост, активность, воспроизводство и продолжительность жизни), при этом фундаментальное значение имеет влияние температуры на скорость биохимических реакций, скорость диффузии, текучесть мембран, а также на структуру белков (Hochachka, Somero, 2002; Pörtner, 2021; Krebs et al., 2023). Низкие температуры могут существенно изменять количественные и качественные показатели метаболических и продукционных процессов у морских животных, обитающих в высокоширотных районах Арктики, где условия существования видов подвержены значительным пространственно-временным колебаниям абиотических и биотических факторов среды. В связи с этим, нашей задачей было изучение особенностей метаболизма и роста у полярных морских видов рыб на уровне процессов обмена энергией.

В качестве модельного объекта использовали арктическую полярную камбалу *Liopsetta glacialis* (Pallas, 1776), один из самых холодноводных видов, обитающий в арктических морях и в северной части Тихого океана. Основой для исследования послужили первичные материалы, собранные во время научно-исследовательских рейсов в юго-восточной части Баренцева моря в 2019–2022 гг. и в юго-западной части Карского моря в 2019 г. В условиях низких температур и сезонной ограниченности кормовых ресурсов полярная камбала растет очень медленно и в пределах обследованного района самый медленный темп роста наблюдался в Карском море, где зависимость удельной скорости роста C_w от массы тела W описывалась следующими уравнениями: для самок – $C_w = 6.184 W^{-1.312}$, $R^2 = 0.55$, и для самцов – $C_w = 4.824 W^{-1.185}$, $R^2 = 0.45$.

Важнейшие процессы клеточного метаболизма (биосинтез, рост, сохранение баланса между синтезом и распадом белков) оказывают существенное влияние на изменение потока энтропии и протекают с потреблением большого количества энергии. Эту связь можно объяснить, основываясь на свойствах и взаимодействиях двух процессов – энергетического обмена и роста, и показать, что у рыб увеличение интенсивности синтеза белка объясняет большую часть расходов энергии на метаболическую потерю теплоты в результате переваривания и трансформации пищи (приращение теплоты или специфическое динамическое действие СДД). Сравнительный анализ температурных зависимостей скорости энергетического обмена и годовых затрат энергии на рост у полярной камбалы показал, что несмотря на более низкую скорость поддерживающего метаболизма, низкий темп роста и полового созревания, степень утилизации энергии на рост соматических и генеративных тканей у нее была выше по сравнению с тепловодными представителями камбаловых (Карамушко, 2016). Следовательно, эффективность использования ассимилированной пищи на рост, оцениваемая по коэффициенту K_2 , достигала больших значений для всех возрастных групп. Этот факт позволяет полагать, что адаптивной стратегией в экстремальных высокоширотных условиях может быть экономия энергетических затрат на поддерживающие функции, обеспечивающая освобождение части энергии для роста. При низких температурах обитания у арктических видов рыб такая экономия энергии может быть максимальной. Таким образом, нами установлено, что у морских видов рыб Арктики при низких температурах замедление процессов биосинтеза приводит к относительному уменьшению доли энтропии, генерируемой метаболическими процессами.

РУЧЕЙНИКИ (TRICHOPTERA) ОЗЕРА БАЙКАЛ ВСТРАИВАЮТ ЧАСТИЦЫ МИКРОПЛАСТИКА В ДОМИКИ

А. В. Лавникова, Д. Ю. Карнаухов, А. В. Непокрытых, И. А. Жданов, К. В. Саловаров,
А. Т. Гулигулев, Б. В. Осадчий, С. А. Бирицкая, Я. К. Ермолаева, М. А. Масленникова,
Л. Б. Бухаева, Д. И. Голубец, А. И. Охолина, Н. А. Кульбачная, И. В. Миловидова

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия,
e-mail: lavnikova_arina@mail.ru

В настоящее время загрязнение естественной среды микропластиком является широко распространенной проблемой. Пресные водоемы подвержены загрязнению микропластиком в большей степени, так как намного чаще соприкасаются с урбанизированными территориями. Попадая в воду, частицы микропластика постепенно осаждаются и, видимо, способны накапливаться на дне водоемов, достигая максимальных концентраций. Соответственно, донные организмы могут быть в большей степени подвержены влиянию загрязнения экосистем микропластиком.

Целью данной работы было проанализировать представителей двух видов Trichoptera на наличие микропластика в домиках.

Первым видом являлся байкальский эндемик *Baicalina thamastoides* Martynov, 1914 (227 экз.), второй вид более крупный и широко распространенный *Hydatophylax nigrovittatus* (McLachlan, 1872) (18 экз.). Анализ заключался в подсчете встраиваемых в домики частиц микропластика, их измерении (длины и площади), в определении типа полимера и цвета частиц, также проводились измерения длины и массы домиков и личинок ручейников. Особи обоих видов были собраны у населенных пунктов вблизи пирсов (*B. thamastoides* – поселок Большие Коты (51°54'11.5"N, 105°04'09.4"E), *H. nigrovittatus* – поселок Листвянка (51°50'53.2"N, 104°52'16.7"E)). При этом антропогенное воздействие во втором случае заметно выше, чем в первом.

Проведенный анализ показал, что у ручейников вида *B. thamastoides* количество частиц микропластика на домик равнялось $0,18 \pm 0,02$. Однако у ручейников вида *H. nigrovittatus* количество частиц на домик было равно $20,56 \pm 1,91$. Это значение превосходит имеющиеся в литературе данные о включении фрагментов микропластика в домики ручейников в естественной среде. Кроме того, у особей данного вида наблюдались и включения частиц мезопластиков ($n=3$, длина = $8,27 \pm 0,62$ мм, площадь = $32,61 \pm 3,35$ мм²). Также между количеством частиц и длиной личинки у *H. nigrovittatus* присутствует статистически достоверная заметная отрицательная связь ($R_s = -0,62$; $p = 0,03$). Возможно, что частицы микропластика находясь в непосредственной близости от покровов личинки, оказывают негативное воздействие на ее рост, либо ручейники тратят больше энергии на удержание себя у дна (из-за большей плавучести частиц микропластика по сравнению с песком).

Еще одним важным параметром, который мы учитывали, был цвет встраиваемых в домик частиц. В обоих случаях наибольший процент приходится на частицы белого цвета. При этом наиболее часто встречающимися можно назвать частицы красного, серого, голубого, синего и оранжевого цветов. Вероятно, что в местах нахождения данных видов в грунте преобладают частицы микропластика данных цветов. Идентификация образцов при помощи спектроскопии показала, что обнаруженные образцы относятся к таким типам полимеров, как алкидная смола, ПВА, ПВХ. Подобный состав полимеров соответствует месту обитания данных особей ручейников (зона пирса и стоянки кораблей на протяжении десятилетий).

Исходя из представленной работы видно, что встраивание частиц будет зависеть, с одной стороны, от вида и его размеров, а с другой стороны, от уровня загрязнения территории микропластиком. Отдельного внимания стоит уделить влиянию встраиваемых частиц на развитие личинок ручейников и дальнейшему формированию из них взрослых особей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00371, <https://rscf.ru/project/24-24-00371/>.

STUDY OF THE PARASITES OF BREAM *ABRAMIS BRAMA* L., 1758 IN SYAMOZERO LAKE (SOUTH KARELIA)

D. I. Lebedeva¹, I. V. Sukhovskaya¹, A. A. Kochneva¹, D. O. Zaitsev²

¹ Institute of Biology, KarRC RAS, Petrozavodsk, Russia, e-mail: daryal78@gmail.com

² Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russia

Lake Syamozero is a striking example of successional changes in a water body with significant reorganisation of trophic chains, located in South Karelia (Lake Onega basin, catchment area of the Shuya River). The bream is one of the typical fish species in the reservoir, whose role in the structure and productivity of the ichthyofauna has been increasing since the 1950s (Sterligova et al., 2002).

The present study is devoted to clarification of the helminth species composition of bream helminths of Lake Syamozero using morphological and molecular methods. Special attention was focused to the study of cestodes of the family Diphylobothriidae parasitizing *A. bramae*. The material was collected from different locations in the water body from 2015 to 2023. Collected worms were fixed by ethanol and investigated with molecular methods. Mitochondrial markers *cox1* and *cyt b* showed that the specimens from bream of Syamozero represent the species *Ligula intestinalis* (clade A), common in different cyprinids in the Palearctic. The worms found by the *cyt b* mark are represented by 12 haplotypes that do not match with other representatives reported worldwide (Nazarizadeh et al., 2022). The diversity of *cox1* is represented by 6 haplotypes, of which two match those from different Eurasian fishes. This high helminth diversity is most likely due to the different migration routes of the definitive hosts of ligulae, fish-eating birds, which may bring invasive origins from different geographical locations. Thus, the study of molecular variability of *Ligula intestinalis* shows its adaptation to the conditions of the northern periphery of the range.

The investigation is financially supported by RSF, project no. 24-26-00251.

КАТЕХОЛАМИНЕРГИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ХОПЛОНЕМЕРТИН

С. А. Петров¹, О. В. Зайцева^{1,2}

¹ ФГБУН «Зоологический институт РАН», г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Sergey.Petrov@zin.ru

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический университет»
Минздрава России, г. Санкт-Петербург, Россия

Катехоламины (КА) вместе с серотонином относятся к группе моноаминов – регуляторных веществ, способных, по всей видимости, у многоклеточных организмов разного уровня организации регулировать основные формы поведения, т. е. вызывать так называемое нейротрансмиттерзависимое поведение. Распределение серотонинергических клеток и действие на организмы серотонина изучается в настоящее время очень интенсивно. В то же время катехоламинергические (КАе) системы остаются мало изученными, особенно в эволюционном плане. Наиболее распространенными КА являются дофамин, адреналин, норадреналин и октопамин. Имеются данные об их важной роли в процессе развития стресса и формировании адаптивных реакций. Таким образом, изучение особенностей организации и общих закономерностей формирования КАе систем у многоклеточных организмов важно для понимания физиологических и биохимических возможностей организмов к адаптации и может способствовать сохранению биоразнообразия. В качестве объектов для изучения организации КАе систем нами были выбраны моностилиферные гоппонемертины (тип *Nemertea*) являющиеся типичными представителями бентоса морей и океанов. Для сравнения было исследовано распределение КА у 5 видов хоплонемертин: 3 вида обитающих в Белом море (*Tetrastemma candidum*, *Amphiporus lactifloreus*), 2 вида живущих в Чёрном море (*Otocyphlonemertes* sp. и *Tetrastemma bacescui*) и 1 вид из Охотского моря (*Emplectonema gracile*). Для выявления КА использовали гистохимический GIF метод. Препараты анализировали с помощью флуоресцентного микроскопа Leica DMR IW и сканирующего лазерного микроскопа Leica TCS SP5 центра коллективного пользования «Таксон» ЗИН РАН (<http://www.ckp-rf.ru/ckp/3038/>). Показано, что КАе элементы у всех исследованных видов немертин присутствуют в значительном количестве как в периферической, так и в центральной нервной системе. По всей длине нервных стволов располагаются одиночные КАе нейроны. В церебральных ганглиях они образуют небольшие скопления, но встречаются и одиночные КАе клетки. Их распределение и количество в церебральных ганглиях различается и носит в определенной степени видоспецифичный характер. КАе нейроны ЦНС иннервируют сенсорные органы, стенку тела, хобот, пищеварительный тракт, а у *Otocyphlonemertes* sp. еще и статоцисты. Значительное количество первичночувствующих КАе рецепторных клеток присутствует в эпителии стенки тела, хоботе и в пищеварительном тракте, а также в особых фронтальных сенсорных органах всех немертин. Распределение КАе рецепторных клеток позволяет предположить их механосенсорную функцию. Обобщение полученных в настоящей работе данных с результатами наших более ранних аналогичных исследований, проведенных на брюхоногих моллюсках и полихетах, показывает значительный консерватизм катехоламинергических систем, их возможное активное участие в регулировании сенсорных функций, сокращения мускулатуры и пищеварительных функций, а также участие в инициации защитно-оборонительного поведения у животных разного уровня организации и филогенетического положения, кроме того полученные данные дополняют наши представления об организации нервной и сенсорных систем немертин в целом.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 122031100281-5.

АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО И УГЛЕВОДНОГО ОБМЕНА У СЕГОЛЕТОК РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS WALB.*) ПРИ ВВЕДЕНИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЮ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА РФ

М. А. Родин, М. В. Кузнецова, Н. С. Шульгина, А. Е. Курицын, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: mikhail.rodin.mr@yandex.ru

Фотопериод оказывает существенное влияние на рыб, а удлинённый световой день широко используется для стимуляции скорости роста лососевых видов рыб при выращивании в аквакультурных условиях. Введение дополнительного освещения в условиях Южного региона (без периода белых ночей) позволило бы ускорить темпы роста форели, обеспечивая повышение эффективности использования кормов и получение рыб необходимой товарной массы в более короткий период. Важным биохимическим показателем состояния рыб в процессе роста и развития является уровень энергетического обмена. Изучение активности ферментов энергетического и углеводного обмена в мышцах и печени позволит оценить важнейшие энергетические процессы, связанные с аэробным и анаэробным синтезом АТФ, а также вовлечением углеводов в синтез различных промежуточных соединений.

Объектом данного исследования была радужная форель, выращиваемая в бассейнах на базе форелевой фермы в Северной Осетии – Алании. Исследовали влияние круглосуточного освещения на рост рыб. В начале сентября сеголеток радужной форели средней массой 500 грамм разделили на две группы: контрольная группа – режим освещения естественный, кормление днём; экспериментальная группа – режим освещения постоянный (24С:0Т), кормление ночью. Бассейны с круглосуточным освещением были оборудованы светодиодными LED лампами (36W, 6500K). Активность ферментов энергетического и углеводного обмена в мышцах и печени особей – ЦО, ЛДГ, Г6ФДГ, 1-ГФДГ, пируваткиназы и альдолазы определяли методом спектрофотометрии.

Результаты исследования активности ферментов в печени особей радужной форели демонстрируют различия между группами с круглосуточным и естественным освещением. Активность ЦО повышалась через месяц исследования в группе с круглосуточным освещением и была выше по отношению к группе с естественным освещением на протяжении дальнейшего эксперимента. Различия свидетельствуют о более высоком уровне аэробного обмена в печени рыб из экспериментальной группы. Вероятно, что при включении дополнительного освещения и кормлении рыб в ночное время создаются условия, благоприятно влияющие на состояние рыб и усвоение корма. Активность пируваткиназы в печени у рыб из экспериментальной группы была выше по сравнению с рыбами из контрольной группы через два месяца исследования. Полученные данные в совокупности с данными по активности ЦО указывает на высокую интенсивность образования пирувата и его использование в аэробном синтезе АТФ. Межгрупповые различия в активности альдолазы в печени рыб были установлены в ноябре. При этом значения в группе с круглосуточным освещением были ниже, свидетельствуя о снижении интенсивности глюконеогенеза в печени.

Результаты эксперимента показали, что режим с круглосуточным освещением и ночным кормлением, когда наблюдаются более низкие температуры и стабильный уровень кислорода, благоприятно сказывается на состоянии рыб, способствуют лучшему усвоению корма и приросту массы форели за счет метаболических перестроек в энергетическом и углеводном обмене.

Работа выполнена на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН в рамках проекта Российского научного фонда № 23-24-00617.

БИОХИМИЧЕСКИЕ И МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ТЕМПОВ РОСТА У РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS* *WALB.*) ПРИ КОРМЛЕНИИ ДВУМЯ ВИДАМИ КОММЕРЧЕСКИХ КОРМОВ

М. А. Родин, М. В. Кузнецова, М. Ю. Крупнова, А. Е. Курицын,
С. А. Мурзина, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: mikhail.rodin.mr@yandex.ru

Наиболее важной характеристикой организма рыб, которая определяет состояние отдельной особи и популяции в целом (как в естественной среде, так и в аквакультуре), является их рост. Важнейшим метаболическим фактором, определяющим процессы роста и развития рыб, является уровень энергетического обмена. Основываясь на изменениях активности ключевых ферментов энергетического и углеводного обмена можно судить о функциональной активности органов рыб и особенностях метаболизма, обеспечивающих рост и адаптацию к различным условиям среды. Мышцы играют важнейшую роль в метаболизме организма, составляют значительную часть тела и определяют темпы роста рыб. Постэмбриональный мышечный рост у рыб осуществляется за счет процессов гиперплазии и гипертрофии под контролем специфических миогенных регуляторных факторов (МРФ) – *MyoD1*, *Myf5*, *MyoG*, *MRF4*. Исследование уровня экспрессии генов МРФ, а также основного белка мышц – миозина позволяет выявить особенности регуляции процессов миогенеза при воздействии факторов различной природы. Выбор качественного сбалансированного корма является одной из важных задач в аквакультуре. При выборе корма с целью достижения максимального роста искусственно выращиваемых рыб необходимо понимание влияния состава корма (применяемых источников основных нутриентов) на метаболические пути в органах рыб и регуляцию мышечного роста. Цель данного исследования – проанализировать активность ферментов энергетического и углеводного обмена (цитохром с-оксидазы, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы – Г6ФДГ, 1-глицерофосфатдегидрогеназы – 1-ГФДГ, пируваткиназы – ПК) в печени и уровень экспрессии генов МРФ (*myog*, *myod1b*, *myf5*), миозина *MyHC* в мышцах особей радужной форели *Oncorhynchus mykiss* Walb., выращиваемых с использованием двух видов коммерческих кормов (корм № 1 и № 2) с различающимся набором ингредиентов. Эксперимент был проведен на предприятии в Северной Осетии – Алании в период с августа по октябрь. Исследовали молодь форели из двух размерных групп (РГ) возрастом 5 и 10 месяцев со средней массой на начало эксперимента – 192.2 ± 11.8 (РГ1), 425.5 ± 23.7 г (РГ2) соответственно.

Согласно результатам исследования установлен высокий уровень активности ферментов ПК, Г6ФДГ и 1-ГФДГ в печени у рыб, питающихся кормом № 2 по сравнению с кормом № 1, что указывает на увеличение степени использования углеводов в процессах биосинтеза липидов у этих рыб. Уровень экспрессии генов *myog*, *myf5*, *myhc* в мышцах был выше у рыб из группы «Корм № 1» по сравнению с группой «Корм № 2» в РГ2 уже через месяц, а в РГ1 к концу исследования. По установленным различиям в уровнях экспрессии генов МРФ можно предположить, что корм № 1 способствует интенсификации процессов миогенеза и увеличению темпов прироста мышечной массы по сравнению с кормом № 2. Эти результаты позволяют предположить, что, несмотря на то, что, согласно данным производителей, процент содержания БЖУ в кормах аналогичный, прежде всего, имеют значение состав и количественное соотношение ингредиентов, и, главным образом, источник происхождения белков, жиров и углеводов (животного и растительного).

Работа выполнена на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН, в рамках ГЗ КарНЦ РАН FMEN-2022-0006.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИТАНИЯ ТРЁХ ВИДОВ РЫБ РОДА *LIPARIS* ИЗ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО

Е. В. Смирнова

Мурманский морской биологический институт, г. Мурманск, Россия,
e-mail: smirnova@mmbi.info

Липаровые или морские слизни (Liparidae) – одно из интереснейших семейств рыб наших морей. И хотя в арктических морях эти рыбы встречаются относительно часто, данные по питанию и размножению отдельных видов неполные.

Целью данной работы был анализ качественного состава пищи трёх видов рода *Liparis*, обитающих в морях Лаптевых и Восточно-Сибирское в 2014 г. и 2017 г. Для этого была рассчитана частота встречаемости объектов питания, определены средний балл наполнения желудка и сходство диеты этих видов рыб в исследуемых морях.

Всего поймано 393 экз. рыб рода *Liparis*, которые были определены до видов как липарис Парра *L. bathyartcticus*, арктический липарис *L. tunicatus* и комплекс видов с черным перитонеумом *L. cf. fabricii*. Из них были вскрыты для анализа питания 76 экземпляров.

В целом в период исследования в желудках рыб рода *Liparis* в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском были обнаружены представители 18 таксонов.

***L. bathyartcticus*.** В период исследования большинство (93.9%) исследованных особей этого вида питалось, средний балл наполнения желудка был невысоким – 2.76. В желудках липариса Парра в исследуемых морях были обнаружены представители 14 таксонов. Чаще всего в желудках отмечалась рыба (суммарно 61.3%), особенно часто – сайка и молодь бычков (19.4%). Молодь липаровых рыб встречалась реже – 9.7%. Икра рыб, обнаруженная в желудках, была определена как икра *Triglops* и отмечалась в 6.5% случаев. Относительно часто встречались ракообразные: креветки – 29% и амфиподы – 22.6%. В ранних исследованиях (Низовцев и др., 1963; Чернова, 1986; Долгов, 2014), также отмечается важное значение рыбы в питании *L. bathyartcticus* в Баренцевом море и её отсутствие в питании этого вида в Карском море (Долгов и др., 2014).

***L. cf. fabricii*.** В 2014 г. и 2017 г. в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском в большей части (79.4%) желудков исследованных особей этого вида была обнаружена пища, но средний балл наполнения желудка (СБНЖ) оказался мал – 1.47. В желудках чернобрюхих липарисов были обнаружены объекты питания, относящиеся к 9 таксонам. Чаще всего встречались гиперииды (51.9%), реже – другие представители отряда Amphipoda (33.3%). Рыба отмечалась редко (в 7.4% исследованных желудков). Это были остатки бычков и молодь липаровых рыб длиной до 2 см. Относительно часто (до 12%), в желудках *L. cf. fabricii* встречались представители типа Cnidaria (гребневики и остатки медуз). Из ранних литературных источников известно, что в питании этого вида в Баренцевом (Брискина, 1939; Низовцев и др., 1963) и Карском морях (Долгов и др., 2014) также часто встречались именно гиперииды.

***L. tunicatus*.** Питались 80% особей из выборки, средний балл наполнения желудка был невысоким – 1.47. В желудках отмечались с одинаковой частотой (25%): остатки полихет, амфипод и переваренные неопределенные органические остатки, т. е. всего 3 представителя таксонов. Исследования этого вида в Баренцевом море указывают на доминирование в питании донных гаммарид (Долгов, 2014).

При сравнении состава пищи исследованных видов рода *Liparis* в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском с помощью индекса пищевого сходства определили, что таковой наиболее сходен у *L. bathyartcticus* и *L. cf. fabricii* (34%), в основном, за счёт присутствия в питании амфипод. А сходство с диетой *L. tunicatus* у обоих видов было выражено в меньшей степени (15%), т. к. данных по питанию этого вида было недостаточно.

СООТНОШЕНИЕ РАПИЧЕСКОГО И ОСМОТИЧЕСКОГО В СОЛЕНОСТНОЙ ТОЛЕРАНТНОСТИ ЭВРИГАЛИННОГО ВИДА *PARAMESCIUM NEPHRIDIATUM*

А. О. Смуров, В. В. Хлебович, Е. В. Козминский, И. С. Плотников

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Зоологический институт Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Alexey.Smurov@zin.ru

Известно, что фактор солёности имеет двойственную природу. Сумма растворённых частиц, безотносительно к их природе, действует как фактор осмотический, а специфика действия отдельных ионов – как фактор рапический (Pora, 1939, 1969). Ранее проводились исследования раздельного воздействия осмотического и рапического составляющих морской воды на беломорских беспозвоночных (Хлебович, 1973, 1976). Опыты В. В. Хлебовича, по исследованию активности беломорских литторин в растворах маннитола и морской воды, показали, что при высоких солёностях часть осмотического давления у моллюсков обязано определяться присутствием солей.

В работе был использован клон инфузорий SR98–2, *P. nephridiatum*, который был выделен из популяции этого вида с литорали острова Средний (Чупинская губа, Белое море) в 1998 году. Нами проведено два варианта опытов, первый – перенос парамеций в границах толерантного диапазона (переносили из пресной среды, из популяции акклиматизированной к 5‰ и 10‰ в смеси растворов морской воды и маннита, осмотическая концентрация которой соответствовала 10‰. Второй вариант опытов – перенос к границам толерантного диапазона. Инфузорий, акклиматизированных к пресной среде, переносили в смесь растворов морской воды и маннита, осмотическая концентрация которой соответствовала 20‰, акклиматизированных 5‰ переносили в смесь растворов, осмотическая концентрация которой соответствовала 25‰ и парамеций, акклиматизированных к 10‰ переносили в смесь растворов, осмотическая концентрация которой соответствовала 35‰. После переноса, в течение четырех дней ежедневно определяли прирост клеточной популяции.

При переносе в границах толерантного диапазона положительный прирост популяции наблюдался при замене маннитолом не более 8.5‰ морской воды. По итогам второй части экспериментов показана зависимость количества необходимых ионов морской воды от солёности акклиматизации и верхней границы толерантного диапазона для значений тестовой осмотической концентрации в диапазоне 20–35‰. Несмотря на малое количество наблюдений угловой коэффициент равен 2.06 ± 0.14 ($p < 0.05$) достоверен (квадрат коэффициента корреляции равен 0.99 ($p < 0.05$)).

По результатам опытов можно сделать вывод, что необходимое для жизни количество солей различается для стадий гиперосмотической регуляции и осмоконформности. В солёностном диапазоне, при котором осуществляется гиперосмотическая регуляция, необходимое для жизни количество солей составляет 1–2‰ и мало зависит от того в какую солёность переносят внутри этого диапазона. Наоборот, в диапазоне, в котором в цитозоль клетки является осмоконформным по отношению к внешней среде необходимое количество солей линейно возрастает в зависимости от того в какую солёность переносят организм.

ВЛИЯНИЕ ЗАРАЖЕНИЯ *LIGULA INTESTINALIS* НА ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕЩА (*ABRAMIS BRAMA* L.)

И. В. Суховская, А. А. Кочнева, Л. А. Лысенко, Н. П. Канцерова, А. В. Васильева,
Н. П. Миланчук, Д. И. Лебедева

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: sukhovskaya@inbox.ru

Цитоморфологический состав периферической крови (количественные и качественные соотношения ее форменных элементов) признан одним из наиболее чувствительных маркеров физиологического состояния и адаптационных резервов организма. Гематологический анализ может применяться в ихтиологии и ихтиопатологии как применительно к диким видам для экологического мониторинга водных объектов, подвергающихся антропогенному воздействию, так и в рыбоводстве для оценки влияния того или иного заболевания, тяжести течения, прогнозирования исхода у аквакультурных видов. В силу недостаточного развития ихтиогематологических исследований в России, для большинства видов не определены гематологические нормы, отсутствуют рыбоводные стандарты. Основой для разработки нормативов может быть анализ популяций рыб, населяющих условно чистые водоемы, включая природоохранные территории.

Материал для исследования – лещ, *A. brama* (сем. Карповые), был выловлен в июне 2024 г. в Курмойльском заливе оз. Сямозеро (Республика Карелия). Сравнительному анализу были подвергнуты две группы рыб (по 10 особей в группе) – зараженные и не зараженные гельминтом *Ligula*. Лигулез – заболевание, вызываемое паразитированием плероцеркоидов лигулы – широко распространен у пресноводной ихтиофауны и наиболее часто регистрируется у карповых. Паразитируя в брюшной полости, гельминт механически сдавливает внутренние органы и вызывает интоксикацию, что отражается на гематологических, биохимических и гормональных показателях хозяина.

Сравнение традиционных показателей, включая размерно-весовые и физиологические (индексы Фультон, спленосоматический, гепатосоматический), не позволило выявить достоверных различий зараженных и незараженных экземпляров; единственное отличие зараженной рыбы состояло в сниженной в 1,5–2 раза массе печени. Вместе с тем, гематологический анализ показал существенные различия, вызванные паразитированием лигулы. Так, у зараженных рыб обнаружено повышенное количество незрелых форм эритроцитов (эритробластов, нормобластов), что отражает интенсивный гемопоэз, возможно, для замещения разрушающихся в условиях интоксикации клеток. Важное диагностическое значение имеет количество лейкоцитов, принимающих активное участие в защитных иммунных и воспалительных реакциях. Так, при заражении лигулой в периферической крови значительно возросло количество лимфоцитов; их доля в лейкоцитарной формуле у зараженных особей достигала 79–96 %, у незараженных – 61–85 %. Вероятно, избыточную продукцию этих клеток, участвующих в реакциях клеточного и гуморального иммунитета, провоцирует повышенная антигенная нагрузка в присутствии возбудителя, лигулы. Достоверных различий в содержании других клеток белой крови (нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов и др.) обнаружено не было.

Таким образом, морфологическая картина крови позволяет оценить степень влияния инвазии на организм хозяина и его адаптационный статус. Полученные данные могут быть использованы в мониторинговых исследованиях при оценке состояния популяции леща и прогнозировании ее численности. Установленный для контрольной группы рыб диапазон значений может служить эталоном эколого-физиологического состояния рыб при проведении мониторинга водных объектов.

Исследование проводилось при финансовой поддержке РНФ (проект № 24-26-00251).

ПРОСТРАНСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НЕРКИ *ONCORHYNCHUS NERKA* ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ И ЧУКОТКИ

А. М. Хрусталева, А. Ж. Ревель-Муроз

Институт биологии гена Российской академии наук (ИБГ РАН), г. Москва, Россия,
e-mail: mailfed@mail.ru

Нерка *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) является одним из наиболее коммерчески ценных видов среди тихоокеанских лососей, объектом промысла и искусственного разведения в пределах ее обширного ареала, охватывающего всю северную часть Тихого океана и оба его побережья. По срокам нерестового хода в большинстве водоемов воспроизводства нерка подразделяется на две сезонные расы: ранняя (заходит на нерест в конце мая – в июне) и поздняя (в июле–августе). В зависимости от степени привязанности нереста и/или пресноводного нагула молоди к бассейнам озёр в большинстве популяций анадромной нерки выделяют озёрную (воспроизводство приурочено к бассейнам озёр) и речную (воспроизводство и нагул в реке) формы, а также лимнофильную (нерестится на литорали озера) и реофильную (предпочитает русловые нерестилища) генеративные формы/экоотипы, различающиеся, не только особенностями жизненного цикла, но и зачастую фенотипически.

С целью охарактеризовать пространственную структуру, выделить и разграничить региональные комплексы нерки восточного побережья Камчатки и Чукотки проведено геногеографическое исследование вида на обширной части его ареала от м. Наварин на севере до бух. Лиственичная на юге. Выполнен мета-анализ, как собственных, так и полученных другими исследователями данных о вариабельности 45 локусов однонуклеотидного полиморфизма (SNP) и 13 микросателлитных локусов в популяциях азиатской нерки. Аллельные частоты маркеров обоих типов проанализированы с использованием общих статистических подходов в 53 выборках из 13 водоемов воспроизводства нерки на побережье Берингова моря и северо-западной части Тихого океана. Выделены четыре крупных региональных комплекса популяций: Корякского нагорья и Чукотки, Карагинского залива, бассейна р. Камчатка и юго-востока Камчатки. В целом генетическая структура нерки Восточной Камчатки и Чукотки хорошо соответствует эколого-географическому районированию побережья и вполне согласуется с территориальным делением на административные единицы Камчатского края и схемой промыслового районирования восточно-камчатского побережья, традиционно используемой для прогнозирования запаса.

Региональные популяционные комплексы характеризуются сходными условиями воспроизводства, сходными биологическими характеристиками производителей, обусловленными преобладанием на данной территории определенных нерестовых биотопов (речные, литоральные нерестилища или нерестилища в притоках озер) и адекватных им набором жизненных стратегий. Они формируются за счет связности генными потоками и общего происхождения, в условиях строгой изоляции от других комплексов, пространственной, поведенческой (филопатрия), экологической (специализации к преобладающим в данном районе нерестовым экоотипам и последующей изоляции посредством адаптации), временной (вследствие разделения по срокам подходов к районам воспроизводства, анадромной миграции и размножения). Результаты анализа генетического смешения (DAPC) показали, что различия между выявленными комплексами в основном обусловлены численным соотношением в выборках двух форм нерки – озерной и речной. Причем если озерной нерке разных региональных комплексов свойственны значительные уровни дивергенции в силу более выраженной изоляции озерных популяций, то для речной характерно относительное единообразие на исследуемой части побережья, которое, вероятно, поддерживается за счет ее большей миграционной активности (стрейнга).

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-24-00307 (<https://rscf.ru/project/23-24-00307/>).

ЭКСПРЕССИЯ ГЕНОВ – РЕГУЛЯТОРОВ МЫШЕЧНОГО РОСТА У СЕГОЛЕТОК АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*SALMO SALAR* L.) ПРИ ВЛИЯНИИ РАЗНЫХ РЕЖИМОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Н. С. Шульгина, М. В. Кузнецова, Н. Н. Немова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: Shulgina28@yandex.ru

Рост мышц у рыб является постоянным и не линейным, что определяется сочетанием процессов гипертрофии (увеличения размера) и гиперплазии (увеличения количества) мышечных клеток. Оба эти процесса контролируются миогенными регуляторными факторами (МРФ) – *MyoD*, *Myf5*, *MyoG*, *MRF4*, так называемыми транскрипционными факторами регуляции миогенеза семейства bHLH. Их последовательная экспрессия запускает миогенез и приводит к экспрессии генов структурных мышечных белков, в том числе гена тяжелой цепи миозина (*MyHC*), который кодирует основной функциональный компонент белых мышечных волокон – белок миозин. Помимо этого, в регуляции процессов роста и формирования мышечных волокон участвует миостатин (*MSTN*) – член суперсемейства трансформирующих рост факторов β (*TGFb*), который подавляет экспрессию генов МРФ. В ряде работ было показано, что длина светового дня (фото-период) воздействует на процессы регуляции роста рыб путем модуляции эндогенных ритмов и концентрации гормонов и факторов роста, что влияет на экспрессию генов миогенеза. Однако особенности и молекулярные механизмы формирования мышечной ткани у лососевых рыб при изменении продолжительности освещения изучены недостаточно.

Исследование проведено с целью оценки характера экспрессии генов, регулирующих миогенез (*Myf5*, *MyoG*, *MyoD1a*, *MyoD1b*, *MyoD1c*, *MSTN1a* и *MSTN1b*, *MyHC*), а также роста у сеголеток (0+) атлантического лосося, содержащихся при воздействии разных режимов освещения – круглосуточном (24С:0Т), 12С:12Т и ЕстС: Т (режим, имитирующий естественный режим освещения, характерный для Беломорского региона). Полученные данные сравнивали с аналогичными для контрольной группы рыб (стандартные условия освещения рыбоводного завода без дополнительных источников искусственного света). Эксперимент проводился в условиях Выгского рыбоводного завода в летне-осенний период (июль – октябрь) при естественных сезонных колебаниях температуры воды. Согласно полученным данным, рыбы, содержащиеся при круглосуточном освещении, на всем протяжении эксперимента имели более высокую массу тела в отличие от особей из остальных групп. Сеголетки лосося из группы с режимом 12С:12Т были самыми маленькими по массе. Уровни экспрессии генов *MyHC*, *MyoG*, *MyoD1a*, *MyoD1b* и *MyoD1c* были выше у рыб из групп с искусственным освещением (24С:0Т, 12С:12Т, ЕстС: Т) по сравнению с таковыми у особей лосося в контрольной группе. Выявленные межгрупповые различия в одновременной экспрессии исследуемых генов свидетельствуют об интенсификации процессов пролиферации и дифференцировки мышечных клеток у рыб из экспериментальных групп в ответ на действие дополнительного освещения. Показана дифференциальная экспрессия паралога гена *MyoD1* на протяжении экспериментального периода. Изменение уровней экспрессии вышеуказанных генов сопровождалось увеличением экспрессии паралога гена миостатина – *MSTN1a* и *MSTN1b*. Различия в характере экспрессии миогенных регуляторных факторов между группами с разными условиями освещения указывают на то, что механизмы регуляции миогенеза у рыб зависят от продолжительности фотопериода.

Работа выполнена на научном оборудовании ЦКП КарНЦ РАН при финансировании из средств государственного бюджета, выделенных по государственному заданию КарНЦ РАН FMEN-2022-0006.

АДАПТАЦИИ МУХ-БЕРЕГОВУШЕК (DIPTERA: EPHYDRIDAE), ОБИТАЮЩИХ НА ЛИТОРАЛИ БЕЛОГО МОРЯ, К РАЗВИТИЮ В СОЛЕНОЙ ВОДЕ

Е. Ю. Яковлева, Д. Д. Сивунова

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия,
e-mail: e.u.yakovleva@gmail.com

Ассоциация насекомых с морскими экосистемами нетипична. К насекомым, населяющим морские биотопы, можно отнести не более 2% видов, среди которых преобладают клопы, жуки и двукрылые. В семействе Ephydridae, мухи-береговушки, многие представители адаптированы к экстремальным местообитаниям: нефтяные лужи, водоемы с высоким и низким pH, холодные и теплые источники, а также солоноводные и морские экосистемы. На литорали Белого моря, вблизи Беломорской биологической станции МГУ и деревни Нильмогуба (Республика Карелия) с 2018 по 2023 гг. нами поймано 10 видов мух-береговушек.

Цель настоящего исследования – выяснить, благодаря каким адаптациям эфидриды могут успешно развиваться в соленой воде – среде, стрессовой для большинства насекомых. Для видов *Paracoenia fumosa* и *Ephydra riparia*, развивающихся в илистых отложениях на литорали Белого моря, с помощью сканирующей электронной микроскопии была подробно изучена морфология личинок третьего возраста. Методом окрашивания нитратом серебра для личинок данных видов нами было впервые показано наличие анальных органов (АО), выполняющих осморегуляторную функцию. У личинок *E. riparia* небольшие по площади, сморщенные АО с проницаемой кутикулой, покрытой наноямками (диаметром около 100 нм). У *P. fumosa* АО примерно такие же по относительному размеру, тоже сморщенные, но, по-видимому, без наноямок. В то же время на личинках дрозофил нам удалось показать, что по мере роста солености среды уменьшается площадь АО, их поверхность из гладкой становится сморщенной, наноямки на поверхности кутикулы становятся менее заметны или вовсе исчезают. Это даёт основания полагать, что АО вносят вклад в адаптацию личинок эфидрид к повышенной солености.

Ранее коллегами с кафедры биологической эволюции МГУ было показано, что некоторое компоненты дрожжевой микробиоты дрозофил повышают выживаемость макроорганизма-хозяина в стрессовых условиях, на субстратах с повышенной соленостью, а их приобретение, по-видимому, является частью процесса адаптации к таким субстратам. Так как семейства дрозофил и эфидрид состоят в довольно близком родстве, мы дополнили поиск морфологических адаптаций изучением их дрожжевой микробиоты. Гипотеза состоит в том, что эфидриды могут образовывать ассоциации со специфическими видами дрожжей, которые помогают им развиваться и проходить метаморфоз в соленой воде.

На шести изученных видах эфидрид обнаружено 28 видов дрожжей. Наименьшие значения численности и видового разнообразия дрожжей характерны для куколок, что согласуется с данными по дрозофилам. По-видимому, двукрылым не нужны микроорганизмы для метаморфоза. Максимальное дрожжевое разнообразие характерно для имаго: они способны к полету и контактируют со значительно большим разнообразием субстратов. Численность дрожжей, при несколько меньшем разнообразии, чем у имаго, максимальна у личинок. Личинки *P. fumosa* менее часто едят дрожжи, чем личинки *E. riparia*, при этом их кишечник содержит только дрожжи из субстрата. Личинки *E. riparia* гораздо охотнее питаются дрожжами, а их кишечник содержит дрожжи, не содержащиеся в субстрате. На лабораторных дрозофилах протестировано, но пока не выявлено влияние этих видов дрожжей на приспособленность мух к соленым субстратам. Но так как ранее микробиота эфидрид никем не изучалась, то представляется интересным объектом для дальнейших исследований, в том числе в контексте адаптации к солоноводным биотопам.

Выражаем благодарность д.б.н. М. Г. Кривошеиной, д.б.н. Е. Б. Наймарк, д.б.н. А. В. Маркову и к.б.н. И. А. Максимовой за помощь в проведении исследования.

Финансирование: Исследование поддержано РНФ, грант № 22-24-00156.

ТЕЗИСЫ

СЕКЦИОННЫХ ДОКЛАДОВ

НАПРАВЛЕНИЕ 3

**ЭКОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ
И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ.
МЕХАНИЗМЫ ИХ АДАПТАЦИЙ К БИОТИЧЕСКИМ
И АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ**

ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ МАКРОФИТОВ В ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭКОСИСТЕМУ Р. ЕНИСЕЙ В ЧЕРТЕ Г. КРАСНОЯРСКА

Ю. Д. Анищенко¹, О. В. Анищенко¹, Е. А. Иванова²

¹ ФИЦ КНЦ СО РАН ИБФ, г. Красноярск, Россия,
e-mail: anishhenko.1996@bk.ru; hydrakr@rambler.ru

² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия,
e-mail: elenivalg@mail.ru

Загрязнение водных экосистем под влиянием деятельности человека остается одной из актуальных проблем в наши дни. Для контроля состояния экосистем необходимо проводить мониторинговые исследования, позволяющие вовремя выявлять возникающие проблемы и управлять качеством природных вод.

В черте г. Красноярск расположена Абаканская протока р. Енисей. Протока подвержена влиянию ряда антропогенных факторов. В протоке наблюдается массовый рост макрофитов и зеленой нитчатой водоросли спирогиры (*Spirogyra* sp.), который ухудшает ее рекреационные и эстетические качества.

Известно, что макрофиты способны накапливать тяжелые металлы (ТМ) и биогенные элементы, поэтому используются в качестве индикаторов загрязнения водных экосистем. ТМ, обладая токсичностью, способны мигрировать и накапливаться в звеньях трофических цепей, в рыбе и представлять потенциальную опасность для здоровья человека, поэтому важна оценка загрязнения экосистемы данными элементами.

Цель исследования – изучить элементный состав макрофитов для оценки антропогенного воздействия на экосистему р. Енисей в черте г. Красноярск. В задачи входило: 1) измерить содержание биогенных, макро- и микроэлементов в воде и макрофитах Абаканской протоки; 2) оценить степень загрязнения вод и видовую специфику накопления элементов погруженными макрофитами на исследуемом участке р. Енисей.

Отбор проб воды и растений проводили в литорали в 2018–2019 гг. на пяти станциях левого берега. На месте отбора проб измеряли температуру воды и содержание растворенного кислорода. Концентрацию биогенных элементов определяли по общепринятым методикам, содержание макро- и микроэлементов в воде и растениях определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП). Перед анализом образцы растений минерализовали методом микроволнового мокрого сжигания в азотной кислоте.

В воде Абаканской протоки р. Енисей обнаружено превышение ПДК для рыбохозяйственных водоемов по общему содержанию Al на фоновом участке (ст. № 1), на ст. № 3, Mn на ст. 2, Cu и Mo на всех исследованных участках. Ниже дамбы отмечено достоверное увеличение, по сравнению с фоном, минерализации (УЭП), концентрации B, Ba, Ca, Mg, Li, Na, Sr, Mn в воде. Сравнение с опубликованными данными показало, что содержание Cu и Fe в зеленой нитчатой водоросли *Spirogyra* sp., Cu, Ni и Zn в роголистнике (*C. demersum*), Sr и Zn в элодее (*E. canadensis*) в Абаканской протоке свидетельствует о загрязнении данными ТМ. Среди исследованных шести видов погруженных макрофитов выявлены три кластера, различающиеся по содержанию элементов: 1) элодея и рдест стеблеобъемлющий; 2) уруть, рдест гребенчатый, роголистник погруженный; 3) спирогира.

УЧАСТИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ И ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ К РАЗДЕЛЬНОМУ И СОВМЕСТНОМУ ДЕЙСТВИЮ ИЗБЫТКА ЦИНКА И НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Ю. В. Батова, Н. М. Казнина, Е. С. Холопцева

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: batova@krc.karelia.ru

В условиях лабораторного опыта изучали влияние раздельного и совместного действия избытка цинка и низкой температуры на активность ключевых антиоксидантных ферментов и накопление антоцианов в листьях растений двух видов горчиц: горчицы белой (*Sinapis alba* L.) с. Радуга и горчицы сарептской (*Brassica juncea* (L.) Czern.) с. Ника с целью оценки возможности их использования для фиторемедиации в условиях Севера.

Растения выращивали в течение 14 сут в контролируемых условиях при 22 °С на питательном растворе с концентрацией цинка 5 или 1000 мкМ. После 7 сут экспозиции одну часть растений каждого варианта подвергали действию температуры 4 °С, другую, оставляли в прежних условиях. Спустя 1 или 7 сут анализировали изменение активности супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ) и гваякол-зависимой пероксидазы (ПО) и содержание антоцианов в побегах, а также оценивали интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ).

Установлено, что ответная реакция антиоксидантной системы растений на раздельное и совместное действие избытка цинка и низкой температуры видоспецифична и заметно различается в зависимости от типа воздействия. Под влиянием избытка цинка в побегах *S. alba* наблюдалась активизация всех изученных антиоксидантных ферментов, а у *B. juncea* повышалась только активность СОД и ПО, активность же КАТ, наоборот, снижалась. Температура 4 °С у растений обоих видов не влияла на активность СОД, но вызывала ингибирование активности КАТ, усиливающееся с увеличением продолжительности ее действия. Активность ПО у *B. juncea* не менялась, а у *S. alba* первоначально (1 сут) снижалась, но спустя 7 сут повышалась до уровня контроля. При сочетании действия избытка цинка и низкой температуры у растений обоих видов спустя 1 сут наблюдалось снижение активности СОД с ее последующим восстановлением. Активность же КАТ и ПО у *B. juncea* не менялась, а у *S. alba* регистрировалось только снижение активности КАТ.

У растений обоих видов избыток цинка вызывал резкое увеличение содержания в побегах антоцианов. Действие низкой температуры не влияло на этот показатель при оптимальном уровне цинка, а при избытке металла в среде вызывало снижение количества антоцианов по сравнению с растениями, которые оставались при температуре 22 °С.

Анализ содержания МДА – индикатора ПОЛ, показал, что избыток цинка вызывал его увеличение, в большей степени выраженное у *B. juncea*. Низкая температура при оптимальном уровне цинка не изменяла интенсивность этого процесса у растений обоих видов. Сочетание действия избытка цинка и низкой температуры не влияло на уровень ПОЛ у *S. alba*, а у *B. juncea* наблюдалось даже значимое уменьшение (в 1.7 раза) содержания МДА по сравнению с растениями, находившимися в условиях избытка цинка при 22 °С.

На основании полученных результатов сделано заключение о том, что растения *S. alba* и *B. juncea* способны успешно противостоять развитию окислительного стресса, вызванного избытком цинка в корнеобитаемой среде при низкой положительной температуре, что свидетельствует о возможности их использования для фиторемедиации почв в условиях Севера.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ FMEN-2022-0004).

АССИМИЛЯЦИОННЫЙ АППАРАТ ЗИМНЕЗЕЛЕННОГО ТРАВЯНИСТОГО РАСТЕНИЯ *GLOBULARIA PUNCTATA* LAPEYR

Е. С. Богданова, О. А. Розенцвет, В. Н. Нестеров

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия,
e-mail: cornales@mail.ru

Зимнезеленость – факультативный биоморфологический признак, зависящий от климатических факторов, экологических условий местообитания и онтогенетического состояния растений. *Globularia punctata* Lapeyr. (сем. Globulariaceae) – многолетнее зимующее травянистое растение, приуроченное к условиям горной карбонатной злаковой степи. Сезонный ритм развития *G. punctata* происходит по весенне-летне-зимнезеленому типу с постоянно сохраняющимся ассимиляционным аппаратом. На протяжении всего периода вегетации растения испытывают действие разных по своей природе абиотических факторов: резкие перепады температур в осенне-зимний период, высокая инсоляция в весенне-летний период, разная влажность почвы и т. д. Адаптация растений в этих условиях требует наличия особых признаков, формирующих экологические стратегии. Отличительной особенностью зимнезеленых растений от листопадных растений – сохранение ассимиляционного аппарата в течение зимы. Это позволяет им переходить к фотосинтезу весной в максимально короткие сроки и осуществлять наибольшую продуктивность. Кроме того, при благоприятных условиях перезимовки старые листья фотосинтезируют не только раньше, но и интенсивнее молодых. Мы предположили, что зимнезеленые виды реализуют адаптивные стратегии позволяющие защитить ассимиляционный аппарат от деструкций при положительных и отрицательных температурах, также как и вечнозеленые хвойные растения. Исследование структуры листа, тканей, клеток, параметров хлоропластов и организации фотосинтетических мембран, важно для понимания формирования защитных механизмов, лежащих в основе зимнеустойчивости растений.

Цель работы – изучить особенности сезонного развития ассимиляционного аппарата зимнезеленого травянистого растения *G. punctata*. Нами впервые проведено подробное исследование структуры листа, тканей, клеток, параметров хлоропластов, фотосинтетических мембран и липидного состава *G. punctata*. Показано, что растение *G. punctata* сохраняет жизнеспособность ассимиляционных органов в течение всего периода вегетации за счет глубокой перестройки всей тканево-клеточной организации фотосинтетического аппарата. Так сезонные изменения мезоструктуры листьев были связаны с изменением количества и размеров клеток и хлоропластов. Перестройка ультраструктуры хлоропластов происходила за счет утолщения тилакоидного пространства, увеличения числа пластоглобул и интенсивного расходования крахмала перед зимовкой. Поддержание гомеостаза, как в клетке, так и в пластидах обеспечивалось изменением липидного состава и содержания жирных кислот. Адаптивные стратегии зимнезеленого растения на уровне структуры листа, тканей, клеток, параметров хлоропластов аналогичны вечнозеленым хвойным и лиственным растениям.

Работа выполнена в рамках государственного задания министерства науки и высшего образования российской федерации тема: структура, динамика и устойчивое развитие экосистем волжского бассейна № 1021060107217-0-1.6.19.

НАНОЧАСТИЦЫ ЗОЛОТА: ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Ю. В. Венжик, А. Н. Дерябин, К. В. Жукова,
Н. В. Нарайкина, И. М. Кочетков, М. Г. Успенская

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: jul.venzhik@gmail.com

Особое место среди наноматериалов занимают наночастицы золота (НЧЗ). Коллоидные растворы НЧЗ легко синтезируются химическим способом из тетрахлорауроновой кислоты и цитрата натрия. НЧЗ обладают высокой стабильностью и уникальными физико-химическими, оптическими и электрическими свойствами, позволяющими проникать в живые организмы, распространяться по тканям и клеткам. Считается, что в микродозах НЧЗ не токсичны для растений, животных и людей. В современной биомедицине они уже используются, в том числе, для профилактики и лечения онкологических заболеваний, а также для создания новых вакцин и лекарств. Целью данного исследования являлось изучение эффектов НЧЗ на основные физиологические процессы у разных видов растений – интенсивность роста, активность фотосинтетического аппарата, антиоксидантной системы и устойчивость к низким температурам.

Опыты проводили на 2-недельных проростках озимой (с. Московская 39) и яровой (с. Злата) пшеницы, а также на 3-недельных растениях томата (с. Кулон) и огурца (с. Надежный). Для обработки растений наночастицами использовали метод нанопрайминга: перед посадкой семена выдерживали в растворах НЧЗ (размеры наночастиц 15 нм, концентрации коллоидных растворов 10 и 20 мкг/мл) в течение 24 ч. Основные эффекты НЧЗ на растения изучали по стандартным методикам в контрольных условиях и после низкотемпературного закаливания, режим которого для каждой культуры был подобран ранее.

Впервые показано, что нанопрайминг семян НЧЗ значительно изменял метаболизм растений. В контрольных условиях НЧЗ усиливали интенсивность роста, увеличивали содержание фотосинтетических пигментов в листьях, изменяли ультраструктуру хлоропластов и экспрессию генов, участвующих в работе фотосинтетического аппарата, а также генов, вовлеченных в формирование ответа на низкую температуру. В условиях низкотемпературного закаливания у обработанных НЧЗ растений наблюдали усиленное накопление сахаров в листьях, а также стимулирование работы антиоксидантной системы. Установлено, что в надземных частях растений, обработанных НЧЗ, количество золота было следовым или оно отсутствовало. Впервые показан стимулирующий эффект НЧЗ на холодоустойчивость растений, которая под их влиянием увеличивалась в несколько раз.

Таким образом, нанопрайминг можно считать перспективной технологией, усиливающей стрессоустойчивость растений. Дальнейшие исследования в этом направлении будут направлены на разработку различных стратегий использования наночастиц в биологии и сельском хозяйстве для снижения потерь урожая, стимуляции роста, развития и адаптационного потенциала важных сельскохозяйственных культур.

Авторы благодарят д.б.н., в.н.с. ИБФРМ СарНИЦ РАН Л. А. Дыкмана за помощь в синтезе коллоидных растворов наночастиц золота.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда № 23-26-00054 (<https://rscf.ru/project/23-26-00054/>).

ДИНАМИКА ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ФОСФОЛИПИДОВ И АКТИВНОСТЬ ДЕСАТУРАЗ В ПОЧКАХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ КАРЕЛИИ И ЯКУТИИ

Л. В. Ветчинникова¹, А. Ф. Титов², Т. Д. Татарина³, А. Г. Пономарев³, И. В. Васильева³

¹ Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: vetchin@krc.karelia.ru

² Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

³ Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия

Целью данной работы явилось изучение динамики жирнокислотного состава фосфолипидов и активности десатураз в почках березы повислой (*Betula pendula* Roth) в зимне-весенний период в условиях Карелии и Якутии, где ее местообитания находятся на одной широте, но удалены друг от друга в долготном направлении более чем на 5 тыс. км и являются контрастными по природно-климатическим параметрам. В частности, в Центральной Якутии возможность выживания растений главным образом определяется экстремально низкими температурами воздуха (до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) в зимний период и влиянием многолетней мерзлоты. В отличие от этого, в Карелии, имеющей сходный фотопериод, среднегодовая температура воздуха на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше, что обусловлено близостью Атлантического океана, накладывающей явный отпечаток на своеобразие растительного и животного мира. На основании проведенных исследований установлено, что в период внутрипочечного развития зачаточных (вегетативных и/или генеративных) органов в почках березы, независимо от места произрастания деревьев, в фосфолипидах преобладают ненасыщенные жирные кислоты (от 65 до 80% от их суммы), что хорошо коррелирует с общепринятой точкой зрения об их важной роли в механизмах адаптации растений к низким температурам. При этом в период вынужденного покоя среди них преобладали диеновые, но к началу вегетации их доля снижалась на фоне увеличения триеновых жирных кислот. Эти изменения сопровождались незначительным повышением значений индекса двойной связи с января по май. Величина коэффициента ненасыщенности, напротив, с повышением температуры воздуха уже в марте возрастала почти вдвое, что особенно явно проявилось в Якутии. Одновременно с этим показаны высокие значения индексов стеароил- (SDR) и олеил- (ODR) десатуразных отношений, косвенно свидетельствующих об активном участии $\omega 9$ и $\omega 6$ десатураз в поддержании функциональной активности клеточных мембран зачаточных органов вегетативных и/или генеративных побегов на этапе их внутрипочечного развития в зимне-весенний период у деревьев, растущих на этих территориях. Наиболее чувствительным к температуре из изученных показателей оказался индекс линолеил-десатуразных отношений (LDR), величина которого в фосфолипидах по значениям была наименьшей, однако к началу вегетации как в Карелии, так и в Якутии она увеличилась почти в 3 раза. Исследования также показали, что в период вынужденного покоя (январь-апрель) содержание воды в почках березы повислой, произрастающей в Якутии, находилось на минимально возможном для выживания уровне (около 33%), однако к началу вегетации (май) оно увеличилось почти вдвое. Высказано предположение, что в фосфолипидах почек березы повислой, произрастающей в Карелии и Якутии, в зимне-весенний период жидкостное состояние мембранных липидов поддерживается в значительной степени за счет повышенной активности десатураз, но наиболее заметную реакцию на воздействие температуры среди них проявила ацил-липидная $\omega 3$ десатураза. Помимо этого, в Якутии в условиях экстремально низких отрицательных температур воздуха и многолетней мерзлоты в процессе эволюции у березы повислой выработался дополнительный механизм защиты мембран, связанный со значительным снижением оводненности клеток и тканей, что также способствует сохранению упорядоченного состояния фосфолипидов и их функций, особенно в период действия критически низких температур.

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *TRIFOLIUM REPENS* L. В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ В ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

В. А. Владимирова, К. В. Морозова

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: ve0nka@yandex.ru

Морфолого-анатомические особенности растений отражают их адаптации к условиям местообитаний в разных типах растительных сообществ. Структурная адаптация мезофилла листа, как основной фотосинтетической ткани, является важным компонентом приспособления растений к воздействию экологических факторов среды. Клевер ползучий – евразийский вид, который характеризуется широким диапазоном условий местообитаний. Цель исследования – изучить морфолого-анатомические особенности клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) в разных условиях произрастания в растительных сообществах южной Карелии.

Исследование выполнено в 2022–2023 гг. в период цветения растений клевера ползучего в рудеральных сообществах на территории г. Петрозаводска, в луговых и рудеральных сообществах в пос. Поросозеро в Суоярвском районе Республики Карелия. Рудеральные сообщества отличались по световому режиму – незатененные при высоком уровне освещенности и затененные, расположенные под пологом древесных видов *Ulmus glabra* Huds. (сомкнутость крон 30%), *Padus avium* Mill. (20%), *Betula pubescens* Ehrh. (20%). Луговые сообщества были не затенены древесными видами, т. е. открытыми.

По данным проведенного исследования высота цветоносов *T. repens* в луговых сообществах составляла $12,3 \pm 0,6$ см, площадь листьев – $3,7 \pm 0,2$ см², в незатененных рудеральных сообществах высота цветоносов – $16,0 \pm 1,1$ см, площадь листьев – $6,3 \pm 0,5$ см². В затененных рудеральных сообществах у растений выявлено увеличение высоты цветоносов ($19,4 \pm 1,0$ см), достоверных отличий в площади листьев ($5,4 \pm 0,3$ см²) не установлено. Аналогично по толщине листьев у растений в открытых ($148,0 \pm 1,7$ мкм) и затененных ($147,1 \pm 2,5$ мкм) рудеральных сообществах не выявлено отличий, в луговых сообществах этот параметр существенно выше ($157,0 \pm 3,1$ мкм). Развитие крупных тонких листьев необходимо растениям для конкуренции за жизненные ресурсы, так как их большая поверхность способствует увеличению поглощения энергии Солнца, углекислого газа, интенсивности транспирации.

Листовые пластинки *T. repens* имеют дорзовентральный тип строения мезофилла. Растения с таким типом мезофилла обладают значительной экологической пластичностью, что позволяет им произрастать в широком диапазоне биотопов. Большое значение для адаптации растений к условиям среды имеет соотношение палисадной и губчатой паренхимы. У *T. repens* число клеток палисадного мезофилла в 2 раза меньше, чем у губчатого мезофилла, занимающего основной объем листовой пластинки. При затенении в листьях у *T. repens* число клеток палисадного (38 ± 2 тыс./см²) и губчатого (81 ± 4 тыс./см²) мезофилла снижается почти в 1,2–1,4 раза при сравнении с незатененными луговыми и рудеральными сообществами, а их объем повышается почти в 1,2–1,5 раза ($5,1 \pm 0,3$ тыс. мкм³ и $2,7 \pm 0,3$ тыс. мкм³ соответственно). Устьица расположены на обеих сторонах листа, при этом на нижней стороне их в 1,2–1,5 раза больше. У растений в луговых сообществах этот показатель существенно выше и составляет на верхней стороне 207 ± 7 шт./мм², на нижней – 227 ± 5 шт./мм².

Таким образом, выявленные морфолого-анатомические особенности являются адаптациями клевера ползучего к разным экологическим условиям местообитаний, обуславливающим его широкое распространение, и к высокой антропогенной нагрузке, особенно в рудеральных сообществах, где вид отличается большой численностью и высокой способностью к вегетативному размножению с помощью ползучих надземных побегов.

ИЗМЕНЕНИЕ ТРАНСКРИПЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ СИСТЕМЫ РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИИ *PHYTOPHTHORA INFESTANS* ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ *BACILLUS SUBTILIS* 26Д *IN VIVO* И *IN VITRO*

В. Ф. Габдрахманова, А. В. Сорокань, Г. Ф. Бурханова, И. В. Максимов

ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
г. Уфа, Россия, e-mail: gabdrakhmanovavenera@gmail.com

Фитофтороз является одной из наиболее экономически значимых болезней картофеля, и важным вопросом остаётся повышение устойчивости к нему растений. Одним из перспективных агентов биоконтроля считаются эндофитные бактерии, способные существовать в растении, не нанося ему вреда. Эндофиты воздействуют на иммунные процессы растения, в том числе и на механизм РНК-интерференции (РНКи). РНКи – это явление подавления экспрессии генов посредством малых двуцепочечных РНК (дцРНК). Исследования показали участие обмена дцРНК во взаимодействии между растением и патогеном, что говорит о противодействии двух систем РНКи. В связи с этим важным является изучение влияния эндофитных бактерий на механизм РНКи как растения хозяина, так и патогена для будущей разработки эффективных биопестицидов на основе дцРНК.

В ходе эксперимента колонии оомицета *P. infestans* 1840 выращивались на чашках Петри с ржаной питательной средой с последующим одновременным культивированием с эндофитной бактерией *B. subtilis* 26Д. Спустя сутки тотальная РНК была выделена из образцов *P. infestans* 1840. Для исследования влияния бактерий на работу генов системы РНКи оомицета *in vivo*, эндофитными *B. subtilis* 26Д были обработаны двухнедельные пробирочные растения картофеля сорта Ранняя Роза, подвергшиеся через семь суток инфицированию суспензией спор *P. infestans* 1840. На матрице выделенной из данных образцов тотальной РНК, синтезировалась кДНК для дальнейшего исследования экспрессии генов при помощи постановки ПЦР в режиме реального времени.

При выращивании *in vitro* двойной культуры оомицета и *B. subtilis* 26Д в течение 24 часов, увеличивалась экспрессия генов *ago1*, *dcl*, *rdr* на 65, 42 и 35 % соответственно. *In vivo* влияние предварительной инокуляции растений эндофитной *B. subtilis* 26Д на транскрипционную активность оомицетных генов характеризовалось её увеличением для гена *ago1* на 20 % и в 2,5 раза для гена *rdr* через 24 часа после инфицирования.

Таким образом, при культивировании колоний оомицета *in vitro* в присутствии эндофитной бактерии, усиливалась экспрессия генов белков главных участников защитного механизма РНКи патогена *ago1*, *dcl*, *rdr*. В системе *in vivo* их транскрипционная активность, вероятно, дополнительно модулировалась опосредованно через иммунную систему растения-хозяина. Тем самым, при повышении устойчивости растений к патогену, показано влияние *B. subtilis* 26Д на экспрессию генов компонентов системы РНКи оомицета, таких как *rdr*, участвующего в синтезе двуцепочечной РНК и вторичной продукции малых интерферирующих РНК, а также *ago1*, играющего главную роль в связывании с дцРНК и замалчивании целевой последовательности. Несмотря на наличие сведений о межцарственном обмене дцРНК, а также о случаях использования патогеном компонентов РНКи растения-хозяина в своих целях, в отличие от растительных, знания о функциях белков *ago1*, *dcl* и *rdr* оомицетов и грибов крайне недостаточны и требуют дополнительных исследований.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24-26-00025 «Перспектива применения выделенных на территории Южного Урала эндофитных штаммов бактерий рода *Bacillus* для повышения устойчивости сельскохозяйственных растений к комплексу биотических факторов среды».

ПОКАЗАТЕЛИ АДАПТАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОЧВЕННЫХ КОРОК К УСЛОВИЯМ МОЩНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Н. А. Голубкина¹, У. Д. Плотникова², О. А. Хлебосолова², А. А. Кошеваров¹

¹ ФГБНУ ФНЦО, Московская обл., Россия, e-mail: segolubkina45@gmail.com

² РГГРУ (МГРИ) им. Серго Орджоникидзе, г. Москва, Россия, e-mail: ulyagulya3@gmail.com

Биологические почвенные корки, составляют уникальный надпочвенный слой, базирующийся на симбиозе автотрофных цианобактерий, лишайников, мхов, гетеротрофных бактерий и грибов. Из-за высокой способности к адаптации к неблагоприятным условиям среды, таким как нестабильный температурный режим верхних горизонтов почвы, кислые почвы, низкое содержание биогенных элементов в почвах и сильное загрязнение тяжелыми металлами, биокорки играют существенную роль в наземных экосистемах разных регионов (особенно высокоширотных), сукцессионных процессах (на оголенных грунтах) и в восстановлении нарушенных техногенным воздействием территорий, так как они участвуют в защите почвы от эрозии, влияют на ее гидрологический режим и структуру, круговорот питательных веществ, преобразование атмосферного азота в форму, пригодную для растений.

В связи с этим, важным является выявление особенностей биохимической защиты почвенных корок, определяющих их аномальную способность адаптации к неблагоприятным условиям среды, вызванным, в том числе, антропогенным воздействием. В настоящем исследовании впервые проведена оценка антиоксидантного статуса биологических почвенных корок нарушенных территорий Мурманской области (69.43162 с. ш.; 30.453148 в. д.) в условиях загрязнения окружающей среды никелем и медью как результат работы медно-никелевого комбината. Биокорки собраны участниками экспедиции «Открываем Россию заново-2023» при активном участии Быстрова А.

Впервые в биологических почвенных корках установлен высокий уровень содержания мощного природного антиоксиданта селена, (2.2 мг/кг), что указывает на способность биокорок гипер аккумулировать селен. Для сравнения уровень Se в растениях не аккумуляторах селена не превышает 0.050–0.100 мг/кг. Принимая во внимание, что селен является природным антагонистом никеля и меди, избыток которых в окружающей среде препятствует накоплению селена растительными организмами, наблюдаемое явление гипераккумуляции Se биокорками представляется особенно важным. Действительно, коэффициент биологического накопления селена биокорками достигал 5.0. Известно, что селен стимулирует фотосинтез, препятствует процессам перекисного окисления, участвует в метаболизме азота и снижает накопление тяжелых металлов. Оценка других показателей антиоксидантного статуса биокорок позволила установить умеренный уровень общей антиоксидантной активности (15 мг-экв ГК/г) и содержания полифенолов (4.9 мг-экв ГК/г с. м.). Показано наличие следовых количеств фотосинтетических пигментов: хлорофилла а (0,016 мг/г), хлорофилла b (0,067 мг/г), общего хлорофилла (0.083 мг/г) и каротина (0,011 мг/г). Показатель перекисного окисления липидов в биокорках в пересчете на содержание малонового диальдегида составил 0,085 мМ/г. Биокорки характеризовались также повышенным уровнем кислотности (0.094 мг-экв лимонной кислоты/г сухой массы), высоким содержанием водорастворимых соединений (6560 мг/кг) и невысокими уровнями нитратов (20 мг/кг). Таким образом, полученные данные позволяют предположить лидирующую роль селена в системе антиоксидантной защиты биокорок от неблагоприятных условий окружающей среды.

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ANTHRISCUS SYLVESTRIS* (L.) HOFFM. В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Д. А. Евсеева, К. В. Морозова

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: ev.dariya@gmail.com

Купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.) – широко распространенный вид во флористическом составе разных типов растительных сообществ. Активное расселение вида связано с формированием адаптаций его организма к диапазону условий произрастания. Адаптации растений проявляются на клеточном, тканевом, организменном, популяционном уровнях и обеспечивают не только выживание вида в разных условиях местообитаний, но и его процветание. Цель исследования – изучить эколого-биологические особенности *Anthriscus sylvestris* в разных типах растительных сообществ в южной Карелии.

Исследование проведено в 2022–2023 гг. в еловых, прибрежных, рудеральных фитоценозах. Проведенный химический анализ почв показал, что в ельниках черничных зеленомошных *A. sylvestris* произрастает на сильнокислых и влажных почвах в условиях затенения. В прибрежных, рудеральных фитоценозах вид встречается на кислых и более сухих почвах. При этом в рудеральных сообществах купырь лесной отмечен как в условиях высокой освещенности, так и в затенении кронами деревьев *Sorbus aucuparia* L.

По результатам исследования в рудеральных сообществах в условиях затенения (сомкнутость крон *S. aucuparia* 60%) *A. sylvestris* широко расселяется и занимает значительное проективное покрытие ($89,3 \pm 9,8\%$), накапливает большую массу генеративных побегов с соцветиями ($93,4 \pm 6,6$ г сырой массы/м²) и листьев ($103,3 \pm 9,6$ г/м²), формирует высокие растения ($114,5 \pm 6,6$ см) с крупными по площади ($408,5 \pm 12,0$ см²) и тонкими по толщине нижними листьями ($108,0 \pm 2,4$ мкм). Нижние листья у растений формируются с немногочисленными по количеству и некрупными по объему клетками палисадного (46 ± 3 тыс./см², $4,4 \pm 0,4$ тыс. мкм³) и губчатого мезофилла (68 ± 2 тыс./см², $1,8 \pm 0,2$ тыс. мкм³).

В еловых сообществах на участках с доминированием черники и видов разнотравья с сомкнутостью крон *Picea abies* (L.) Karst. 65 % под пологом древостоя вид также характеризуется большим проективным покрытием ($75,1 \pm 11,0\%$), но с наименьшими по массе генеративными побегами ($44,4 \pm 8,2$ г/м²) и листьями ($62,0 \pm 10,1$ г/м²). Высота растений ($96,0 \pm 6,5$ см), особенно площадь нижних листьев ($285,0 \pm 23,2$ см²) снижаются, а толщина листьев ($172,2 \pm 7,7$ мкм) увеличивается за счет числа клеток палисадного мезофилла (58 ± 2 тыс./см²) и крупных по объему клеток губчатого мезофилла ($3,1 \pm 0,2$ тыс. мкм³).

В условиях высокой освещенности в рудеральных ($69,6 \pm 6,0\%$) и прибрежных ($63,3 \pm 4,2\%$) сообществах процент проективного покрытия *A. sylvestris* относительно невысокий, при этом его растения накапливают существенную массу генеративных побегов ($101,2 \pm 11,8$ г/м² и $84,3 \pm 10,1$ г/м² соответственно) и листьев ($52,3 \pm 7,0$ г/м², $75,1 \pm 10,0$ г/м²), характеризующиеся небольшой площадью ($273,2 \pm 23,4$ см², $287,7 \pm 12,5$ см²) и толщиной ($119,6 \pm 4,2$ мкм, $136,4 \pm 2,2$ мкм). Высота растений в рудеральных сообществах достигает $116,6 \pm 2,7$ см, в прибрежных – $94,2 \pm 4,1$ см. В прибрежных сообществах листья растений отличаются наибольшим числом клеток палисадного (90 ± 4 тыс./см²) и губчатого (108 ± 3 тыс./см²) мезофилла, наименьшим объемом его клеток ($3,2 \pm 0,3$ тыс. мкм³, $1,2 \pm 0,1$ тыс. мкм³ соответственно).

Таким образом, проведенное исследование выявило различия проективного покрытия, морфологических и анатомических показателей растений *A. sylvestris* в разных типах растительных сообществ, которые можно рассматривать как адаптивную реакцию вида к изменению условий местообитаний.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *CAREX*

Д. И. Ефимова, О. Н. Торгашкова

ФГБОУ ВО СГУ им. Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия,
e-mail: darya-efimova99@mail.ru

Прорастание жизнеспособных семян – биологический процесс, связанный с многочисленными последовательными морфолого-анатомическими и физиолого-биохимическими явлениями, а также с комплексом внешних факторов. Все эти воздействия определяют характер и скорость прорастания семян, стимулируют или ингибируют прорастание. Большое значение при прорастании имеет температура (минимальная, оптимальная и максимальная), определяющая скорость прорастания семян через биохимические процессы.

Исследования проводили в лаборатории экологического мониторинга кафедры ботаники и экологии. Объектом исследований являлись семена осок (хранившиеся в течение 1 года в лабораторных условиях): *Carex supina* Wahlenb., *C. Pilosa* Scop., *C. Digitata* L. Проращивание проводилось при постоянной, переменной и повышенной температурах, при этом другие факторы: влажность, аэрация, свет (во всех вариантах семена проращивались с доступом света) были равнозначны.

Динамика прорастания семян некоторых видов осок при различных температурных режимах проращивания имеет особенности.

В условиях постоянной положительной температуры (+20 °C) прорастание семян происходит неодинаково. Семена *Carex pilosa* Scop. при постоянной температуре не прорастали или имели единичные всходы, но при переменных температурах значительно повышали всхожесть (38 %). Семена начинали прорастать на седьмые сутки после начала проращивания. При этом полное прорастание в этой группе отмечено на 14-е сутки.

На постоянный режим температуры наиболее сильно реагируют семена *Carex digitata* L. (всхожесть 68 %). Максимальная скорость прорастания у них наступает на 15 сутки. При переменной температуре семена *Carex digitata* L. уменьшали всхожесть (43 %), при этом наступление максимальной скорости прорастания у них происходит также на 15 сутки.

Семена *Carex supina* Wahlenb. имеют низкую всхожесть (14 %) при переменной температуре, а при постоянной – снижается еще больше (до 9 %). Также отмечена задержка прорастания семян, наступление максимальной скорости прорастания происходит на 18–20 сутки.

Постоянная повышенная температура (+30 °C) оказывает резко тормозящее действие на способность семян исследованных видов к прорастанию. Прорастание семян отмечено только у *Carex supina* Wahlenb., процесс прорастания растянут, а процент проросших семян невысок (до 4 %). Начало прорастания семян *Carex supina* Wahlenb. отмечено на 18-е сутки.

Отмечено, что не прорастающие плоды почти не загнивают и являются жизнеспособными, но находятся в состоянии глубокого покоя. Глубокий покой семян осок обусловлен плотной оболочкой семян (мешочки), малоразвитым зародышем и наличием физиологически активных веществ.

Следовательно, переменная температура способствуют более интенсивному выходу семян осок из состояния покоя и их прорастанию. В естественных местообитаниях часто наблюдаются колебания температуры, что является необходимым для прорастания семян некоторых видов осок и рассматривается как адаптивная функция, выработанная в процессе эволюции.

ГЕНЫ *Cor14b*, *Cbf14*, *Dhn5* ЭКСПРЕСИРУЮТСЯ В ГЕНОМЕ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЯРОВИЗАЦИИ

А. Н. Заинчковская¹, Е. А. Фомина¹, А. А. Зубкович²,
А. В. Ярошевич², О. Ю. Урбанович¹

¹ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
e-mail: a.zainchkovskaya@igc.by

² Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино, Беларусь

Ячмень – одна из важнейших злаковых культур в мире. Растения данного вида легко адаптируются к широкому спектру условий выращивания, а также имеют высокий потенциал продуктивности. Из-за высокого геномного разнообразия и уникальных морфологических свойств ячмень широко используется как модель для изучения различных видов абиотического стресса.

Рост и продуктивность ячменя находятся под постоянной угрозой из-за изменений окружающей среды в виде биотических и абиотических стрессов. Холод является одним из наиболее важных абиотических стрессов, которые ограничивают производство и снижают урожайность озимого ячменя в зонах умеренного климата, к которому относится и Республика Беларусь. погодные условия в стране в осенне-зимний период часто бывают нестабильными, с чередованием низких положительных и отрицательных температур. Поэтому важной областью исследований является изучение механизмов акклиматизации к холоду и морозоустойчивости озимого ячменя.

Исследования по изучению механизмов устойчивости к низкотемпературным стрессам свидетельствуют, что гены *Cor14b*, *Cbf14*, *Dhn5* вносят значительный вклад в стрессоустойчивость ячменя. В связи с важностью данных генов в ответ на воздействие низких температур целью нашего исследования было изучение уровня их экспрессии в сортах образцах озимого ячменя с различным уровнем холодоустойчивости в условиях естественной яровизации.

Для исследования были взяты 19 сортов образцов озимого ячменя, выращенных в условиях естественной яровизации. Листовой материал образцов был отобран 21 ноября 2022 г. Суточные колебания температуры при этом составили от -5°C ночью до -3°C днем. Оценка уровня экспрессии генов *Cor14b*, *Cbf14*, *Dhn5* была проведена при помощи метода РТ-ПЦР. Расчеты проводились относительно обладающего высоким уровнем морозоустойчивости сорта озимого ячменя Тереза, в котором значение уровня экспрессии указанных генов было принято за 1.

Показано, что в условиях естественной яровизации при наступлении отрицательных температур в геноме ячменя наблюдается экспрессия генов *Cor14b*, *Cbf14* и *Dhn5*. Изменение уровня экспрессии гена *Cor14b* колебалось от 0,54 для сорта образца 990668 (Theresa×Titus) до 3,81 для сорта образца 9201223 (Ipact_отбор×ZWB6178 (Vanessa×Boreal)), гена *Cbf14* – от 0,49 для сорта образца 790722 (DS 452/17) до 3,76 для сорта образца 990829 (Олимп×Cinderella) и гена *Dhn5* – от 0,38 для сорта образца 9201077 ((Karakan×Laverda) × (Тимофей×Laverda)) до 1,38 для сорта образца 9201133 (Буслик×Cinderella). Превышение уровня экспрессии относительно сорта Тереза для гена *Cor14b* наблюдалось у 11 образцов, для гена *Cbf14* – у 10 образцов, для гена *Dhn5* – у 6 образцов. Также выделены образцы, в которых превышение уровня экспрессии относительно сорта Тереза было показано одновременно для всех трех исследованных генов: 9201008 (Charisma×Cinderella), 9201017 (Charisma×Theresa), 9201223 (Ipact_отбор×ZWB6178 (Vanessa×Boreal)) и 790725 (DS 597/17).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют об индивидуальной реакции экспрессии *Cor14b*, *Cbf14*, *Dhn5* в геноме образцов озимого ячменя при наступлении низких температур. Представляет интерес изучение экспрессии указанных генов в геноме сортов с разным уровнем устойчивости к холоду.

ЦИРКАДНЫЕ РИТМЫ, КАК ОДИН ИЗ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ *ARABIDOPSIS THALIANA* В СЕВЕРНОЙ ПРИРОДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ

М. В. Зарецкая, О. М. Федоренко

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: genmg@mail.ru

Циркадные ритмы являются одним из важнейших механизмов, участвующих в адаптации растений наряду со временем цветения и сроками прорастания семян. Они способствуют синхронизации различных биологических функций с периодически изменяющимися условиями окружающей среды (циклами света и темноты). Это результат эволюционной адаптации к жизни в определенных геофизических условиях на вращающейся планете, где длина дня зависит от географической широты и времени года. Следовательно, циркадные ритмы дают преимущества в приспособленности, позволяя организмам предвидеть изменения окружающей среды и адаптироваться к ним. Точно синхронизированные с продолжительностью дня, биологические часы способствуют общей приспособленности растений.

С целью изучения адаптационных возможностей растений *A. thaliana* северной природной популяции (Карелия) к изменению светового режима, мы проанализировали транскрипционную активность одного из ключевых генов циркадной сети – *CCA1*, в условиях естественного светового фотопериода длинного дня (16L:8D) и при инвертированном смещении его (8D:16L). Инвертированное смещение светового режима подразумевает предоставление света в вечернее и ночное время суток (с 17 ч до 9 ч), при сохранении продолжительности фотопериода.

Исследование показало, что искусственно измененные световые условия влияют на циркадные ритмы растений *A. thaliana* северной природной популяции. Так, в инвертированном световом режиме, когда свет включался в вечернее время (с 17 ч), происходит сдвиг фазы в циркадном ритме *CCA1* по сравнению с естественным световым режимом: время максимальной экспрессии гена (фаза) регистрировалось в более поздние сроки со сдвигом на 2 часа. При этом наблюдался резкий «скачок» экспрессии – максимальный уровень транскриптов *CCA1* оказался примерно в два раза выше. Далее, в утреннее время (6 ч) когда свет все еще отсутствовал, происходил второй подъем экспрессии *CCA1*, но с меньшей амплитудой примерно в два раза по сравнению с естественными световыми условиями. Таким образом, транскрипционная активность *CCA1* в необычных, инвертированных световых условиях происходила два раза в сутки: первый раз – это необычайно высокая реакция на световой стимул в вечернее время (в 17 ч) со сдвигом фазы на 2 часа, а второй – сохранение эндогенного циркадного ритма, который происходил в соответствии с природными световыми геофизическими условиями в 6 часов.

Полученные результаты позволяют заключить, что вероятно, циркадные ритмы *A. thaliana* северных природных популяций выполняют важную функцию в адаптации к изменению светового режима, и что один из ключевых генов часов – *CCA1*, играет в этом процессе существенную роль.

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МЕРИСТЕМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК КОРНЯ ПРИ НЕДОСТАТКЕ ЦИНКА ИЛИ МЕДИ

А. А. Игнатенко¹, Р. В. Игнатенко², Н. М. Казнина¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: angelina911@ya.ru

² Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Дефицит микроэлементов, в том числе цинка или меди, отрицательно сказывается на росте растений, что во многом связано со снижением митотической активности меристематических клеток корня и побега. Одним из способов уменьшения отрицательного воздействия дефицита микроэлементов на этот процесс может явиться обработка растений салициловой кислотой (СК), которая, как известно, участвует в регуляции митотической активности клеток и может оказывать протекторный эффект на рост растений в стрессовых условиях. Однако экспериментальных подтверждений этому практически нет. В настоящей работе изучено влияние двух способов обработки СК на протекание митоза в клетках апикальной меристемы корней пшеницы (*Triticum aestivum* L. с. Злата) при выращивании растений в условиях недостатка цинка или меди.

Обработку семян СК (10 мкМ, 24 ч) проводили перед посевом, опрыскивание растений СК (100 мкМ) выполняли через 21 сут после посева. Растения выращивали в песчаной культуре в течение 28 сут. Контрольный вариант поливали раствором Хогланда-Арнона, в опытных вариантах из него исключали цинк (вариант Zn-) или медь (вариант Cu-). Для проведения цитогенетического анализа брали кончики корешков, которые фиксировали в спиртово-уксусной смеси. Окрашивание проводили 1 %-м раствором ацетогематоксилина в термостате при 60 °С и готовили давленные препараты. Просмотр препаратов осуществляли с помощью светового микроскопа при увеличении 40×.

Исследования показали, что недостаток цинка в субстрате приводит к снижению митотической активности клеток меристемы (с 10.7 до 8.4 %). При этом в опытных вариантах увеличивалась (~ в 2 раза по сравнению с контролем) частота патологий митоза. Обработка семян СК при недостатке цинка или меди способствовала снижению (по сравнению с вариантами без обработки) доли клеток с патологиями митоза. Опрыскивание растений СК при недостатке микроэлементов не влияло на частоту патологий митоза, но существенно (более чем в 2 раза) увеличивало этот показатель при их оптимальном содержании. Анализ частоты встречаемости патологий в метафазе и ана-телофазе митоза в вариантах Zn- и Cu- выявил наличие 12 типов патологий, среди которых – фрагментации, обособления, отставания и забегания хромосом, мосты, кольцевые хромосомы и др. У растений, чьи семена были обработаны СК, на стадии метафазы снижалась доля клеток с фрагментациями хромосом (варианты Zn- и Cu-), К-митозом (Cu-), а на стадии ана-телофазы – доля клеток с фрагментациями хромосом и сложными нарушениями (Cu-). Опрыскивание растений СК в варианте Zn- снижало долю клеток с обособлениями хромосом на стадии ана-телофазы митоза, а при оптимальном содержании микроэлементов, напротив, увеличивало долю клеток с фрагментациями хромосом на стадии метафазы.

Сделан вывод о том, что оба вида обработки СК оказывают воздействие на протекание митоза в кончиках корней растений пшеницы при их выращивании в условиях дефицита цинка или меди. Однако более ярко выраженный положительный эффект на этот процесс оказала обработка семян СК.

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ У ТАКСОНОВ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE КАК МЕХАНИЗМА АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Е. Н. Икконен¹, С. В. Овчинникова²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: likkonen@gmail.com

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Центральный сибирский ботанический сад Сибирского Отделения РАН, г. Новосибирск, Россия

Формирование биогенных минералов является распространенным физиологическим процессом, протекающим в растениях. Минералообразование может осуществляться во всех органах растений с образованием одной или нескольких минеральных фаз. Физиологическая роль биоминерализации достаточно разнообразна, но в целом она направлена на обеспечение успешной жизнедеятельности растений в широком спектре условий среды. В задачи данной работы входило выявление наличия минеральных фаз в тканях растений более 50 видов семейства Boraginaceae Juss., их идентификацию, оценку распределения и содержания в растительных тканях с целью выявления межродовых и межвидовых особенностей минералообразования в связи с их историческим развитием и экологией.

Методами рамановской спектроскопии, сканирующей электронной, оптической и поляризационной микроскопии определено, что у исследованных видов формирование минеральных фаз может осуществляться во всех слоях перикарпия эремов, в семенной кожуре, в семясодержащей части эремов, а также в клетках трихом листьев и стеблей. Минеральные фазы представлены кристаллическим карбонатом кальция в форме кальцита, аморфным диоксидом кремния (кремнезем) и различными группами алюмосиликатов. Распределение минералов строго дифференцировано по структурам растительной ткани. В перикарпии эремов синтез карбонатов происходит во внутриклеточном и поровом пространствах, формирование кремнезема осуществляется в основном в клеточных оболочках, а образование алюмосиликатов отмечено в эндосперме.

Содержание и распределение минеральных фаз в перикарпии варьирует между родами и тесно связано с экологическими условиями роста растений. За единичным исключением, минерализация внешней оболочки эпидермы является общим признаком для всех исследованных видов Boraginaceae и способствует защите зародыша от травоядных насекомых и патогенных микроорганизмов. Однако, распространение процесса минерализации по перикарпию в ортогональном направлении от внешней эпидермы ко внутренней во многом специфично. Полная минерализация всех слоев перикарпия с формированием кальцита и кремнезема и частичная минерализация семенной кожуры выявлены у видов каменистых и засушливых местообитаний, выраженных ксерофитов. Поскольку кремнезем и кальцит обладают высокой твердостью и плотностью, биологически не разлагаемы и устойчивы к разрушению, они создают устойчивый барьер не только от биотических факторов, но также предотвращают потери воды и питательных веществ, смягчают солевой и температурный стресс, способствуя, тем самым, сохранению жизнеспособности зародыша в течение длительного времени до момента, благоприятного для его прорастания. Формирование алюмосиликатов в эремах ряда представителей исследованного семейства отражает способность растений к детоксикации ионов алюминия путем связывания их в различных минеральных фазах, обеспечивая устойчивость видов к высоким уровням содержания металла в почве.

Таким образом, обнаруженные особенности минералообразования у таксонов в семействе Boraginaceae продемонстрировали отдельные механизмы адаптации растений к абиотическим и биотическим нагрузкам среды обитания.

Работа выполнена в рамках ГЗ (№ FMEN-2022-0004).

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХВОИ *PINUS SYLVESTRIS* И *LARIX SIBIRICA* ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭМИССИЙ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

О. В. Калугина¹, Л. В. Афанасьева²

¹ Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия,
e-mail: olignat32@inbox.ru

² Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия

Изучены видоспецифические анатомические и морфологические изменения хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb.) в условиях загрязнения эмиссиями алюминиевого завода, расположенного в г. Братске (Иркутская область, Россия). Нами воздействие этого фактора рассматривалось в динамике, при его нарастании от слабого до среднего, сильного и критического уровня. Изменение рассматриваемых параметров сравнивали с естественными их показателями на фоновых территориях. Показано, что, хвоя *L. sibirica* отличается большим накоплением элементов-поллютантов, чем хвоя *P. sylvestris*. Однако с ростом уровня загрязнения визуальные и морфологические показатели сосны подвержены большим изменениям, чем лиственницы. Так, при критическом уровне загрязнения дефолиация крон деревьев сосны достигала 85 %, лиственницы – 65 %, продолжительность жизни хвои сосны сократилась до 2–3 лет, а в фоновых условиях она составляет 6–7 лет. Масса и длина 2-летнего побега сосны уменьшились в 2.7–3.1 раза по сравнению с фоновыми значениями; масса хвои на побеге и количество пар хвоинок – в 1.9–2.1 раза. Длина хвоинок и побегов, а также количество брахибластов у лиственницы уменьшились в 1.8–1.9 раза.

Анатомические параметры хвои обоих видов изменяются нелинейно и могут быть следствием патологического воздействия поллютантов, либо могут рассматриваться как адаптации. У *P. Sylvestris* зарегистрировано большее количество изменений негативного характера, к ним относятся: сокращение площади поперечного сечения хвои, центрального цилиндра и проводящих пучков, уменьшение толщины и площади мезофилла, редукция смоляных каналов и уменьшение их диаметра. При критическом уровне загрязнения, когда содержание элементов-поллютантов в хвое сосны достигает максимальных значений, анатомические показатели оставшейся зеленой хвои статистически не отличались от фоновых. По нашему мнению, это может быть связано с активацией механизмов, направленных на поддержание жизнеспособности деревьев. У *L. sibirica* уменьшение рассмотренных анатомических показателей наблюдалось только при критическом уровне загрязнения. При слабом, среднем и высоком уровнях загрязнения древостоев, наоборот, анатомические показатели увеличивались, что может свидетельствовать об их адаптивном характере. В целом, результаты показали, что при одинаковом уровне загрязнения деревьев наибольшее количество негативных анатомо-морфологических изменений зафиксировано в хвое сосны, что свидетельствует о большей чувствительности этого вида к техногенным выбросам.

Исследования выполнены в рамках госзаданий FWSS-2022-0002 № 122041100045-2 (СИФИБР СО РАН) и FWSM-2021-0001 № 121030900138-8 (ИОЭБ СО РАН).

АДАПТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЛИГНИНА ОСИНЫ НА ДЕЙСТВИЕ РАДИАЦИИ

Л. С. Кочева¹, Л. М. Шапошникова², Н. Г. Рачкова², А. П. Карманов²

¹ Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия,
e-mail: lskocheva@geo.komisc.ru

² Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Радиация, как и другие абиотические факторы среды, при воздействии на растительные организмы оказывает влияние на их жизнедеятельность. При этом у растений возникают адаптационная, как правило, комплексная реакция на действие какого-либо неблагоприятного фактора, именуемая стрессом. Важнейшая роль в преодолении стрессовых нагрузок принадлежит одному из основных структурных компонентов всех наземных растений – ароматическому высокомолекулярному соединению лигнину, выполняющему множественные жизненно важные функции. Очевидно, воздействие экзогенных факторов окружающей среды должно вызывать ответную реакцию, причем при медленном или длительном развитии неблагоприятных условий процесс приспособления к ним протекает легче. Имеются сведения о том, что в периоды действия стресса в растениях наблюдается интенсификация биосинтеза лигнина, что также является защитной реакцией растения. Несмотря на актуальность данной проблемы, ощущается острый дефицит экспериментальных данных и теоретических обобщений о влиянии радиационного стресс-фактора на механизм биосинтеза и химическую структуру природных лигнинов.

С целью изучения влияния радиации на химическую структуру основных компонентов растительной ткани нами проведены физико-химические исследования образцов лигнинов осины *Populus tremula*, произраставшей в течение основных этапов онтогенеза на территориях бывшего предприятия по добыче радия-226 и урана (Республика Коми, Россия). Лигнины выделены классическим диоксановым методом из древостоев возрастом ~ 30 лет с участков с нормальным и повышенным уровнем естественной радиации. Проведен замер показателей радиоактивности почвы и древесины. Согласно данным химического анализа, исследуемые лигнины образуют достаточно однородную группу биополимеров с близким элементным составом, содержание лигнина во всех образцах составляет ~ 23%. Можно отметить тенденцию к уменьшению количества фенольных гидроксильных групп при увеличении дозы радиоактивности.

Структурно-химические исследования проведены с использованием методов ЯМР-13С, ЭПР-спектроскопии, FTIR и пиролитической хромато-масс спектрометрии. Показано, что радиоактивный стресс приводит к изменению химической структуры лигнинов, что выражается в увеличении количества сиригильных единиц в макромолекулах и уменьшении доли гваяцильных и *n*-кумаровых единиц, увеличении количества β-O-4 связей и снижении количества дибензодиоксоциновых субструктур. Выводы о влиянии радиационного экзогенного фактора на химическую структуру природных лигнинов подтверждаются результатами корреляционного анализа экспериментальных данных. Исследованы парамагнитные свойства лигнинов, обусловленные присутствием стабильных феноксильных радикалов. Определены показатели антиоксидантной активности образцов лигнинов, что может представлять определенный практический интерес, в частности, для биомедицины.

Исследование выполнено в рамках Государственного задания (НИР) Института биологии (№ 122040600024-5, химический анализ) и Института геологии (ЭПР, ИКС) ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-00196, <https://rscf.ru/project/22-13-00196/> (заготовка сырья и выделение образцов лигнина), а также с использованием оборудования ЦКП ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Молекулярная биология» и ЦКП ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН «Геонаука».

ИДЕНТИФИКАЦИЯ *IN SILICO* ГЕНОВ ЯБЛОНИ, КОДИРУЮЩИХ БРОМОДОМЕН-СОДЕРЖАЩИЕ БЕЛКИ

П. В. Кузмицкая, О. Ю. Урбанович

Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
e-mail: P. Kuzmitskaya@igc.by

Устойчивость растений к абиотическому стрессу – сложный признак, контролируемый полигенно. В регуляции транскрипции генов принимают участие как генетические, так и эпигенетические компоненты. К последним относятся белки, содержащие бромодомены (BrD). Бромодомен представляет собой мотив около 110 аминокислот, свернутых в четыре α -спирали и три петли с образованием консервативной складки с гидрофобным карманом, способным распознавать ацетилированные остатки лизина на С-конце гистонов. BrD сами по себе или в составе мультибелковых комплексов регулируют экспрессию генов различными способами, например, ремоделированием хроматина, модификациями гистонов, регуляцией механизма транскрипции. Опосредованные эпигенетикой изменения структуры хроматина и их влияние на регуляцию экспрессии генов одинаково важны как для физиологических процессов, так и для реакции растений на стресс.

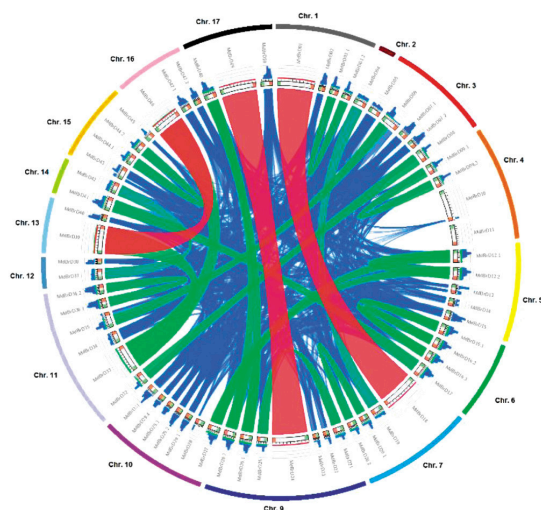


Рис. Схема филогенетических взаимоотношений BrD яблони. Colored by score (min → max: blue → green → orange → red).

В настоящее время информация о генах этого семейства у яблони отсутствует, хотя может быть полезной для дальнейших исследований по расшифровке их функционального значения в различных условиях, в том числе при стрессовых реакциях.

Поиск генов BrD яблони был проведен с помощью ПО *hmmer3* и HMM-профиля, загруженного из базы данных PFAM. Подтверждение принадлежности генов-кандидатов к BrD, было выполнено с помощью SMART. В общей сложности в геноме яблони мы обнаружили 50 генов, имеющих характерные консервативные домены и кодирующих 63 белка, включая изоформы, образующиеся за счет альтернативного сплайсинга. Оценка их хромосомного распределения показала, что большинство хромосом (за исключением 8-й) несет как минимум один такой ген. Наибольшее их число (шесть) находится на 9-й хромосоме, на хромосомах 10 и 11 находятся по пять генов, тогда как хромосома 2 несет только один ген. В целом, не наблюдается явной зависимости между длиной хромосомы и количеством расположенных на ней генов BrD. Схема их филогенетических взаимоотношений представлена на рисунке. Как видно из представленных данных, степень идентичности генов не зависит от их хромосомной локализации: расположенные на разных хромосомах гены могут иметь больше сходства, чем находящиеся на одной и той же. Наибольшее сходство наблюдается у трех пар генов, расположенных на 1–7-й, 9–17-й и 13–16-й хромосомах. Это может являться свидетельством дупликации блока генов в процессе эволюции генома яблони.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *NICOTIANA TABACUM* L. В УСЛОВИЯХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

И. А. Лёвкин^{1,2}, Е. Г. Шерудило¹, Т. Г. Шибаета¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: levkin-556@mail.ru

² Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия

Табак обыкновенный – однолетнее травянистое растение семейства Паслёновые (*Solanaceae*). Этот представитель тропической и субтропической зоны является ценной технической культурой. Его также выращивают как дополнительную культуру, приносящую нередко более высокий доход по сравнению с основными. Как пластичный вид, табак культивируют в широком разнообразии климатических зон. Считается, что табак можно выращивать без значительных затрат в любой точке между 50° с. ш. и 40° ю. ш. Благодаря появлению новых скоро- и среднеспелых сортов, табак можно культивировать на территориях, находящихся в более северных широтах, таких как Ленинградская область и южная Карелия. Однако, опыт выращивания табака в северных широтах небольшой. Исходя из этого, целью работы было выявление эколого-физиологических особенностей растений *Nicotiana tabacum* L. при выращивании в условиях южной Карелии.

Объектом исследования служил сорт Юбилейный новый 142, районированный, в том числе для северо-запада России. В течение 60 дней рассаду выращивали в климатических камерах при температуре 23 °С и фотопериоде 16/8 ч. Растения выращивали в открытом грунте на Агробиологической станции Карельского НЦ РАН (61°47' с. ш., 34°20' в.д.) в 2022 и 2023 гг.

Результаты показали, что по высоте экспериментальные растения были сопоставимы с растениями, выращенными в Краснодарском крае, традиционном регионе табаководства в России. По числу технических листьев они уступали растениям из Краснодара примерно на 20%. При этом площадь листьев была на 10% больше, а сухой вес единицы массы листа превышал в 1.5–2.5 раза показатели южных растений. В результате урожай сухой биомассы листьев был на 30–40% выше, чем в Краснодаре. По показателям качества (доля центральной жилки, число Шмука), сырье, полученное из экспериментальных растений, было сопоставимо с таковым в Краснодаре.

В целом, двухлетние исследования показали, что в условиях южной Карелии при соблюдении всех агротехнических приёмов табак проходит все стадии роста и развития, даёт жизнеспособное потомство. При этом качественные показатели целевого продукта сохраняются на уровне, характерном для традиционного региона табаководства (Краснодарский край). Урожайность растений табака (масса свежих и сухих листьев с одного растения), выращенных в Карелии, может превышать урожайность растений из южных регионов страны на 30–40%. С учетом того, что температуры в северо-западном регионе в период вегетации значительно ниже, чем в южных регионах, можно предположить, что фактором, способствующим быстрому накоплению биомассы растений табака, является длинный световой период в суточном цикле. В Карелии продолжительность светового дня больше, чем в южных регионах благодаря такому астрономическому явлению как белые ночи. В результате слияния вечерних и утренних сумерек полная темнота не наступает в течение почти двух месяцев. В южной Карелии период белых ночей длится с конца мая до середины июля. Мы предположили, что увеличение накопления биомассы растений табака происходит в результате более длительного периода фотосинтетической активности в сутках, обеспечивающего высокую суточную продуктивность фотосинтеза. Возможно, более низкие затраты на дыхание в связи с более низкими температурами также способствуют увеличению накопления биомассы растений.

О ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИНАХ ФОТОПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ АНОМАЛЬНЫХ СВЕТО-ТЕМНОВЫХ ЦИКЛОВ

А. В. Мамаев, Т. Г. Шибаета, Е. Г. Шерудило, А. Ф. Титов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: adgsn@mail.ru

В противоположность обычному фотопериоду, включающему чередование дня и ночи, круглосуточное освещение (КО) является аномальным фотопериодом, обеспечивая непрерывное поступление световой энергии для фотосинтеза, постоянное фотоокислительное воздействие и сигнальное воздействие на фоторецепторы. Предполагалось, что именно непрерывность светового воздействия (или отсутствие темного периода в сутках) является причиной фотоповреждения листьев в факторостатных условиях, что показано в многочисленных исследованиях на видах семейств *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Convolvulaceae*, *Cucurbitaceae*, *Laminaceae*, *Leguminosae*, *Poaceae*, *Pinaceae*, *Rosaceae*, *Solanaceae* и *Taxodiaceae*.

Целью нашего исследования была проверка гипотезы о том, что повреждения листьев в условиях КО вызваны именно непрерывностью светового воздействия на растения. В таком случае наличие темных периодов в суточном цикле должно предотвращать развитие фотоповреждений. В качестве объектов исследования были использованы два наиболее чувствительных к КО вида растений – томат и баклажан. В течение двух недель они подвергались воздействию КО или аномальных свето-темновых циклов 6/6 ч и 24/24 ч. Аномальными считаются свето-темновые циклы, отличные от 24-часового суточного цикла.

Результаты работы показали, что реакция растений на циклы 6/6 и 24/24 ч была сходной с реакцией на КО: наблюдалась эпинастия листьев и впоследствии развивался хлороз листьев у томата и некроз у баклажана. Растения имели более низкое содержание хлорофилла, более высокое соотношение хлорофиллов *a/b*, более низкое соотношение хлорофилл/каротиноиды и более низкую долю хлорофилла в свето-собирающем комплексе по сравнению с растениями, растущими в условиях фотопериода 16/8 ч, т. е. демонстрировали весь спектр реакций, направленных на защиту фотосинтетического аппарата от избыточного освещения. У растений в условиях всех аномальных свето-темновых циклов, включая КО, были более низкие значения потенциального квантового выхода фотохимической активности фотосистемы II *Fv/Fm*, более высокое содержание перекиси водорода и более высокая интенсивность перекисного окисления липидов, что свидетельствует о развитии у них окислительного стресса.

В условиях КО интеграл дневного освещения (ИДО) был выше, чем в условиях фотопериода 16/8 ч (25.9 и 17.3 моль/ (м² сут), соответственно) и индукцию фотозащитных реакций можно было бы связать с этим фактом. Однако, в условиях свето-темновых циклов 6/6 ч и 24/24 ч растения половину времени находились в темноте, а ИДО в этих вариантах опыта был ниже по сравнению с фотопериодом 16/8 ч (13 и 17.3 моль/ (м² сут), соответственно). Из этого следует, что окислительный стресс и фотоповреждения листьев у растений в условиях аномальных свето-темновых циклов не были вызваны более высоким ИДО. Также можно заключить, что отсутствие темного периода в суточном цикле, т. е. непрерывность светового воздействия как таковая не является причиной фотоповреждения листьев. Мы считаем, что основным фактором, вызывающим фотоповреждения листьев в условиях аномальных свето-темновых циклов, включая КО, является циркадная асинхрония, т. е. рассогласование внутренних циркадных ритмов растений с внешними свето-темновыми циклами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-16-00160).

КОМПЕНСАТОРНЫЕ ВАРИАЦИИ ЛИПИДОВ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ *NAVICULA GREGARIA* В ОТВЕТ НА РАСПРЕСНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА

Д. И. Манойлова¹, В. П. Воронин¹, С. Л. Полякова²,
Н. А. Давидович², Н. С. Репкина¹, С. А. Мурзина¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: murzina.svetlana@gmail.com

² Карадагская научная станция им. Т. И. Вяземского – природный заповедник Российской академии наук – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Российской академии наук», г. Феодосия, Россия

Способность *Navicula gregaria* Donkin 1861 адаптироваться к широкому диапазону изменяющихся условий среды делает этот вид диатомовых водорослей привлекательным объектом для фундаментальных и прикладных исследований. Изучены компенсаторные реакции на уровне липидов и жирных кислот (ЖК) у *N. gregaria* в ответ на опреснение среды разной длительности. Одиночная клетка *N. gregaria* микропипеточным способом (Andersen, Kawachi, 2005) выделена из пробы с океанической соленостью, отобранной на Камчатке (бухта Южная 52°57'09"N 158°41'16"E) и введена в клоновую культуру 21.0512-SK. В качестве культуральной среды применяли модифицированную искусственную среду ESAW (Полякова и др., 2018). Для сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) пробоподготовку материала проводили согласно (Polyakova et al., 2023). Схема эксперимента состояла в следующем: водоросли содержались в среде ESAW (36‰) в течение 14 суток (контроль), затем были перенесены в среду DM (0‰) на 7 суток, далее одна часть клеток была обратно перенесена в среду ESAW, где содержалась 7 суток, а вторая часть клеток оставалась в опресненной среде, откуда через 7 и 14 суток была перенесена в среду ESAW. Вид *N. gregaria* галотолерантен в широком диапазоне (0 – 100‰ в наших экспериментах) с оптимумом близким к океанической солености. Указанная особенность дает возможность виду существовать в разных экологических нишах и осваивать новые места обитания (Полякова, Давидович, 2023). Установлено, что компенсаторными вариациями обратимого характера на уровне липогенеза у *N. gregaria* в ответ на опреснение в течение 7 и 14 суток является последовательное повышение доминирующего семейства насыщенных ЖК (НЖК), за счет 16:0, 18:0 и 14:0. При этом, относительно близкое по количеству к НЖК семейство мононенасыщенных ЖК (МНЖК), за счет доминирующих 18:1(n-9) и 18:2(n-6), снижается. У *N. gregaria* после двухнедельного опреснения и дальнейшем семидневном содержании в среде ESAW выявлено резкое снижение (ниже контроля) 16:0, а также 18:0 и 18:1(n-9), напротив впервые 22:1(n-11) резко повышалось. Дальнейшее содержание (14 суток) клеток в распресненной среде привело к резкому повышению 16:0 и резкому снижению 22:1(n-11). Отмечено, что содержание полиненасыщенной ЖК 20:5(n-3) резко увеличивается после двухнедельного опреснения и дальнейшего культивирования в среде ESAW (2,30 vs. 0,64%). В ходе эксперимента содержание физиологически значимой (n-3) ПНЖК – 20:5(n-3), эйкозапентаеновой кислоты, значительно изменялось и соотносилось с 18:3(n-3) – основоположником (n-3) семейства ПНЖК, что может свидетельствовать об усилении синтеза (n-3) ПНЖК – вариант адаптивной реакции на изменения солености. Показан механизм адаптации биологических мембран *N. gregaria* в условиях эксперимента за счет ЖК-компонентов фосфолипидов, которые при этом варьируют незначительно. Рассматривается возможность биотехнологического использования этого вида диатомей для направленного синтеза ЖК разных семейств, в том числе особо ценных ПНЖК.

Работа выполнена в рамках государственного задания КарНЦ РАН FMEN-2022-0006.

ПОРОГОВОЕ ПОВЕДЕНИЕ РОСТОВОГО ОТКЛИКА МХА *SPHAGNUM RIPARIUM* НА ТЕМПЕРАТУРУ

В. Л. Миронов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: vict.mironoff@yandex.ru

Согласно правилу Вант-Гоффа, с повышением температуры растение могло бы использовать в своем метаболизме экспоненциально увеличивающееся количество углерода. Одно из первых препятствий для этого состоит в том, что баланс между фотосинтетическим накоплением и дыхательными потерями серьезно меняется с ростом температуры (Duffy et al., 2021). При низких температурах фотосинтетическое накопление нарастает быстрее дыхательных потерь, поэтому здесь растение не испытывает нехватки углерода. С повышением температуры дыхательные потери постепенно приближаются к фотосинтетическому накоплению. Поэтому, несмотря на все еще растущую продуктивность фотосинтеза, с некоторой температуры количество доступного углерода становится меньше величины, которую растение может использовать. Это ведет к появлению так называемого температурного порога, при переходе через который растущие потребности растения в углероде не могут больше удовлетворяться.

В последние годы температурные пороги стали широко выявляться у растительных сообществ, экосистем и биосферы в целом, где они примерно соответствуют температурным оптимумам продуктивности (Lindroth et al., 1998; Yuan et al., 2011; Niu et al., 2012; Huang et al., 2019; Duffy et al., 2021; Fu et al., 2023). В умеренных широтах они обычно находятся в интервале от 10 до 20 °С, приближаясь к средней температуре вегетационного периода. Температурные пороги подробно исследованы в контексте продуктивности растений и экосистем, однако до сих пор остается неясным то, как они отражаются в процессах естественного роста растений.

Для ответа на этот вопрос здесь был проанализирован ростовой отклик мха *Sphagnum riparium* на температуру поверхности почвы за вегетационные периоды 2015–2023 годов. Эти данные были получены в результате непрерывного мониторинга роста данного вида в естественной среде произрастания с интервалом 2 суток. В общей сложности было проанализировано 1616 оценок скорости роста, полученных в результате измерения 226945 побегов.

В результате, внутри температурной зависимости скорости роста *S. riparium* было выявлено два четких интервала, разделенных температурным порогом 13,2 °С. В первом интервале, скорость роста Сфагнума имеет явную экспоненциальную зависимость от температуры ($Q_{10}=4,01$). Эта зависимость намного сильнее зависимости, получаемой при экспоненциальной аппроксимации всего массива данных ($Q_{10}=2,08$). Во втором интервале наблюдается внезапное исчезновение экспоненциальной зависимости между температурой и скоростью роста. Здесь зависимость лучше всего аппроксимируется линейной функцией, при этом скорость роста очень слабо откликается на изменение температуры. Согласно линейной модели, повышение температуры на 10 °С приводит к повышению скорости роста на 0,05 см/сут, а согласно экспоненциальной – к повышению скорости роста в 1,21 раз. Полученные данные хорошо соотносятся с результатами анализа растительных сообществ, экосистем и биосферы (Lindroth et al., 1998; Yuan et al., 2011; Niu et al., 2012; Duffy et al., 2021) и свидетельствуют о том, что в природных условиях температурный оптимум для скорости роста *S. riparium* примерно соответствует 13,2 °С.

Исследование выполнено по теме госзадания FMEN-2022-0008.

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ (NaCl) НА СОСТАВ ЛИПИДОВ РАФТОВ КЛЕТОЧНЫХ ОРГАНЕЛЛ ГАЛОФИТОВ

В. Н. Нестеров, О. А. Розенцвет, Е. С. Богданова

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия,
e-mail: nesvik1@mail.ru

Расширение площади засоленных почв на планете связано с глобальным изменением климата, распространением орошения и ростом населения, что создает угрозы для здоровья человека, экосистем и отдельных государств. Засоленные почвы на территории России составляют 3,3 % почвенного покрова страны или 5,0 % площади равнинных территорий. Накопление солей в почве является одним из основных экологических факторов, лимитирующих рост и продуктивность растений. При этом на сильно засоленных почвах на протяжении всего жизненного цикла способны выживать экологически специализированные растения – галофиты. В ходе эволюции у таких растений выработались особые механизмы солеустойчивости, которые реализуются как на уровне целого растения и растительной ткани, так и на клеточно-молекулярном уровне.

Недостаточно изученным аспектом солеустойчивости является состав и роль мембранных кластеров или липидных рафтов. Рафты или стерин- и сфинголипид-обогащенные участки мембран (или липид-белковые домены), размером 10–200 нм, участвуют в передаче клеточных сигналов, оказывают влияние на стабильность и текучесть мембран, на обмен белков в мембране. Предполагается непосредственное вовлечение рафтов в процессы роста клеток и морфогенеза. Однако далеко не все функции рафтов, их биологическая роль и локализация в растительной клетке, известны. В настоящей работе исследовано влияние засоления на состав липидов рафтов в органеллах галофитов. Рафтовые структуры были обнаружены в хлоропластах и митохондриях растений *Salicornia perennans* Willd., *Suaeda salsa* (L.) Pall., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Artemisia santonica* L. Обработка органелл детергентом и последующее дифференциальное центрифугирование выявило зону опалесценции, характеризующую концентрацию рафтов, в которой содержалось в 1,5–2,5 раза больше белка, церebroзидов и стерина (вплоть до 90 %) в составе мембранных липидов, чем в прилегающих областях. Данные электронной и конфокальной микроскопии подтвердили наличие микродоменов.

Влияние засоления на липидные рафты хлоропластных и митохондриальных мембран проведено в модельных экспериментах с использованием NaCl в концентрациях 0 (Контроль) и 1000 мМ. Установлено изменение доли растительных сфинголипидов и стерина в составе рафтов. В общую картину биохимического состава рафтов как хлоропластов, так и митохондрий вносят вклад и видовые особенности растений. Например, рафты хлоропластов оказались в большей степени чувствительны к засолению именно у *S. perennans*, а у *S. salsa* более выраженная реакция была отмечена у митохондрий.

Таким образом, впервые были приведены доказательства существования рафтов в мембранах хлоропластов и митохондрий растений галофитов. Установлено также, что рафтовые структуры способны реагировать на повышение засоления среды путем изменения состава липидов.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН МЕТИЛЖАСМОНАТОМ НА РЕАКЦИЮ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ НА ИЗБЫТОК ЦИНКА

И. А. Нилова, А. А. Игнатенко, Е. С. Холопцева, Н. М. Казнина

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: im-ira@mail.ru

В условиях лабораторного опыта изучали влияние предпосевной обработки семян метилжасмонатом (МЖ) на рост и фотосинтетический аппарат (ФСА) растений пшеницы в условиях избытка цинка в корнеобитаемой среде.

Семена пшеницы (*Triticum aestivum* L.) ярового сорта Злата проращивали в течение 3-х сут на дистиллированной воде (контроль) или первые сутки выдерживали на растворе МЖ (10 мкМ), а затем переносили на дистиллированную воду. После этого проростки высаживали на питательный раствор Хогланда-Арнона и выращивали в течение 11 суток на растворе с оптимальным (2 мкМ) или избыточным (1500 мкМ) содержанием цинка в камере искусственного климата при температуре 22 °С, относительной влажности воздуха 60–70%, ФАР 180 мкмоль/ (м²·с) и 14-часовом фотопериоде.

В ходе работы было установлено, что у растений, выращенных из необработанных МЖ семян, избыток цинка приводил к торможению роста корня и побега, снижению их сырой биомассы. Обработка семян МЖ в оптимальных условиях минерального питания не оказывала влияния на ростовые процессы у растений, а при избытке цинка усиливала (по сравнению с необработанными растениями) их торможение.

Помимо этого, обнаружено отрицательное влияние избытка цинка на ФСА пшеницы. В частности, при 1500 мМ цинка у растений заметно уменьшалось содержание хлорофиллов и каротиноидов, снижалась устьичная проводимость и замедлялась скорость фотосинтеза. Обработка семян МЖ приводила к увеличению содержания пигментов у растений, испытывавших цинковый стресс (по сравнению с необработанными растениями), что коррелировало с усилением интенсивности фотосинтеза. В отсутствие избытка цинка у обработанных МЖ растений несколько возрастала (по сравнению с необработанными растениями) устьичная проводимость, что, однако, не отразилось на скорости фотосинтеза.

В целом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод, что обработка семян МЖ усиливает отрицательное воздействие избытка цинка на рост растений пшеницы. Вместе с тем, скорость фотосинтеза в стрессовых условиях у них возрастает, отчасти за счет увеличения содержания пигментов, что, вероятно, способствует лучшей адаптации растений к высоким концентрациям этого металла.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания FMEN-2022-0004.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИНИИ ПШЕНИЦЫ С ГЕНЕТИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛОМ ДИКОЙ ПОЛБЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ПО КАЧЕСТВУ ЗЕРНА И ПРОДУКТИВНОСТИ

О. А. Орловская¹, Л. В. Милько¹, Н. И. Дубовец¹, Н. М. Казнина²

¹ Институт генетики и цитологии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь,
e-mail: o.orlovskaya@igc.by

² Институт биологии Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия

Процесс интенсивной селекции злаков на повышение их продуктивности привел к значительной эрозии генофонда пшеницы, вследствие чего современные сорта характеризуются низким содержанием белка, минералов и витаминов в зерне. Большие надежды для решения проблемы дефицита питательных веществ в зерне пшеницы возлагаются на отдаленную гибридизацию, что связано с высокой биологической ценностью зерна у дикорастущих видов.

Проведенный ранее анализ созданных нами линий пшеницы с включением чужеродного генетического материала позволили выделить генотипы, превышающие исходные сорта по основным хозяйственно ценным признакам (содержание белка, *массовая доля и качество клейковины*, масса 1000 зерен, накопление микро- и макроэлементов). *Линия 29 комбинации Рассвет* × *T. dicoccoides* к-5199, сочетающая высокие показатели питательной ценности и продуктивности, включена в процесс скрещивания с современными сортами белорусской селекции. Целью данной работы было оценить возможность использования интрогрессивной линии пшеницы (*T. aestivum*) с генетическим материалом дикой полбы (*T. dicoccoides*) для улучшения сортов мягкой пшеницы по комплексу хозяйственно полезных признаков. Материалом для исследования послужили гибриды F₄-F₅, полученные от скрещивания в прямом и обратном направлениях сортов яровой мягкой пшеницы Дарья, Тома, Ласка, Любава с интрогрессивной линией 29 Рассвет × *T. dicoccoides* к-5199. Растения выращивали на экспериментальных полях Института генетики и цитологии НАН Беларуси в 2021–2022 гг. (г. Минск, РБ) на дерново-подзолистой супесчаной почве. Изучали следующие признаки: уровень накопления макро- (К, Р, Са, Mg) и микроэлементов (Zn, Fe, Cu, Mn) в зерне, общее содержание белка и клейковины в зерне, качество клейковины, количество продуктивных побегов на растение, длина главного колоса, число колосков и зерен главного колоса, масса зерна с колоса и растения, масса 1000 зерен. Проведенные исследования показали, что подавляющее большинство гибридов характеризовалось более высоким содержанием Fe, Cu, Mn, белка и клейковины в зерне, по сравнению с родительским сортом. Для гибридов, созданных с участием сортов Дарья и Тома, показано также стабильно высокое накопление Zn. Среди гибридов значимое преимущество над исходным сортом по содержанию К отмечено только для генотипов на основе сорта Ласка, по содержанию Р – для гибрида л 29 × Дарья, по содержанию Mg – для гибридов обратных комбинаций скрещивания. В среднем в группе «гибриды» значения по всем основным количественным признакам (за исключением массы 1000 зерен) были выше, чем в группе «сорта», при этом статистически достоверное превышение выявлено только для числа зерен с колоса.

Показана эффективность использования линии пшеницы с включением генетического материала дикой полбы для улучшения современных сортов по содержанию белка, клейковины и минерального состава зерна. Выделены гибриды, превосходящие родительские сорта по комплексу признаков качества зерна в оба года: л29 × Дарья (содержание белка, клейковины, Cu, Mn, Zn, P); л29 × Тома (содержание белка, клейковины, Mn, Zn); Ласка × л29 и л29 × Ласка (содержание белка, клейковины, K); Тома × л29 (содержание белка, клейковины, Cu, Mn). Кроме того, данные гибриды по основным показателям продуктивности не уступали современным сортам мягкой пшеницы, что повышает их ценность для селекции.

О ПРИРОДЕ ОКРАСКИ МИКРОСТРОБИЛОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МЕСТООБИТАНИЙ

Е. И. Парфенова

Институт леса им. В. Н. Сукачева ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия,
e-mail: lyeti@ksc.krasn.ru

Среди показателей, характеризующих фенотипическую изменчивость основных лесообразующих пород, немалое место уделяется окраске их генеративных органов: макро- и микростробилов, семян. Полтора века назад ботаники выделили две формы сосны обыкновенной по окраске мужских колосков (микростробилов) – желтопыльниковую (*f. sulfuranthera* Kozubow) и краснопыльниковую (*f. erythranthera* Sanio) (Козубов, 1962). Принадлежность к определенной форме считается имманентным признаком данной особи. Исследователями предполагается, что в процессе естественного отбора сосна выработала ряд закрепленных адаптивных признаков фенотипически выраженных, например, в окраске пыльников (Черепнин, 1980). В процессе накопления сведений о географическом распространении форм сосны обыкновенной было установлено, что пропорции участия этих форм в данном местообитании зависят от климатических и почвенно-климатических условий местообитаний. При продвижении на север, а также в условиях заболачивания, увеличивается присутствие краснопыльничковой формы (Некрасова, 1959; Козубов, 1962; Аганина, Тарханов, 2016; Коновалова и др., 2020; Пименов и др., 2020). Лесоводы и ботаники трактуют этот факт как проявление фитоценотических преимуществ той или иной формы в определенных условиях; обосновываются попытки использовать закономерности популяционной изменчивости форм сосны по окраске микростробилов в лесоводственной практике (Черепнин, 1980; Пинаевская, 2019; Коновалова и др., 2020).

Наша гипотеза состоит в том, что окраска микростробилов является не проявлением формового разнообразия сосны, а обусловлена гидротермическим режимом почв, создающим условия для синтеза антоцианов в клетках оболочки воздушных мешков микростробилов. Наблюдается своего рода индикационный эффект в отношении гидро-термического и окислительно-восстановительного режима почв местообитаний сосны. Предварительный анализ публикаций указывает, что больший процент участия краснопыльничковой формы наблюдается на почвах с низким окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП менее 300 мВ), с постоянным или временным развитием восстановительных процессов, способствующих образованию подвижных соединений элементов переменной валентности (азота, фосфора, серы, железа, марганца и др.). Мы полагаем, что главную причину окраски микростробилов сосны обыкновенной следует искать не в селекционно-генетических факторах, а в геохимических свойствах почв, которые могут меняться по мере изменений их окислительно-восстановительного потенциала. Отсюда должна вытекать корректировка лесоводственных рекомендаций, основанных на традиционных взглядах на формовое разнообразие сосны обыкновенной и предполагающих прямую связь окраски микростробилов с продуктивностью насаждений в определенных местообитаниях.

Работа выполнена в рамках базового проекта FWES-2024-0023.

ВЛИЯНИЕ ГОДОВОГО ЭКСПОНИРОВАНИЯ СЕМЯН САЛАТА *LACTUCA SATIVA* L. НА АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ВОСТОК НА РОСТОВЫЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ

Н. Г. Платова, К. О. Иноземцев, В. А. Шуршаков

Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук, г. Москва, Россия, e-mail: nataliaspl@inbox.ru

Приполярные области Арктики и Антарктики характеризуются специфическими факторами внешней среды, являющимися проблемными для живых систем и организмов. Влияние некоторых факторов может быть минимизировано путем создания искусственной среды внутри полярной станции, однако некоторые из этих факторов являются неустраняемыми. Так, например, космические лучи, практически беспрепятственно проникающие в атмосферу за счет конфигурации геомагнитного поля в приполярных областях, являются источником повышенного радиационного фона, который также возрастает с высотой над уровнем моря. Таким образом, в высокогорных полярных областях радиационный фактор может играть значительную роль наряду с другими факторами внешней среды, при этом в литературе вопросам дозиметрии на высокогорных полярных станциях уделяется незначительное внимание. Представляет интерес исследование эффекта длительного хранения семян высших растений на высокоширотной высокогорной станции, радиационные условия на которой малоизучены. Семена салата посевного *Lactuca sativa* L. экспонировали в специализированных сборках на Антарктической высокогорной станции «Восток» в период 64^{ой} Российской антарктической экспедиции (2019–2020). Дозиметрический контроль в сборках осуществлялся с помощью термолюминесцентных (LiF: Mg, Ti) и твердотельных трековых детекторов (CR-39TM). После возвращения в домашний регион семена проращивали в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой, определяли энергию прорастания и всхожесть. На седьмые сутки у 12 проростков каждого варианта были измерены длина корня и гипокотили. Проростки с длиной корня 2–4 мм фиксировали, окрашивали ацеторцеином и использовали для цитогенетического ана-телофазного анализа первого митоза меристемы корня. Учитывали хромосомные и хроматидные мосты и фрагменты, а также рассчитывали среднее количество делящихся клеток на корешок. Статистическую обработку данных проводили с помощью t-критерия Стьюдента.

Процент проросших семян на первые сутки, энергия прорастания и всхожесть контрольных семян и семян, экспонированных на станции «Восток», существенно не различались. Отмечено уменьшение длины корня проростка на 15 % и увеличение длины гипокотили на 26 %. В корневой меристеме проростков, полученных из семян, экспонированных на станции «Восток», отмечено достоверное повышение более чем в два раза процента клеток с хромосомными aberrациями, а также процента хромосомных мостов и фрагментов. При этом процент хроматидных мостов и фрагментов, а также процент клеток с множественными aberrациями не был существенно увеличен. Среднее количество делящихся клеток в стадии ана-телофазы было достоверно снижено у проростков, полученных из семян, экспонированных в Антарктиде. Среднегодовая эквивалентная доза за время экспозиции составила 7 мЗв, что превышает годовой норматив в 1 мЗв, установленный Международной комиссией по радиационной защите для населения. В целом, семена высших растений обладают высокой радиоустойчивостью, а степень радиационного воздействия относится к диапазону малых доз. Наблюдаемые биологические эффекты могут быть связаны с эффектом гиперчувствительности и индуцируемой радиорезистентности.

Работа выполнена в рамках Программ Фундаментальных научных исследований РАН (FMFR-2024-0036) и (FMFR-2024-0042).

АНАЛИЗ СОГЛАСОВАННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ПРОВОДИМОСТИ КСИЛЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -ГАЗООБМЕНА ЛИСТА У НЕКОТОРЫХ БОРЕАЛЬНЫХ ВИДОВ КАРЕЛИИ

**В. Б. Придача, Т. А. Сазонова, Т. В. Тарелкина, Я. А. Неронова, А. Н. Пеккоев,
Д. Е. Семин, Л. И. Семенова, Н. В. Туманик**

Институт леса КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: pridacha@krc.karelia.ru

В настоящее время в связи с происходящими изменениями природной среды и климата большое значение придается оценке устойчивости целых сообществ и отдельных видов к внешним воздействиям. В частности, одной из актуальных является проблема устойчивости гидрологического и биохимического циклов в лесных экосистемах. Однако вопрос о возможных ответных реакциях видов, сообществ и экосистем в разных регионах на прогнозируемые изменения среды все еще остается открытым. В настоящей работе представлены результаты исследований значения согласованности гидравлической проводимости ксилемы и параметров $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -газообмена листа при формировании адаптации у некоторых бореальных видов в Карелии. Объектами исследований послужили одновозрастные деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), березы повислой (*Betula pendula* Roth) и осины (*Populus tremula* L.), произрастающие на сплошной вырубке 2009 г. сосняка черничного и под пологом ненарушенного 95-летнего сосняка черничного (Республика Карелия, Кондопожский район).

Эффективность функционирования ксилемы во многом определяет рост, продуктивность и выживаемость растений в меняющихся условиях природной среды. В ходе исследования нами установлены разные стратегии реализации гидравлической эффективности у березы (изогидрическая), осины и сосны (анизогидрическая). На основе сопряженного анализа анатомических признаков (удельная плотность трахеид и сосудов) и гидравлических характеристик вторичной ксилемы (гидравлический диаметр трахеид и сосудов, потенциальная гидравлическая проводимость), показателей $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -газообмена (устычная проводимость, интенсивность фотосинтеза и транспирации, водный потенциал побега) листовых и хвойных видов древесных растений в разных экологических условиях выявлена видоспецифическая координация структурно-функциональных характеристик ксилемы и параметров газообмена листа. Отмеченные закономерности позволяют предположить, что увеличение повторяемости аномальных погодных явлений в высоких широтах, в частности периодов сильной жары и засухи, может усилить конкурентоспособность сосны и осины, формирующих более эффективную и безопасную гидравлическую структуру, посредством роста CO_2 -газообмена и продуктивности относительно березы, ксилема которой более уязвима к кавитации при засухе. Результаты исследования важны для прогнозирования изменения структуры растительного покрова на Европейском Севере в условиях меняющегося климата и могут быть использованы в качестве параметров в математических моделях продукционного процесса и водного цикла наземных экосистем.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА СЕМЯН *BRASSICA JUNCEA* L. (Czern) И *SINAPIS ALBA* L., ВЫРАЩЕННЫХ НА СУБСТРАТЕ С ИЗБЫТКОМ ЦИНКА

Н. С. Репкина, Н. М. Казнина, В. П. Воронин, С. А. Мурзина

Институт биологии ИБ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: nrt9@ya.ru

В настоящее время продолжается активное изучение влияния тяжелых металлов на различные физиологические процессы растений. Вместе с тем данных об их воздействии на семенную продуктивность и качество семян крайне мало, хотя они необходимы, особенно для сельскохозяйственных культур. Представители семейства Brassicaceae: горчица сарептская (*B. juncea*) и горчица белая (*S. alba*) активно используются человеком в пищевой, фармацевтической промышленности, а также рассматривается их использование для получения альтернативного топлива (биотоплива). Учитывая это, целью данной работы стало исследование качества семян двух видов растений рода *Brassicaceae*.

Опыт проводили в вегетационных условиях. Контроль параметров условий среды ежедневно регистрировался метеостанцией. Полив осуществлялся питательным раствором Хогланда-Арнона, без добавления цинка. Энергия прорастания и всхожесть семян определялась по ГОСТу 12038-84 от 2011 г. Для химического анализа семян использовался метод ICP-MS (Agilent 7900 ICP-MS). Для анализа состава жирных кислот (ЖК) использовали метод ГХ–МСД с детектором «Маэстро-αМС» («Сайтегра», Россия). Разделение общих липидов на классы проводили методом ВЭТСХ с применением комплекса САМАГ (САМАГ, Швейцария). Эксперимент проводился в течение 2022 и 2023 гг., при сравнении результатов за два года выявлена схожая тенденция изменений показателей, данные представлены за 2022 год.

Показано, что энергия прорастания и всхожесть семян у *B. juncea* при избытке цинка в субстрате составили 100%, тогда как у *S. alba* оба показателя заметно снижались (по сравнению с оптимальными условиями роста). При этом в стрессовых условиях в семенах обоих видов возрастало содержание ряда необходимых микроэлементов, в том числе цинка, меди, никеля, хрома, молибдена, марганца. Помимо этого, в стрессовых условиях в семенах обоих видов было выявлено высокое содержание триацилглицеринов (ТАГ) – характерный признак для семян растений масличных культур. Обнаружены различия у двух видов в содержании диацилглицеринов (ДАГ): у *B. juncea* в семенах ДАГ было в два раза больше, чем у *S. alba*. Жирнокислотный состав *S. alba* представлен 8 насыщенными ЖК (НЖК) и 11 ненасыщенными ЖК (ННЖК), включая моно- и полиненасыщенные ЖК. При этом избыток цинка приводил к повышению содержания эруковой кислоты, 22:1(n – 9) в семенах *S. alba*. В семенах *B. juncea* было выявлено 4 индивидуальных НЖК и 10 ННЖК. Соотношение ННЖК к НЖК было высоким у *B. juncea*, при этом значение индекса больше в несколько раз, чем в семенах *S. alba*. Установлено, что количество 22:1(n – 9) у *B. juncea* было снижено примерно в 4 раза по сравнению с семенами *S. alba*.

В целом, семена *B. juncea*, сформированные в условиях избытка цинка в субстрате, отличаются лучшими «пищевыми» качествами, чем семена *S. alba*, полученные в сходных условиях.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-24-00668.

ЭНДОГЕННЫЕ РИТМЫ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЙ ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЫ МУРМАНСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА ПРИМЕРЕ *FUCUS VESICULOSUS*

И. В. Рыжик, Е. О. Добычина, М. П. Клиндух

Мурманский морской биологический институт РАН г. Мурманск, Россия,
e-mail: alaria@yandex.ru

В каждом организме, не зависимо от уровня организации, есть механизмы, регулирующие его существование в окружающей среде. К ним относят различные типы биологических ритмов. Выделяют физиологические и экологические колебания. Физиологические колебания относятся к внутренним изменениям в организме, которые регулируются эндогенными механизмами. Экологические ритмы – это циклические изменения во внутренней среде, которые обусловлены экзогенными факторами. Синхронизируясь с физиологическими колебаниями, экологические ритмы выступают как внешние сигналы, которые согласовывают внутренние биологические процессы с окружающей средой. Приливно-отливная зона – территория со сложным сочетанием факторов внешней среды. Кроме основных факторов света и температуры в этой зоне действует приливно-отливное течение, которое создаёт периодическое изменение водного баланса, интенсивности газообмена, солености и доступности питательных веществ для прикрепленных организмов. В этой зоне на разных горизонтах от минимальной воды произрастают разнообразные группы растений: от водорослей до высших растений, имеющие ряд адаптаций к существованию в этих условиях. Цель работы: выявить наличие эндогенных ритмов различных физиолого-биохимических процессов в клетках *Fucus vesiculosus* и степень их зависимости от внешних условий. Отбор водорослей осуществляли в районе сезонной биостанции ММБИ РАН пос. Дальние Зеленцы мурманского побережья Баренцева моря (68°97' с.ш., 33°08' з.д.) в период полярного дня в июле 2021–2023 гг., в бухте Зеленецкая. Эксперименты проводили в июле, когда для водорослей характерна высокая физиологическая активность.

Для анализа использовали образцы, собранные в течение нескольких приливно – отливных циклов. Параллельно исследовали водоросли, предварительно акклиматизированные к лабораторным условиям (постоянная интенсивность освещения и температура, без периода осушения). Анализировали метаболическую активность (МАК), состояние компонентов антиоксидантной системы – перекисное окисление липидов (ПОЛ), активность ферментов супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы, концентрацию полифенолов и содержание аминокислоты пролина. Для таких компонентов системы, как МАК, ферменты каталазы и СОД, аминокислоты пролина в естественных и лабораторных условиях показана схожая волнообразные изменения измеряемых показателей, однако в лабораторных условиях было зафиксировано изменение диапазона значений и часто наблюдалось смещение пиков. Для концентрации полифенолов в природных условиях отмечается значительная динамика, показана прямая зависимость от интенсивности освещения, в лабораторных условиях содержание полифенолов у водорослей практически не изменяется.

Проведённый анализ позволил показать, что метаболическая активность и связанные с ней ферменты антиоксидантной системы находятся под контролем эндогенных ритмов, однако факторы внешней среды (освещенность, температура, приливно-отливной цикл) корректирует их активность, чтобы адаптировать гомеостаз организма к изменяющимся условиям среды. При этом содержание полифенолов регулируется в основном за счет факторов среды.

ЛЕН МАСЛИЧНЫЙ. ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ РФ

А. Д. Симагин, А. С. Симагина, А. С. Захарова, Е. А. Вертикова

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия,
e-mail: alexander.d.simagin@yandex.ru

Россия встала на путь самообеспечения, поэтому аграрный сектор, как и многие другие сферы экономики, нуждается в повышении интенсификации производства. По группам культур сложились следующие тенденции: на первом месте по занимаемым площадям находятся зерновые культуры, а на втором и третьем месте – кормовые и масличные соответственно.

Основными масличными культурами в России являются подсолнечник, соя, рапс, лен масличный. И если три первые культуры традиционно возделываются в южных регионах РФ, так как предъявляют высокие требования к почвенному плодородию и, самое главное, к теплообеспеченности, то лен масличный обладает высокой экологической пластичностью, что позволяет выращивать его практически во всех регионах страны.

В Госреестре сортов, допущенных к использованию на данный момент включено 55 сортов льна масличного. Однако лишь единицы районированы в третьем регионе, который на данный момент является самым северным для этой культуры. Посевные площади подо льном масличным продолжают расти. Но лен никогда не обгонит подсолнечник и сою в посевных площадях на юге России, поэтому одним из способов увеличения площадей подо льном является – продвижение этой культуры на север.

С 2022 года на базе полевой опытной станции РГАУ МСХА имени К. А. Тимирязева на кафедре генетики, селекции и семеноводства проводятся исследования по селекции этой культуры в условиях центрального региона Нечерноземной зоны.

На данный момент проводится уже третий год исследования коллекции сортов масличного льна. Наиболее продуктивные сорта показывают урожайность на уровне 17–20 ц/га. Помимо такой высокой урожайности, для третьего региона растения льна показывают высокую масличность (лучший показатель по процентному содержанию жира в семенах находится на уровне 45,17% у сорта Светлячок).

Параллельно с исследованием коллекции сортов создается и исходный материал для целей селекции. Основным методом создания исходного материала выступает межсортовая гибридизация. На данный момент создано около 35 гибридных популяций этой культуры. Помимо гибридизации в 2024 году предпринимаются попытки создания новых образцов льна с использованием физического мутагенеза (обработка лазером на парах меди).

Основной целью селекционного процесса на кафедре генетики, селекции и семеноводства РГАУ МСХА является повышение урожайности и адаптивности масличного льна для Центрального и Северо-Западного регионов страны. Вместе с этим селекция ведется по различным направлениям: как на пищевые цели, так и на технические.

В заключении хочется отметить, что лен масличный имеет высокий потенциал для возделывания его в северных регионах нашей страны, это показывают многолетние исследования этой культуры на кафедре генетики, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К. А. Тимирязева.

ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ *BACILLUS VELEZENSIS* M66 НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ К ВОЗБУДИТЕЛЯМ ФИТОФТОРОЗА И АЛЬТЕРНАРИОЗА

А. В. Сорокань¹, В. Ф. Габдрахманова¹, И. С. Марданшин², И. В. Максимов¹

¹ Институт биохимии и генетики

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия,
e-mail: fourtyanns@googlemail.com

² Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия

Совокупность микроорганизмов, ассоциированных с растением – микробиом – важный фактор модификации фенотипа растения-хозяина. Эндوفитные микроорганизмы, существующие во внутренних тканях растений, принимают активное участие в метаболизме растений. Действие эндوفитных бактерий на патогенные микроорганизмы может быть основано не только на антибиотическом действии их метаболитов, но и на стимуляции защитных механизмов растений. Однако, фундаментальные основы механизмов формирования устойчивости растений к различным патогенам под их влиянием остаются практически не исследованными.

Пробирочные стерильные растения сорта Ранняя Роза после 14 суток культивирования на среде Мурасиге-Скуга обрабатывали бактериальной суспензией штамма *B. velezensis* M66. Через 7 суток после обработки часть растений инфицировали спорами оомицета *Phytophthora infestans* (гемибиотроф) или гриба *Alternaria solani* (некротроф).

Впервые показано увеличение численности эндوفитных бактерий *B. velezensis* M66 во внутренних тканях растений после инфицирования патогенами. При этом выявлено двукратное сокращение площади поражения фитофторозом, и еще более значительное – альтернариозом на листьях картофеля. Выявлено, что данный штамм содержит ген липопептидного антибиотика итурина и продуцирует протеиназы, чем объясняется его антибиотический эффект против рассматриваемых патогенов *in vitro*.

Под действием бактерий *B. velezensis* M66 в неинфицированных растениях увеличивалась активность ингибиторов протеиназ и пероксидаз, однако окислительного взрыва не наблюдалось. Увеличение устойчивости растений сопровождалось активацией ингибитора трипсина, особенно значительной в случае инфицирования растений некротрофным патогеном *A. solani* и пероксидаз в обоих случаях. При этом в пораженных фитофторозом растениях в отсутствие эндوفитных микроорганизмов наблюдалось снижение содержания перекиси водорода, а альтернариозом – выраженное накопление, видимо, отражающее разрушение клеток под действием некротрофного патогена. Обработка же растений *B. velezensis* M66 стимулировало ранний окислительный взрыв в обоих случаях, но в дальнейшем, за счет активации антиоксидантных ферментов, содержание перекиси водорода снижалось до контрольных показателей. Кроме того, в случае двух патогенов наблюдалось увеличение относительного числа транскриптов генов, кодирующих ингибиторы протеиназ, хитиназу и анионную пероксидазу, а также снижением транскрипционной активности маркера развития салицилат-зависимых реакций PR1.

Таким образом, инокуляция растений клетками бактерий штамма *B. velezensis* M66 способствует формированию устойчивости растений картофеля к патогенам с различной природой и типом питания посредством эффективного праймирования фитоиммунного потенциала, сравнимого с успешно применяемым в полевых условиях штаммом *B. subtilis* 26Д, активного компонента биопрепарата Фитоспорин-М.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24-26-00025.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ КУРДЮМ

В. В. Такайшвили, О. Н. Торгашкова

ФГБОУ ВО СГУ им. Н. Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия,
e-mail: takais744@gmail.com

Видовой состав водно-прибрежных растений, степень их развития и распределения в водоеме зависят от множества экологических факторов (химический состав воды, температура, свойства грунта), но также существенное влияние оказывает антропогенный фактор. Антропогенное воздействие может приводить к изменению видового состава, биомассы и продукции растений. Поэтому при контроле качества воды и донных отложений необходимо учитывать такие параметры, как видовой состав макрофитов и их обилие.

При исследовании экологического состояния реки Курдюм в пределах Саратовской области были выбраны пробные участки, на которых составлялся флористический список, определялось обилие видов по шкале Друде. Отбор проб воды и определение ее качества производили в соответствии с общепринятыми методиками.

Вода со всех исследовательских участков имеет нейтральную среду ($\text{pH} = 7$). Содержание сульфатов колеблется от 0,85 до 0,95 мг/дм³, нитратов – 0,2–0,3 мг/дм³, нитритов – 0,003–0,007 мг/дм³, хлоридов – 0,1–0,2 мг/дм³, аммонийного азота – 0,2 до 0,3 мг/дм³ и не превышает предельно допустимых показателей. Превышает предельные показатели на всех участках концентрация меди – 0,012–0,016 мг/дм³, железа – 0,2–0,5 мг/дм³, марганца – 0,09–0,16 мг/дм³, никеля – 0,011–0,024 мг/дм³, цинка – 0,011–0,02 мг/дм³. По критерию гидрохимических показателей все участки обладают довольно низким качеством водной среды, максимальное загрязнение характерно для участков вблизи Саратовской кольцевой автомобильной дороги.

На всех исследованных участках обнаружены *Myriophyllum spicatum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Lemna minor* L. и *Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud. На участках в окрестностях населенных пунктов значения видового разнообразия и обилия возрастают, что происходит за счет значительного поступления биогенных соединений в воду данных участков ($\text{БПК}_5 = 2$ ПДК). На участках в населенном пункте также обнаружены *Typha angustifolia* L., *Potamogeton pectinatus* L., *P. crispus* L., *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. Следует отметить невысокий уровень сходства флоры, обнаруженной до населенного пункта и после него (значение коэффициента Жаккара составило 36%). Отмечено значительное снижение видового разнообразия (до 5 видов) и обилия вдоль Саратовской кольцевой автомобильной дороги. Значительные значения суммарного обилия растений свойственны участкам в населенном пункте, причем средние величины обилия каждого вида высоки и изменяются в диапазоне от 4 до 6 баллов. Минимальные величины обилия каждого вида зафиксированы на участках вдоль автомобильной дороги и изменяются в диапазоне от 1 до 2.

Следовательно, исследованный участок реки Курдюм по всем структурным характеристикам сообщества макрофитов может быть четко разделен на группы: участки до населенного пункта – с относительно нормальной растительностью, участки в населенном пункте – с развитой растительностью и участки вдоль Саратовской кольцевой автомобильной дороги – с угнетенной растительностью. Полученные результаты, укладываются в известную закономерность, когда умеренное поступление биогенных элементов ведет к усложнению экологической структуры и появлению новых видов, при увеличении нагрузки происходит упрощение экологической структуры растительных сообществ и уменьшение видового разнообразия, а значительный уровень антропогенного воздействия оказывает подавляющее влияние на состояние фитоценозов, сообщества разрушаются, растения практически отсутствуют.

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И НАЧАЛЬНЫЙ РОСТ ПРОРОСТКОВ *TRITICUM AESTIVUM* И *SORGHUM*×*DRUMMONDII*

К. Б. Таскина, Н. М. Казнина

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: tasamayaksenia@gmail.com

В лабораторных условиях изучали влияние натрий-хлоридного засоления на всхожесть семян и начальный рост проростков двух видов злаков, различающихся типом ассимиляции CO₂: пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L. сорт Злата), имеющая C3-тип фотосинтеза и суданская трава (*Sorghum*×*drummondii* (Nees ex Steud.) Millsp. & Chase сорт Камышинская 51) с C4-типом фотосинтеза.

Семена злаков проращивали в чашках Петри на дистиллированной воде (контроль) или на растворе NaCl (х. ч.) в концентрации 150 мМ. Влияние засоления на энергию прорастания и всхожесть семян оценивали на 3 и 7 или 8 сут (в зависимости от вида), соответственно (ГОСТ № 12038-84). Для изучения воздействия соли на начальный рост, растения выращивали в течение 7-сут под светоустановкой на питательном растворе Хогланда-Арнона (контроль), в опытном варианте к питательному раствору добавляли хлорид натрия в концентрации 150 мМ.

Проведенные исследования показали, что семена пшеницы успешно прорастают в условиях засоления. В отличие от этого, энергия прорастания и всхожесть семян суданской травы при воздействии NaCl оказалась заметно ниже (на 57 и 16 %, соответственно), чем в контроле. Определенные межвидовые различия были обнаружены и при изучении влияния засоления на начальный рост проростков. В частности, у опытных растений пшеницы в большей степени тормозился рост побега, чем корня. Так, длина побега оказалась на 28 % меньше, чем в контроле, а корня – на 18 %. У растений суданской травы негативное воздействие соли на рост подземных и надземных органов было выражено практически в равной степени (длина корня и побега у растений опытного варианта оказалась на 31 % меньше, чем в контроле) и сильнее, чем у пшеницы. В отличие от линейных размеров, накопление растениями биомассы в условиях засоления ингибировалось в большей степени у пшеницы, по сравнению с суданской травой (на 42 и 37 % по отношению к контролю, соответственно).

Таким образом, ответная реакция на засоление у растений с разным типом фотосинтеза различается уже на начальных этапах их развития. У суданской травы при воздействии хлорида натрия наблюдается более сильное торможение роста, чем у пшеницы, тогда как накопление биомассы у растений этого вида ингибируется в меньшей степени, что, возможно, связано с большей эффективностью фотосинтеза у C4-растений.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0004).

ВЛИЯНИЕ ИЗБЫТКА ЦИНКА НА РОСТ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ ПРИ РАЗНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Е. С. Холопцева, Ю. В. Батова, Н. М. Казнина

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: holoptseva@krc.karelia.ru

Горчица сарептская известна как вид, устойчивый к тяжелым металлам и перспективный для фиторемедиации загрязненных ими территорий. Однако, для ее использования в северных регионах необходимо изучить способность растений этого вида адаптироваться и к действию низких положительных температур, что является обычным для вегетационного сезона в северных широтах. Вследствие этого, задачей исследования явилось изучение влияния действия избытка цинка на рост и параметры фотосинтетического аппарата у горчицы сарептской (*Brassica juncea* L.) сорт Ника при низкой температуре.

Растения выращивали в контролируемых условиях на питательном растворе Хогланда-Арнона с оптимальным содержанием (5 мкМ) цинка в течение 7 сут (вариант Zn5). Затем часть растений переносили на питательный раствор, содержащий избыток (1000 мкМ) цинка (вариант Zn1000). В возрасте 14 сут половину растений вариантов Zn5 и Zn1000 подвергали воздействию температуры 4 °С в течение 7 сут, другую – оставляли при 22 °С. По завершению опыта анализировали показатели роста и фотосинтетического аппарата (ФСА) растений и определяли содержание цинка в надземных органах.

В ходе исследований обнаружено, что в оптимальных температурных условиях у растений варианта Zn1000 наблюдалось заметное снижение высоты побега растений и его биомассы: на 58 % и 69 % по сравнению с вариантом Zn5, соответственно. В условиях гипотермии различия по изученным показателям между растениями, находящимися при оптимальном уровне цинка и его избытке, оказалось менее выраженным. Так, у растений варианта Zn1000 высота побега была меньше, чем у растений варианта Zn5 на 33 %, а сухая биомасса – на 40 %. Определенные различия в ответной реакции растений на воздействие избытка цинка при разных температурах были выявлены и при изучении ФСА. В частности, при 4 °С снижение нетто-фотосинтеза у растений варианта Zn1000 по сравнению с вариантом Zn5 было значительно меньшим (на 15 %), чем при 22 °С (на 24 %). Во многом это было связано с сохранением в условиях холода содержания хлорофиллов и каротиноидов, а также поддержанием достаточной степени открытия устьиц. Об этом свидетельствует отсутствие различий в устьичной проводимости между вариантами опыта Zn5 и Zn1000 при 4 °С. Кроме того, при сочетании гипотермии и избытка цинка у растений возрастало содержание хлорофиллов в светособирающих комплексах, что очевидно, способствовало усилению светопоглощения.

Поскольку ответная реакция растений на действие ионов тяжелых металлов во многом зависит от их накопления растениями, был проведен химический анализ содержания цинка в надземных органах горчицы при разных температурах. Обнаружено, что в оптимальных температурных условиях у растений варианта Zn1000 содержание металла было в 12 выше, чем в варианте Zn5, а при низкой температуре – только в 9 раз.

Таким образом, растения горчицы сарептской с. Ника успешно адаптируются к избытку цинка при низкой температуре. Этому способствует целый ряд изменений ФСА, которые в таких условиях обеспечивают высокий уровень фотосинтеза. Ослабление негативного влияния избытка цинка на рост растений при температуре 4 °С, вероятно, связано с меньшим содержанием металла в надземных органах.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (№ FMEN-2022-0004).

РОЛЬ ФЛАВОНОИДОВ В АДАПТАЦИИ АБОРИГЕННЫХ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РАСТЕНИЙ К КРУГЛОСУТОЧНОМУ ОСВЕЩЕНИЮ

Е. Г. Шерудило, А. А. Рубаева, Т. Г. Шибаева

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: sherudil@krc.karelia.ru

Вегетационный сезон в районах Арктики и Субарктики отличается коротким летним периодом, невысокими температурами и полярным днем, в условиях которого растения на протяжении почти двух месяцев подвергаются воздействию круглосуточного освещения. Аборигенные виды растений севера адаптированы к экстремально длинному фотопериоду, в то время как интродуценты, родиной которых являются регионы с отсутствием периодов круглосуточного освещения, вынуждены приспосабливаться к непривычному для них фактору новой среды обитания – полярному дню. Избыточный свет в условиях круглосуточного освещения индуцирует развитие фотоокислительного стресса у растений. Одним из компонентов защиты растительной ткани от избыточной радиации выступают флавоноиды, обладающие выраженными антиоксидантными свойствами и активно поглощающие ультрафиолетовое излучение (330–350 нм) и часть видимых лучей (520–560 нм). Целью работы было сравнить изменение содержания флавоноидов в ответ на круглосуточное освещение у аборигенных растений севера, адаптированных к условиям полярного дня, и растений того же рода, интродуцированных в условиях Субарктики (ПАБСИ КНЦ РАН, г. Кировск, Мурманская обл.).

Объектами исследования служили аборигенные растения – лапчатка *Potentilla erecta*, герань *Geranium sylvaticum*, горец *Persicaria maculose*, гравилат *Geum rivale* и интродуценты – лапчатка *Potentilla purpurea*, герань *Geranium himalayense*, горец *Bistorta major*, гравилат *Geum coccineum*. Растения были помещены в камеры искусственного климата с температурой 23 °С, освещенностью 300 мкмоль/(м²с) ФАР и фотопериодами 16 и 24 ч. Через две недели определяли содержание флавоноидов и антоцианов в листьях и оценивали степень развития окислительного стресса по накоплению перекиси водорода и интенсивности перекисного окисления липидов.

Установлено, что при круглосуточном освещении растения испытывали окислительный стресс, о чем свидетельствовало повышение у них по сравнению с 16 ч фотопериодом содержания перекиси водорода и МДА. При этом также существенно возрастала концентрация антоцианов и флавоноидов. Практически все аборигенные растения севера, представители природных популяций, в условиях круглосуточного освещения отличались от растений-интродуцентов существенно более высоким уровнем (на 25–90 %) флавоноидов, поглощающих свет в УФ-В области спектра. Однако, по содержанию антоцианов, поглощающих часть видимого света (530 нм), такая закономерность не прослеживалась, и различия определялись скорее видоспецифичностью, нежели принадлежностью к аборигенам или интродуцентам. Наибольшим накоплением антоцианов при 24 ч фотопериоде отличались аборигенные растения *Geranium sylvaticum* и *Persicaria maculose* и интродуцированные – *Potentilla purpurea* и *Geum coccineum*.

Таким образом, полученные экспериментальные данные указывают на участие флавоноидов в адаптации растений к круглосуточному освещению. У аборигенных растений севера, по видимому, роль флавоноидов в защите фотосинтетического аппарата от фотоповреждений, вызванных круглосуточным освещением, больше, чем у интродуцированных растений, что служит в поддержку гипотезы о том, что качественный и количественный состав накапливаемых растениями флавоноидов тесно связан с происхождением и эволюцией того или иного вида.

О РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ НА КРУГЛОСУТОЧНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ СУБАРКТИКИ И В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ВЫРАЩИВАНИЯ

Т. Г. Шибаета, А. А. Рубаева, Е. Г. Шерудило, А. Ф. Титов

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: shibaeva@krc.karelia.ru

Свет является источником энергии, обеспечивающим фотосинтез и также оказывает мощное влияние на морфогенез растений. При этом как недостаток света, так и его избыток может быть вреден для растений. Увеличение интенсивности освещения до определенной критической величины приводит к различным негативным последствиям, в частности вызывая фотоингибирование, фотодинамическое разрушение фотосинтетического аппарата и даже гибель растения. Помимо высокой освещенности, избыток света может возникать в условиях длинных фотопериодов. Так, многочисленные данные свидетельствуют о негативном влиянии длинных фотопериодов (более 17–20 ч) на рост и продуктивность растений в условиях контролируемого климата. У многих видов растений в условиях круглосуточного освещения (КО) при постоянной температуре развивается характерный и потенциально летальный межжилковый хлороз и некроз. В противоположность обычному фотопериоду, включающему чередование дня и ночи, КО обеспечивает непрерывное поступление световой энергии для фотосинтеза, постоянное фотоокислительное воздействие и сигнальное воздействие на фоторецепторы. Однако, в природных условиях, в частности, в условиях «белых ночей» и полярного дня в Арктике и Субарктике, растения ежегодно на протяжении своей жизни испытывают в течение многих дней продолжительное (вплоть до круглосуточного) воздействие света, не подвергаясь при этом заметным фотоповреждениям. Исследование реакции растений на КО во время полярного дня в естественных условиях Субарктики и в факторостатных условиях в климатических камерах позволило установить, что у изученных растений отсутствуют механизмы специфической устойчивости к КО, а защитные реакции в этом случае носят неспецифический характер и инициируются в результате слабо развивающегося фотоокислительного стресса. В факторостатных условиях КО вызывает фотоповреждение листьев вследствие более сильного окислительного стресса, основной причиной которого является циркадная асинхрония, т. е. рассогласование внутренних ритмов организма с внешними свето-темновыми циклами. В природе, в отличие от искусственных условий, эндогенные циркадные ритмы в период «белых ночей» и полярного дня поддерживаются благодаря суточным колебаниям других факторов среды (интенсивности и спектрального состава света, температуры и влажности), которые, вероятно, могут также выступать в роли задатчика ритма. Благодаря этому растениям в Субарктике удастся избежать фотоповреждений в период полярного дня.

Учитывая, что свет оказывает существенное влияние на функционирование систем эндогенной регуляции (генной, ферментативной, трофической, гормональной), совокупное действие которых обеспечивает адекватную реакцию растений на условия освещения, можно, манипулируя параметрами освещения, раскрыть генетически обусловленный адаптационный потенциал растения. Производители сельскохозяйственной продукции на фабриках растений с искусственным освещением применяют такие манипуляции, а именно КО в сочетании с более низкой освещенностью при выращивании растений с коротким продукционным циклом для повышения продуктивности. Кроме того, КО применяется в течение нескольких суток перед сбором урожая для повышения пищевой ценности растений, что связано с выработкой растениями антиоксидантов в ответ на развитие легкого окислительного стресса под действием КО.

ТЕЗИСЫ СЕКЦИОННЫХ ДОКЛАДОВ

НАПРАВЛЕНИЕ 4

**РАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ.
РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА СЕВЕРЕ.
БИОТЕХНОЛОГИЯ**

СООТНОШЕНИЕ ЛАНДШАФТОВ И РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЛЕТНЕ-ОСЕННИХ ПАСТБИЩАХ ДОМАШНЕГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ В ЮЖНЫХ ТУНДРАХ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

С. Ю. Абдульманова¹, П. Т. Орехов^{1,2}, О. В. Крашенинникова, Л. Н. Бельдиман,
А. Н. Терехина¹, А. И. Волковицкий¹

¹ Арктический научно-исследовательский стационар
Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги, Россия,
e-mail: abdulmanova_su@ipae.uran.ru

² АНО «Центр развития туризма на Полярном Урале», г. Салехард, Россия

История выпаса крупных стад домашнего северного оленя на территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) насчитывает несколько столетий, однако научно-обоснованная схема выпаса домашних северных оленей была создана лишь в первой половине XX в. и до сих пор принята за своеобразный эталон. Результаты развития технологий и новых современных методов в конце XX – начале XXI в. позволяют изучать растительность обширных территорий с помощью данных дистанционного зондирования земли, однако они имеют свои ограничения в применении. В ходе нашей работы мы видим необходимость в совместном изучении ландшафтной структуры ключевых участков классическими методами ландшафтоведения и состава, структуры и надземной биомассы классическими геоботаническими методами, с последующим совмещением этих данных с результатами изучения перемещения оленей по территории ключевых участков.

На данном этапе апробирования метода на участках летне-осенних пастбищ домашних северных оленей в районе полевого стационара Еркута, были определены доминантный тип урочищ – тундровые (52 % площади территории исследования), субдоминантный тип – урочища группы современных болот (29 % площади) и дополняющий тип – урочища группы торфяников (5 % площади). Минимальное участие в ландшафтной структуре территории характерно для урочищ группы, периодически затопляемых поверхностными водами (1 % площади).

Для тундровых фитоценозов характерны: сомкнутый мохово-лишайниковый ярус с доминированием сфагновых мхов или лишайников рода *Cladonia*, примерно равное соотношение трав и кустарничков, максимальные значения надземной биомассы (172–1169 г/м²). Растительные сообщества урочищ современных болот с сомкнутым мохово-лишайниковым ярусом (доминируют сфагновые мхи) и обильными осоками, значения надземной биомассы (165–655 г/м²), примерно в 2 раза ниже, чем в фитоценозах тундровых урочищ. Растительный покров урочищ группы торфяников характеризуют сформированный мохово-лишайниковый ярус с доминированием сфагновых мхов и лишайников, преобладающие осоки в травяно-кустарничковом ярусе, значения надземной биомассы (251–537 г/м²), сопоставимы с данными в фитоценозах группы урочищ современных болот. В фитоценозах группы урочищ, периодически затопляемых поверхностными водами разреженный мохово-лишайниковый ярус, доминируют осоки, значения надземной биомассы 422–604 г/м².

Анализ и представление материалов подготовлены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № 122021000089-9.

ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА НАСЕЛЕНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ЛЕНЫ

И. Т. Алексеев, А. В. Ефремова, В. А. Однокурцев

Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Якутск, Россия, e-mail: braiser54321@gmail.com

Мелкие млекопитающие являются удобным и доступным индикатором экологического состояния территорий благодаря широкому распространению и высокой экологической пластичности. Урбанизация и сельскохозяйственная деятельность оказывают значительное влияние на население мелких млекопитающих, расширяя свою территорию за счёт застройки сельских угодий и охватом природных территорий. Следовательно, животным приходится приспосабливаться к меняющимся условиям среды с соседством с человеком, что привело к синантропизации некоторых видов. Цель наших исследований – анализ влияния урбанизации и сельскохозяйственной деятельности на население мелких млекопитающих среднего течения р. Лены.

Отлов мелких млекопитающих проводился общепринятыми методами – давилками Геро и ловчими канавками. Исследованы сообщества мелких млекопитающих в пойме и надпойменной террасы среднего течения реки Лены. За летний период с июля по август на территории г. Якутска и с. Едейцы Намского района отработано 2215 конусо-суток, 2475 ловушко-суток, отловлено 411 экземпляров мелких млекопитающих.

Учет проводился: на территории г. Якутска на пустырях, скверах и озелененных участках жилых кварталов, а также в пригороде на территории Ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН; на территории села – в хозяйственных постройках, сельхозугодьях и примыкающих лесных биотопах.

По данным отлова ловчими канавками суммарная попадаемость мелких млекопитающих составила: на территории города 4,61, пригорода 3,33 и села 55,00 экз./100 конусо-суток; отловлено 9 видов мелких млекопитающих. По данным отлова давилками показатели для территории города, пригорода и села составили соответственно 11,83, 16,78 и 7,25 экз./100 ловушко-суток и отловлено также 9 видов. По совокупности двух методов отлова население мелких млекопитающих исследуемой территории включает 11 видов: *Sorex tundrensis*, *S. daephadon*, *S. caecutiens*, *S. minutissimus*, *Tamias biricus*, *Myodes rutilus*, *Mus musculus*, *Micromys minutus*, *Rattus norvegicus*, *Lasiopodomys gregalis* и *Alexandromys economus*. Различия в видовом составе при разных способах отлова незначительны: конусами не отловлены серая крыса и азиатский бурундук, а давилками – крошечная бурозубка и мышь-малютка. Кроме того, не отловлены ранее зарегистрированные на территории исследования малочисленные виды, такие как *S. roboratus*, *S. isodon*, *Myopus schisticolor*, *Apodemus peninsulae*, *Arvicola amphibious*. Последний вид, водяная полевка, нами регистрировался в сельхозугодьях вне учетов, а давилками и конусами не отловлен из-за особенностей методов отлова.

При переходе от природных биотопов к пригородной зоне видовое разнообразие мелких млекопитающих повышается, что может быть связано с повышением разнообразия местообитаний. Среднее число видов μ (по Л. А. Животовскому) составило в природных биотопах 4,55 и 4,81, пригородной зоны – 5,66. На территории населенных пунктов видовое разнообразие резко снижается: среднее число видов для села составило 2,87 (доминировала домовая мышь), для города – 2,85 (доминировали серая крыса и красная полевка). В целом в большинстве лесных биотопов, в пригородной зоне и на территории доминировала *Myodes rutilus*, это типично для таежной зоны Якутии.

Таким образом, на территории населенных пунктов отмечено снижение видового разнообразия мелких млекопитающих и повышение роли в сообществе эусинантропов – *Rattus norvegicus* и *Mus musculus*, причем первый вид отловлен только в городе, второй – на территории города и села; в природных биотопах они не зарегистрированы.

ВЛИЯНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МАЛОГО ВОДОТОКА НА НАПРАВЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ МАКРОЗООБЕНТОСА ПРИ НАРУШЕНИЯХ РУСЛА ДОРОЖНЫМИ РАБОТАМИ

И. А. Барышев

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: i_baryshev@mail.ru

Влияние работ по реконструкции дорожного полотна на состав и обилие макрозообентоса малых водотоков рассмотрено на примере рек и ручьев Восточной Фенноскандии. При строительстве и ремонте дорог в местах пересечения малых водотоков устанавливают водопропускные сооружения. Происходит перемещение грунта. Песчаные и галечные смеси, используемые для отсыпки, попадают в водотоки и меняют рельеф русла и состав донных субстратов. Исследование проведено на девяти водотоках, относящихся к водосбору реки Кеми (бассейн Белого моря). Территория покрыта тайгой, сильно заболочена. Для малых рек и ручьев характерны ультрапресные воды с высокой цветностью. Количественные сборы макрозообентоса произведены в сентябре 2022 и 2023 гг. на участках, где в ходе ремонта дороги происходили нарушения естественного русла рек и ручьев. В каждом из водотоков было отобрано по 4 пробы макрозообентоса, одна выше дороги по течению 50–100 м (фоновая точка) и три – в зоне работ.

В составе макрозообентоса выявлены донные беспозвоночные 81 вида, относящиеся к таксонам Oligochaeta, Bivalvia, Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Megaloptera, Trichoptera, Coleoptera, Chironomidae, Simuliidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Tipulidae и Tabanidae. В зонах работ выявлено больше видов, чем на фоновых станциях (61 и 45, соответственно). Выявленная разница может быть следствием того, что в зонах работ отобрано больше проб. Обилие макрозообентоса по станциям варьировало в значительных пределах, в среднем составляло в среднем 1489 экз./м² и 5,59 г/м² в фоновых точках и 1457 экз./м² и 2,73 г/м² в зонах воздействия. Различия статистически не значимы.

С использованием кластерного анализа на основе произошедших изменений в обилии таксонов донных беспозвоночных (разница между фоновыми и импактными точками) были выделены две группы водотоков. Сопоставление с особенностями донных грунтов и гидрологических характеристик показало, что первая группа объединила малые реки и ручьи, где дно фоновых точек покрыто детритом и течение медленное. Грунты водотоков второй группы отличались значительной долей минеральной составляющей – песка, глины и гальки и большим течением. Несмотря на различия донных субстратов обследованных водотоков в фоновых точках, в зонах воздействия во всех случаях преобладал мелкий песок с примесью глины и детрита, что вероятно определялось составом дорожных смесей, использованных при реконструкции дороги.

Сравнение изменений обилия основных таксонов макрозообентоса, произошедших в результате проведения дорожных работ, между этими группами, показало статистически значимые различия в направленности трансформации (тест PERMANOVA). Применение теста SIMPER позволило выявить таксоны, изменение обилия которых наиболее существенно различается в двух выделенных группах водотоков. По численности это Chironomidae (87,3% от общей изменчивости); по биомассе – Chironomidae (41,8%) и Odonata (29,3%). В макрозообентосе водотоков первой группы изменения в зоне работ заключались в увеличении численности и биомассы Chironomidae, в то время как обилие других организмов снизилось. Во второй группе наблюдалось существенное снижение биомассы Odonata и умеренное снижение обилия беспозвоночных других таксонов.

Направленность трансформации состава и обилия макрозообентоса при нарушениях в результате дорожных работ находится в зависимости от характера водотока – преобладающего донного субстрата и скорости течения. Это важно учитывать при прогнозировании последствий строительства.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы ИБ КарНЦ РАН FMEN-2022-0007.

КЛЕЩ *IXODES (EXOPALPIGER) TRIANGULICEPS* BIRULA, 1895 – РЕЗЕРВУАРНЫЙ ХОЗЯИН ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ

Л. А. Беспятова, С. В. Бугмырин

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail.ru: gamasina@mail.ru

Природный очаг заразной болезни – это любая естественная экосистема, компонентом которой является популяция возбудителя (Литвин и др., 1998; Литвин, Коренберг, 1999). Для современного этапа развития концепции природной очаговости болезней характерен заметный перекоп акцента в сторону возбудителя как ключевого и наименее изученного компонента «патобиоценоза» (Коренберг и др., 2013). Реальная возможность изучения возбудителей появилась сравнительно недавно, чему способствовало широкое использование молекулярно-биологических методов исследования и диагностики возбудителей.

Наиболее изучена роль в передаче клещевых инфекций таких важных в медицинском и ветеринарном отношении видов, как европейский лесной клещ *Ixodes ricinus* (L., 1758) и таежный клещ *I. persulcatus* Schulze, 1930. Паразитизм клеща *I. trianguliceps* характеризуется важной особенностью, он не нападает на человека и домашних животных и никак с ними не контактирует. Жизненный цикл *I. trianguliceps* на всех фазах развития преимущественно связан с мелкими млекопитающими.

Клещ *I. trianguliceps* широко распространен в лесной зоне Евразии (Колонин, 1981). Российская часть его ареала протянулась от Калининграда до Байкала (Korenberg, Lebedeva, 1969) и на значительных пространствах совпадает с обитанием *I. ricinus* и *I. persulcatus*.

Клещ имеет определенное значение как дополнительный переносчик и природный резервуар многих патогенов. Благодаря литературным источникам известно о спонтанной зараженности активных фаз развития клеща *I. trianguliceps* в его ареале разными группами микроорганизмов, вызывающих болезни человека и животных: иксовый клещевой боррелиоз (возбудитель боррелии), бабезиоз (возбудитель бабезии), риккетсиозы: моноцитарный эрлихиоз (возбудитель эрлихии), гранулоцитарный анаплазмоз (возбудитель анаплазмы), туляремия (возбудитель франциселлы). Вопрос о возможном участии клеща *I. trianguliceps* в зараженности вирусом клещевого энцефалита пока остается нерешенным.

Республика Карелия относится к числу эндемичных территорий по многим клещевым инфекциям. На начальных этапах изучения иксовых клещей они вошли в ряд объектов первоочередного исследования как переносчиков наиболее острой природноочаговой трансмиссивной вирусной нейроинфекции – клещевого энцефалита. Широкое расселение клеща *I. trianguliceps* по территории Карелии, в том числе и зонах симпатрии с основными переносчиками опасных инфекции и определило актуальность наших исследований по выявлению его роли как дополнительного резервуарного хозяина возбудителей болезней человека и животных.

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ НА ПРИМЕРЕ ТЕРИОФАУНЫ ДОЛИНЫ РЕКИ ИРТЫШ

Н. Э. Бижанова, А. Ю. Олейников, С. С. Кантарбаев

РГП на ПХВ «Институт зоологии» КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан,
e-mail: nazerke.bizhanova@zool.kz

Млекопитающие играют важную роль в поддержании и функционировании экосистем. Однако многие виды подвержены влиянию антропогенных факторов, вселения чужеродных видов и изменения климата. Снижение численности отдельных млекопитающих отрицательно сказывается как на состоянии экосистем в целом, так и на предоставляемых ими экосистемных услугах. Эти услуги включают различные функции и продукты экосистемы, представляя собой условия и процессы, необходимые или полезные для человека.

Разнообразные функциональные роли млекопитающих также способствовали формированию экосистем Казахстана и поймы реки Иртыш, в частности. Впервые для региона была применена концепция экосистемных услуг, предоставляемых млекопитающими, как с экологической, так и антропоцентрической точки зрения, – основываясь на здоровом функционировании экосистемы и их пользе для человека (по Lacher et al., 2019, с модификациями). В нашу оценку включены следующие экосистемные услуги: борьба с вредителями, распространение и запасание семян, плодородие почвы, опыление, экосистемная инженерия (изменение, поддержание и создание среды обитания), хищничество и травоядность.

В 2023 г. нами обследованы два участка реки Иртыш в Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Абайской областях – Черный Иртыш (ЧИ) и Павлодарское Прииртышье (ПП). По литературным и нашим данным териофауна долины р. Иртыш и прилегающих участков в границах Казахстана включает 87 видов млекопитающих из 6 отрядов и 19 семейств. На территории двух участков в 2023 г. нами были обнаружены 17 видов млекопитающих из 4 отрядов, 9 семейств и 15 родов.

Согласно данным проведенного анализа, млекопитающие, населяющие два участка, оказывают суммарно 245 экосистемных услуг. Наибольший вклад по количеству экосистемных услуг вносят грызуны (65,7%): опыление, распространение семян, травоядность, экосистемная инженерия и даже хищничество, что объясняется большим количеством обитающих видов этого отряда (45 из 87). Тем не менее, такие важные экосистемные услуги, как контроль численности вредителей и поддержание здоровья популяций животных и человека, обеспечиваются в основном хищными млекопитающими и насекомоядными (37% и 31,5%, соответственно). Плодородие почвы, другой важный аспект стабильного биотопа, в значительной степени (33%) регулируется копытными.

В целом, можно констатировать, что различные отряды млекопитающих выполняют важные для человека экосистемные услуги и дополняют функции друг друга.

Исследование выполнено в рамках проекта BR18574062 «Оценка состояния биоресурсов в казахстанской части бассейна Иртыша в условиях трансграничного использования водных ресурсов и климатических изменений» (2023–2024 гг., Институт зоологии КН МНВО РК).

СОСТОЯНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ЛЕТНИХ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ В ЮЖНЫХ СУБАРКТИЧЕСКИХ ТУНДРАХ ЯМАЛА

А. М. Горбунова

ИЭРиЖУрО РАН, г. Екатеринбург, Россия, e-mail: anastasiya_psu1991@mail.ru

Выпас домашних северных оленей – ведущий антропогенный фактор, определяющий состояние растительного покрова Арктики и Субарктики. К оленьим пастбищам полуострова Ямал относятся все доступные к выпасу территории (Магомедова и др., 2006). Начиная с середины XX в., численность домашних северных оленей на Ямале постоянно увеличивается. На летних пастбищах, при питании в основном сосудистыми растениями, происходит почти весь набор массы оленей (Bråthen, Oksanen, 2001; Елсаков и др., 2022). Поэтому, целью работы было оценить состояние летних оленьих пастбищ южных субарктических тундр на юго-западе Ямала.

Оценку состояния летних оленьих пастбищ провели на двух полигонах, расположенных в низовьях равнинных рек Еркатыаха и Байдаратыаха. Полевые исследования проводили в южных субарктических тундрах на протяжении трех лет: в 2017, 2018 и 2019 гг. Всего обследовали 107 пробных площадей.

Средние запасы фитомассы, биомассы и мортмассы без учета типов пастбищ на полигонах Байдаратыаха и Еркатыаха были сопоставимы. Кормовые запасы в бассейне Байдаратыахи были в 1.5 раза выше, чем в бассейне Еркатыахи.

На исследуемой территории выделили 7 типов пастбищ: моховые тундры; травяные тундры; лишайниковые тундры; кустарничковые тундры; кустарниковые тундры; луга; болота. Самые высокие средние значения запасов фитомассы и биомассы были в травяных тундрах; самые низкие – на лугах. Самые высокие значения кормовых запасов были также в травяных тундрах; меньше всего запасов кормов выявлено в лишайниковых и кустарничковых тундрах. В структуре кормовых запасов моховых тундр преобладали кустарнички и ветошь; в запасах травяных тундр – ветошь и кустарнички; в лишайниковых тундрах – кустарнички и лишайники; в кустарничковых тундрах – ветошь; в кустарниковых тундрах – ветошь, а также осоки и злаки; на лугах – осоки и злаки, и ветошь; на болотах – ветошь и кустарнички. В целом в фитомассе, биомассе и в кормовых запасах на обоих полигонах преобладали кустарнички; также в кормовых запасах присутствовала высокая доля ветоши.

Удалось установить зависимость от элементов рельефа следующих характеристик: общее проективное покрытие растений, проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса и мхов, запасов биомассы. Самые высокие значения данных параметров были на плакорах; самые низкие – в поймах на вершинах холмов.

Сообщества по степени деградации растительного покрова разделились примерно поровну: на деградированные и малонарушенные. Деградированные пастбища преимущественно приурочены к положительным элементам рельефа. На малонарушенных площадях все запасы были в 2 раза выше, чем на деградированных.

В целом, пастбища на исследуемых полигонах находятся в удовлетворительном состоянии и могут эксплуатироваться в качестве летних пастбищ для северного оленя.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № 122021000092-9.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЗООБЕНТОСА КАРСКОГО МОРЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТРАЛОВЫХ РАБОТ В 30-е ГОДЫ ПРОШЛОГО СТОЛЕТИЯ

С. Г. Денисенко

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: stanislav.denisenko@zin.ru

Сравнительно большое количество гидробиологических сборов, выполненных в Карском море в прошлом столетии, позволяет рассматривать его донную фауну как хорошо изученную. Согласно одной из наиболее полных сводок, основанной на синтезе материалов по разным таксономическим группам, в этом арктическом водоеме обитает до 1285 видов макро- и мегабентоса (List of species..., 2001). Вместе с тем, информация о составе дражных и траловых уловов прежних исследований осталась практически неизвестной, и современные публикации фактически ее не учитывают (Козловский, 2012; Веденин, 2017; Галкин, 2015; Зимина, Сёмин, 2015), хотя именно представители зообентоса рассматриваются сейчас в качестве надежных индикаторов уязвимости морских экосистем. Кроме того, зависимость донных организмов от условий обитания до настоящего времени остается слабо изученной, хотя общие физико-географические характеристики водоема достаточно хорошо отражены в публикациях (Атлас Арктики, 1985; Залогин, Косарев, 1999; Карское море..., 2016 и др.).

Для оценки полноты биоразнообразия зообентоса в Карском море по траловым уловам 1930-х гг. мы прогнозировали предполагаемое количество видов по асимптоте уравнения Михаелиса-Ментена, используемого для аппроксимации кумуляты накопленного пермутированного количества видов в зависимости от количества обнаруженных особей (NCSS, LLC, Kaysville, Utah, USA, 2020). Применение общедоступной базы данных PANGAEA (2023), содержащей координатно-привязанные среднесезонные сведения о морской среде, позволило нам выделить факторы, определяющие биоразнообразие и обилие бентоса в рассматриваемом регионе.

Всего на 266 станциях в 1930-е годы было обнаружено 863 таксонов. Из них губки представлены 12 таксонами, кишечнополостные – 73 (из них Hydrozoa – 56), кольчатые черви – 150, морские пауки – 22, ракообразные – 237 (из них Amphipoda – 168, Cumacea – 20, Decapoda – 14, Isopoda – 23), моллюски – 132 (из них Bivalvia – 60, Gasropoda – 63), мшанки – 151, иглокожие – 56, асцидии – 23, прочие небольшие группы – 45.

Районы наибольшего видового богатства были обнаружены вдоль восточных склонов основных мелководий и в зонах взаимодействия теплых и холодных вод с наибольшими температурными градиентами. Найдено, что максимально возможное количество видов в уловах 1930-х гг. могло составлять 1410 ± 16 таксонов при учете таксонов надвидового ранга, и – 1270 ± 15 для таксонов, определенных до вида. Последнее значение практически совпадает с данными 2001 г. (List of species, 2001), полученными в результате объединения всех ранее известных сведений.

Результаты оценки биоразнообразия, полученные по траловым и дражным материалам почти столетней давности, несмотря на меньшее количество проб, превосходят результаты интенсивных дночерпательных исследований зообентоса в юго-восточной части моря Карского моря (Gerasimova et al., 2021), где на 119 станциях было взято 355 проб и идентифицировано 425 таксонов, из которых до видового уровня определено 383. Спрогнозированное по этим данным теоретическое количество таксонов составляет 825 ± 13 , что существенно меньше такового для траловых и дражных проб 30-х годов прошлого столетия.

Для объективного сравнения результатов исследований, выполненных в разные периоды и разными методами, проведено выделение и картирование доминирующих по суммарной биомассе видов. В каждом из морей российской Арктики их обычно не более 15, но они составляют порядка 70–80% всех биоресурсов зообентоса в водоеме (Denisenko, 2004).

ДИНАМИКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОУГЛЯ

И. А. Дубровина, Е. В. Мошкина

Карельский научный центр РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: vorgo@mail.ru

Биоуголь представляет собой продукт пиролиза различных органических материалов с высоким содержанием углерода, его активно исследуют и применяют в качестве мелиоранта и удобрения для почв в сельском хозяйстве. Одним из малоизученных последствий применения биоугля является изменение структуры, численности и эколого-физиологические параметры почвенных микробных сообществ. В данной работе исследовали влияние внесения древесного биоугля на базальное дыхание, содержание углерода микробной биомассы и микробиологические коэффициенты бореальных почв различного гранулометрического состава на площадках 2-х летнего мониторинга.

Исследования проводили в среднетаежной подзоне Карелии на участках пашни с различными по гранулометрическому составу почвами нормального увлажнения (агрозем альфегумусовый иллювиально-железистый супесчаный и агрозем текстурно- дифференцированный типичный суглинистый). Участки с биоуглем и контрольные делянки были заложены рандомизированно в 4-х кратной повторности, площадь делянок составляла 5 м². В исследовании использовали древесный березовый уголь в дозе 1.5 кг/м² с размером фракции ≤1 см. Отбор почвенных проб проводили ежемесячно в течение вегетационных периодов 2018–2020 гг. с глубины 5–20 см методом «конверта» и анализировали смешанный образец в 4-х кратной повторности. Определяли содержание общего органического углерода ($C_{орг}$) методом высокотемпературного каталитического сжигания, базальное дыхание (БД) и углерод микробной биомассы ($C_{мик}$) методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД), а также рассчитывали параметры экофизиологического статуса микробного сообщества – долю углерода микробной биомассы в общем органическом углероде почвы $C_{мик}/C_{орг}$ (%); микробный метаболический коэффициент qCO_2 (мг/кг час) и коэффициент микробного дыхания QR .

Исследование динамики и функциональной активности микробных сообществ на площадках двухлетнего мониторинга в почвах разного гранулометрического состава показало, что агрозем альфегумусовый супесчаный изначально имеет более низкую микробную биомассу и менее зрелое микробное сообщество с меньшей устойчивостью и низким качеством органического вещества по сравнению с агроземом текстурно-дифференцированным суглинистым. Внесение в почвы биоугля оказывало разнонаправленное влияние на данные почвы. Несмотря на стабильное повышение общего органического углерода обеих почв, показатели базального дыхания и углерода микробной биомассы при внесении биоугля в агрозем текстурно-дифференцированный имели тенденцию к снижению, также достоверно снижалась доля $C_{мик}$ в составе $C_{орг}$, отражая недостаток доступного для микроорганизмов субстрата. При этом показатели qCO_2 и QR снижались незначительно и недостоверно. В агроземе альфегумусовом происходило увеличение базального дыхания (недостоверное) и углерода микробной биомассы (достоверное для некоторых дат), по-видимому, отражая всплеск активности K -стратегов при минерализации труднодоступных соединений биоугля. Добавление биоугля не влияло на долю $C_{мик}$ в общем органическом углероде почвы в агроземе альфегумусовом. При этом происходило уменьшение микробного метаболического коэффициента и коэффициента микробного дыхания, указывая, что для микроорганизмов складывались более благоприятные условия среды. В целом, добавление биоугля увеличивало адаптивный потенциал микробного сообщества супесчаной почвы.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования ФИЦ «КарНЦ РАН» в рамках госзадания № FMEN-2022-0012.

ОЦЕНКА АДАПТОГЕННЫХ СВОЙСТВ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ *PINUS PUMILA*, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В БУРЯТИИ

С. Д. Жамсаранова, В. Г. Ширеторова, С. А. Эрдынеева, С. Н. Лебедева

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия,
e-mail.ru: lebedeva1959@mail.ru

Ритм жизни современного человека становится все интенсивнее. Усиливается воздействие стрессовых факторов различной природы (физической, химической, биологической), в связи с чем увеличивается количество хронических заболеваний, распространенность новых и «старых» инфекций и т. д. И поиск новых высокоэффективных средств природного происхождения, способных помочь организму справиться с высокими нагрузками, является актуальным. Внимание исследователей все больше привлекают природные средства растительного и животного происхождения, способные повышать неспецифическую резистентность организма к неблагоприятным воздействиям факторов внешней среды.

В данной работе была проведена оценка адаптогенных свойств средств, полученных на основе побочных продуктов *Pinus pumila* (стланник сибирский), произрастающего в Бурятии. К такому побочному сырью относится кедровый жмых (остающийся после получения кедрового масла – 60–70%), отходы микростробилов (мужских шишек – 95–97%) при заготовке сосновой пыльцы, хвоя. Установлено, что кедровый жмых может служить источником незаменимых и заменимых аминокислот, ПНЖК, макро- и микроэлементов, витаминов; микростробилы – полифенольных соединений и эфирных масел; хвоя – полисахаридов, макро- и микроэлементов, витаминов, флавоноидов и терпеновых соединений.

Действие полученных средств изучалось на белых мышах (самцах и самках) массой 18–20 г, находящихся в состоянии иммуносупрессии, вызванной цитостатиком азатиоприном, который вводили в дозе 50 мг/кг перорально (зондом) 1 раз в сутки в течение 5 дней. После введения азатиоприна мышам опытных групп вводили в течение 14 дней разработанные средства. Для оценки выраженности отдельных элементов поведенческих реакций, уровня эмоционально-поведенческой реактивности, стратегии исследовательского поведения животных был использован классический тест «открытое поле». Регистрировались параметры: общая двигательная активность, горизонтальная и вертикальная двигательная активность, груминг, болюсы, уринация. Общая физическая активность животных оценивалась в тесте «плавание до упора» с нагрузкой (с грузом 10% от массы тела, прикрепленного к основанию хвоста) в сосуде 18 см в диаметре и высотой 40 см при t воды 25 °С. Животные плавали с грузом до утомления (нахождение под водой свыше 3 с.).

Результаты тестов «открытое поле» и «плавание с нагрузкой» показали снижение двигательной активности и физической выносливости, повышение психоэмоционального состояния, уровня тревожности при воздействии цитостатика азатиоприна. В частности, общая двигательная активность снизилась у мышей в среднем на 36.3%, уровень тревожности – возрос на 63.7%, а время плавания снизилось на 32.9% ($p \leq 0,05$). Курсовое введение животным разработанных средств способствовало восстановлению всех исследуемых показателей, т. е. снижению стрессового воздействия азатиоприна: повысилась двигательная активность, снизился уровень тревожности, восстановилась общая физическая активность животных. Данные изменения статистически недостоверно отличались от показателей в контрольной группе животных.

Таким образом, были установлены адаптогенные свойства средств на основе побочных продуктов *Pinus pumila*, потенциал биологически активных веществ которых может быть использован при создании продуктов функциональной направленности.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ДИНАМИКА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА НАСТОЯЩИЕ ТЛИ (APHIDIDAE) В ПАРКАХ Г. ПЕТРОЗАВОДСКА

Д. П. Злобин, С. Н. Лябзина

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: dmit.zl@bk.ru

Городская среда имеет ряд особенностей, отличающих её от естественных территорий, что сказывается на устойчивости растений. Среди биотических факторов, оказывающих влияние на садово-парковые насаждения в городах, одним из наиболее значимых являются растительно-ядные насекомые. Вспышки массового размножения фитофагов, могут приводить к значительному снижению рекреационного потенциала городских парков и ослаблению древесных растений. Представители семейства Aphididae – небольшие насекомые с длиной тела до 6 мм, образующие колонии, они питаются клеточным соком растений, из-за чего происходит остановка роста побегов, нарушение закладки почек, замедление роста и деформация листьев, образование галлов.

Исследование городской энтомофауны проводилось в вегетационный период 2022–2023 гг. маршрутным методом в крупных парках города: Ямка, Прибрежный и Им. 50-летия Пионерской организации. Данные парки играют ведущую роль в формировании городского озеленения. Флора изучаемых парков включает в себя аборигенные и интродуцированные виды растений, а также представителей, входящих в состав неморального комплекса на территории республики Карелия.

Энтомологические обследования показали, что в среднем от году к году более 18% исследованных растений заселены разными видами тлей. В данный момент в районе исследования отмечено и идентифицировано 10 видов представителей семейства Aphididae: *Aphis pomi* (De Geer, 1773); *A. viburni* (Scopoli, 1763); *Callipterinella tuberculata* (von Heyden, 1837); *Colopha compressa* (Koch, 1856); *Eriosoma lanuginosum* (Hartig, 1839); *E. ulmi* (Linnaeus, 1758); *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758); *Pemphigus spyrothecae* (Passerini, 1860); *Prociphilus xylostei* (De Geer, 1773); *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758); *Tetraneura ulmi* (Linnaeus, 1758).

По характеру питания все обнаруженные тли являются монофагами или узкими олигофагами и заселяют ограниченный спектр флоры. Тля была отмечена на следующих растениях, активно применяемых для городского озеленения: береза (*Betula* sp.), вяз (*Ulmus* sp.), жимолость (*Lonicera* sp.), калина (*Viburnum* sp.), тополь (*Populus* sp.), черемуха (*Prunus* sp.), шиповник (*Rosa* sp.), яблоня (*Malus* sp.).

На большинстве растений встретился один вид тли. Вязы отличаются наибольшим уровнем заселенности тлей (более 50%), а также на данном растении встретилось наибольшее количество видов семейства Aphididae – 4. По всей видимости, это связано с широким использованием вязов при озеленении во всех парках, кроме того, в городе присутствуют благоприятные условия для протекания полных жизненных циклов некоторых видов тли, например, в парках присутствуют насаждения кустов смородины, благодаря которым смородинно-вязовая тля (*E. ulmi*) может полноценно развиваться и размножаться внутри одного парка. Также наблюдается высокая заселенность яблони яблонной тлей (*A. pomi*) – поражаются более 30% обследованных деревьев. На остальных деревьях и кустарниках тля встречается на 10–11% обследованных деревьев.

Максимальное количество видов (7) семейства Aphididae встретилось в парке Ямка, вероятно, это связано в первую очередь с большой площадью парка и широким ассортиментом растений в нём. В прибрежном парке отмечено 5 видов. Наименьшее разнообразие тлей – 2 вида, представлено в парке Им. 50-летия пионерской организации, озеленение которого осуществлено, в основном, только черемухой.

Наибольшая сезонная встречаемость Aphididae отмечена в июне-первой половине июля, когда было зафиксировано 54% видов, в летне-осенний период отмечено 34% видов, наименьшее количество видов встречено в весенние месяцы и в начале лета – 12%.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ГРУППЫ ВИДОВ ФОРМИРОВАНИЯ АЛЬФА- И БЕТА- РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ НА ПРИМЕРЕ ЛУГОВ СРЕДНЕТАЁЖНОЙ КАРЕЛИИ

С. Р. Знаменский

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: seznam@krc.karelia.ru

Как известно, паттерны альфа-разнообразия в основном формируются небольшим числом относительно обычных видов (Lennon et al. 2004). В ходе эксперимента все виды, входящие в видовой фонд лугов среднетаёжной Карелии, были проранжированы в зависимости от своего вклада в итоговые параметры альфа- и бета-разнообразия и построены кривые связи парциальных флор с итоговыми индексами разнообразия. В качестве модельного индекса альфа-разнообразия было использовано число видов растений на 1 м², в качестве индекса бета-разнообразия – средняя дистанция Сёренсена. Нами было показано, что итоговая величина альфа-разнообразия на 80 % зависит от наличия 27 % встреченных на лугах региона видов и на 86 % – от обилия немного меньшего числа видов (Знаменский, 2023).

Альфа-разнообразие в модельном массиве данных связано с основным экологическим градиентом, которым для луговой растительности южной Карелии является градиент богатства почв азотом и минеральными солями. Как видно по полученной кривой, 292 вида растений, встреченных на 146 луговых выделах, можно разделить на три группы: «позитивные» виды, введение которых положительно влияет на итоговую величину R²; «нейтральные» виды, которые несущественно изменяют R², и «негативные» виды, которые уменьшают итоговое значение коэффициента детерминации. «Позитивные» виды достаточно четко отделяются от «нейтральных» по точке перегиба кривой. Особенностью данной группы видов является то, что их появление в луговых биотопах более или менее чётко зависит от основных градиентов среды. «Негативные» виды не имеют четкой границы с «нейтральными», плавно переходя одни в другие. И те, и другие возникают в сообществах случайным образом, при этом «нейтральные» виды, в целом, более обычны, а «негативные» – более редки.

В отличие от альфа-, бета-разнообразие на лугах Карелии не имеет связи с экологическими градиентами. Кривая для бета-разнообразия также имеет горбовидную форму, но заметно отличается от кривой альфа-разнообразия. Так, на кривой, построенной только по данным о присутствии / отсутствии вида, практически отсутствует группа «нейтральных» видов: кривая, поднявшись вверх, тут же начинает опускаться. Точкой перегиба является максимум кривой, отделяющий 57 «позитивных» видов растений. В списке данных видов преобладают виды других типов растительных сообществ: на 28 % это виды антропогенно нарушенных местообитаний. 26 % списка составляют виды водно-болотных угодий, 12 % – лесные виды и 10 % – виды скальных местообитаний. Луговые виды составляют менее 22 % «позитивных» видов, в основном редкие в регионе. При учете обилия отдельных видов результат немного изменяется. На кривой теперь просматривается небольшая группа «нейтральных» видов, но в целом, набор «позитивных»/«негативных» видов и их топическая структура сохраняются.

СООБЩЕСТВА ПОЧВЕННЫХ НЕМАТОД В ПОДКРОНОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЕСТЕСТВЕННО-ПРОИЗРАСТАЮЩИХ И КУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЛИСТВЕННИЦ *LARIX SP.*

Д. С. Калинкина, Е. М. Матвеева, А. А. Сушук

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: kalinkinads@gmail.com

Почвенные животные в значительной степени связаны с составом, структурой и продуктивностью растительных сообществ (Безкоровайная и др., 2017). Наибольшую средообразующую роль для эдафобинтов в экосистемах играют деревья, которые определяют все элементы прилегающего пространства (освещенность, количество осадков, почвенные характеристики, растительность). Антропогенное вмешательство в природные механизмы саморегуляции, включая деятельность по интродукции и акклиматизации видов в новых регионах, также способствует изменению среды обитания для фауны почв. В связи с этим цель исследования сформирована следующим образом: изучить особенности сообществ почвенных нематод в подкроновом пространстве лиственницы в условиях культивирования в ботанических садах и произрастающих в лесных биоценозах. Исследования выполнены на территории о. Валаам (Республика Карелия (РК), 61°22' с.ш., 30°56' в.д.), г. Петрозаводска (РК, 61°50' с.ш., 34°23' в.д.), о. Б. Соловецкий (Архангельская область, 65°05' с.ш.; 35°65' в.д.), г. Кировска (Мурманская область, 67°38' с.ш.; 33°40' в.д.) (условия интродукции) и в г. Лахденпохья (РК, 61°27' с.ш.; 29°39' в.д.), д. Кулмуксе (РК, 62°03' с.ш.; 34°41' в.д.); Онгудайском районе, перевал Чике-Таман (Республика Алтай, 50°38' с.ш.; 86°18' в.д.) (лесные биоценозы). В результате исследования отмечено значительное варьирование общей численности почвенных нематод, однако в среднем более высокие показатели отмечены в условиях интродукции лиственницы. Таксономическое разнообразие, напротив, повышается под лиственницей в естественных условиях произрастания, с наиболее высоким показателем в лесном биоценозе Республики Алтай (39 таксонов), для которого также отмечено наибольшее разнообразие группы паразитов растений (6 родов) и количество специфических таксонов нематод (9 таксонов, для остальных – 1–2). В результате кластеризации исследованных биоценозов на основе таксономического разнообразия с применением индекса подобия Жаккара, были выделены три группы, среди которых биотопы с лиственницей в интродукции, естественные леса и наиболее сильно отличающийся лиственничник на территории Республики Алтай. В эколого-трофической структуре показаны следующие особенности: для лиственниц, произрастающих в лесных биоценозах, отмечено возрастание доли микотрофов, хищников и нематод, ассоциированных с растениями, под интродуцированными лиственницами повышается доля паразитов растений. Полученные закономерности согласуются с результатами исследований, проведенными нами ранее в ботанических садах Северо-Запада России (Калинкина и др., 2016, 2019, 2024). Среди эколого-популяционных индексов следует отметить индекс структурирования, связанный с наличием в фауне видов нематод, чувствительных к нарушениям среды (К-стратегов), который имеет более высокие значения под лиственницами в лесных биоценозах. Проведение регрессионного анализа позволило выявить взаимосвязь между уровнем pH почвенного раствора и индексом зрелости MI ($R^2 = 0.75$, $p = 0.01$). Таким образом, полученные в результате сравнительного анализа изменения различных нематологических параметров, вероятно, объясняются сочетанием конкретных условий местообитаний нематод, включая климатические, фитоценотические и эдафические, а также степенью антропогенного влияния на биоценоз.

Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение ГЗ ИБ КарНЦ РАН (№ г. р. 122032100130-3).

ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА И РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА НА ПРИДОРОЖНЫХ ПОДТОПЛЕННЫХ УЧАСТКАХ КАРЕЛИИ

Л. В. Канцерова

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: Kancerova.L@mail.ru

На территории Карелии растительный покров антропогенных трансформированных биотопов занимает всего 1,5 % и является слабоизученным. К антропогенным изменениям можно отнести трансформацию флоры и растительности под влиянием строительства различных линейных сооружений. При этапе строительства, например, автомобильных дорог происходит полное уничтожение почвенно-растительного покрова исходных экосистем, перестраивается поверхностный и внутри грунтовый сток воды, изменяется характер снегонакопления, что в свою очередь, изменяет температурный режим почвенно-грунтовой толщи. В дальнейшем механическое воздействие вне самого полотна дороги прекращается, начинаются восстановительные процессы на нарушенных участках. Исследования разнообразия растительного покрова придорожных подтопленных участков (ППУ) выполнялись маршрутным методом вдоль шоссе и грунтовых автомобильных дорог в Прионежском, Кондопожском, Пряжинском и Пудожском районах Карелии. Всего исследовано около 200 ППУ, в которых выполнено 300 геоботанических описаний болотной и гигрофильной травяной растительности. Геоботанические описания проводились на временных пробных площадях, размер их в основном составлял 20×10 м. В исследованных ППУ обнаружено 252 вида высших растений (из них 197 видов сосудистых растений, 51 вид мхов и 4 печеночника). Формирование растительного покрова происходит за счет активного расселения аборигенных видов растений (95 %). В ППУ высока доля болотных видов (75 %) и низкое число прибрежно-водных (10 %) и лесных (8 %) видов. Следовательно, можно сделать вывод, что сообщества ППУ являются уже довольно сформировавшимися, и виды этих сообществ играют большую роль в процессах болотообразования.

Классификация растительности ППУ построена на основе эколого-фитоценотического метода, где ассоциации выделены по доминирующим и содоминирующим видам и представленности эколого-ценотических групп видов. Всего выделено 16 ассоциаций, одна из которых относится к кустарниково-травяному, 12 – к травяному, а 3 – к травяно-сфагновому классам растительности. К наиболее часто встречаемым сообществам ППУ относятся мезоолиготрофные осоково-сфагновые сообщества (ассоциация *Carex rostrata* – *Sphagnum fallax* на торфяных почвах (20 %) и мезоевтрофные и мезотрофные хвощовые сообщества (ассоциация *Equisetum fluviatile*) на глиняных почвах (25 %). Сообщества ассоциации *Typha latifolia* указываются для Карелии впервые.

Динамика растительного покрова ППУ изучается на 56 постоянных пробных площадях, заложенных в 2012 году. Вдоль новой автомобильной дороги, построенной в 2011 году в течение 3–6 лет после строительства происходит заметная мезофитизация растительных сообществ. За счет уменьшения степени участия гидрофильных видов осок, злаков и разнотравья возрастает обилие менее требовательных к увлажнению злаков и мезофильного разнотравья. В итоге часть исходных осоковых и злаково-осоковых фитоценозов превращается соответственно в злаково-осоковые и осоково-злаковые, а гидрофильно-злаковые – в умеренно гидрофильно-злаковые. Вдоль лесовозной дороги, построенной в 1972 году, проективное покрытие доминант в течение 6 лет не изменилось, но возросло количество видов в сообществах и увеличилось в 2 раза проективное покрытие сфагновых мхов. Растительные сообщества, отмеченные в местах с длительным подтоплением придорожных участков, идут в направлении формирования болотной растительности и сплавинообразования.

Работа выполнена по Госзаданию ИБ КарНЦ РАН: FMEN-2022-0008, № 122031700449-3.

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОГО СИМБИОЗА ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ АРКТИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ РОССИИ

Д. С. Карлов¹, И. Г. Кузнецова¹, П. В. Гуро¹, А. Л. Сазанова¹, И. А. Алехина²,
И. Н. Поспелов³, Е. Б. Поспелова⁴, А. А. Белимов¹, В. И. Сафронова¹

¹ Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, г. Санкт-Петербург, Россия
e-mail: ds.karlov@arriam.ru

² Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия

³ Институт проблем экологии и эволюции имени А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия

⁴ ФГБУ «Заповедники Таймыра», г. Норильск, Россия

Формирование новых высокопродуктивных пастбищных и сенокосных агроценозов как кормовой базы для сельскохозяйственных животных является одной из важнейших стратегических задач освоения и устойчивого развития арктических территорий России. Клубеньковые бактерии (ризобии), вступая в симбиотические взаимоотношения с бобовыми растениями, способствуют фиксации атмосферного азота и обеспечивают растения доступными азотистыми соединениями, тем самым, увеличивая продуктивность фито- и агроценозов. Создание многолетних сенокосных и пастбищных лугов в экстремальных условиях Крайнего Севера эффективно только при использовании местных генотипов растений и бактериальных штаммов. Способность шести селективированных ризобияльных штаммов из рода *Rhizobium*, выделенных ранее из корневых клубеньков арктических дикорастущих (*Oxytropis putoranica*, *Astragalus norvegicus*, *A. tugarinovii*) и диких сородичей кормовых бобовых (*Trifolium repens*, *Vicia cracca*, *Lathyrus pratensis*), собранных нами входе экспедиции в окрестности г. Норильска и на плато Путорана, формировать клубеньки на корнях растений-хозяев была изучена в условиях стерильного микровегетационного опыта. Показано, что клубеньки на корнях бобовых формировались только в вариантах инокуляции штаммами *Rhizobium beringeri* P8/5–2 и P9/1–1, выделенных из *L. pratensis* и *T. repens*, соответственно. Штамм *R. beringeri* P8/5–2 в вариантах инокуляции *V. cracca*, *L. pratensis* и *T. repens* достоверно увеличивал число клубеньков в сравнении с коммерческими штаммами *R. leguminosarum* RCAM0626, RCAM2802 и RCAM1365, соответственно, тогда как штамм *R. beringeri* P9/1–1 формировал клубеньки в вариантах инокуляции *O. putoranica*, *A. norvegicus*, *A. tugarinovii* и *T. repens*, причем в последнем варианте наблюдалось достоверное повышение числа клубеньков в сравнении с *R. leguminosarum* RCAM1365. Кроме того, для штамма *R. beringeri* P8/5–2 была показана способность формировать эффективные клубеньки на корнях бобовых *A. frigidus*, *O. adamsiana* и *V. cracca* в условиях вегетационного опыта, причем в последнем варианте наблюдалось статистически значимое увеличение симбиотических параметров (уровень азотфиксирующей активности и общая биомасса растения) в сравнении с коммерческим штаммом *R. leguminosarum* RCAM0626. Таким образом, создание коллекции эффективных холодоустойчивых ризобияльных штаммов будет способствовать сохранению ценных генетических ресурсов для их последующего широкого применения в сельском хозяйстве Крайнего Севера. Устойчивое развитие животноводства и кормопроизводства на базе местных биологических ресурсов, адаптированных к сложным почвенно-климатическим условиям Арктики, позволит создать новые рабочие места и обеспечить местное население качественными и свежими продуктами питания, что будет способствовать повышению привлекательности северных территорий России.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект РНФ № 20-76-10042-П).

БИОРАЗНООБРАЗИЕ В АРКТИЧЕСКОЙ ТУНДРЕ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

А. А. Киряков, Н. А. Соколова, И. А. Фуфачев, А. А. Соколов

Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН,
г. Лабытнанги, Россия, e-mail: nasokolova@yandex.ru

В настоящее время значительное внимание приковано к территориям Арктического региона. Сложная и дорогостоящая логистика ограничивает проведение полевых исследований, особенно в зимнее время. В последние десятилетия отсутствуют актуальные данные о биоразнообразии в арктической тундре полуострова Ямал в зимний период.

В нижней и средней пойме р. Сабеттаяха (71 с. ш.) в феврале-апреле 2020 г., марте-апреле 2021, 2023–2024 гг. были проведены исследования зимнего биоразнообразия двумя методами. 1. Фотофиксация с использованием автоматических камер (20 шт). Автоматические фотокамеры были установлены двумя линиями по 10 штук. Камеры располагались в среднем на расстоянии около 5 км друг от друга. Автоматические камеры делали снимки каждые 5 минут. 2. Маршрутный учёт проводился при установке и сборе автоматических фотокамер.

Были встречены 6 видов млекопитающих и 6 видов птиц. Песец (*Vulpes lagopus*) – самый часто встречаемый хищник в зимнее время в пойме р. Сабеттаяха. Песец встречался как у инфраструктурных объектов, так и в тундре. Частота встреч на маршруте варьировала от 0 до 8 на 100 км. Часте песцы были встречены инфраструктурных объектов или около известных нам нор, где 1–3 отнорка были очищенными от снега. Присутствие росомахи (*Gulo gulo*) зафиксировано лишь 1 раз на фотоснимке автоматической камеры. Со слов коренных жителей и респондентов росомаха очень редкий вид для территории исследования, который имеет большое значение для охотников из-за ценного меха. Ежедневно встречали большие и маленькие группы домашнего северного оленя (*Rangifer tarandus*), как на маршруте (группы 10–400 особей), так и на фотоснимках (1–120 особей). Мы наблюдали в тундре единичных зайцев-беляков (*Lepus timidus*) и группы до 4 особей, а также на фотоснимках. Частота встреч на маршруте варьировала от 0 до 14 на 100 км. Заяц-беляк был встречен у склонов холмов и в пойме с выступающими над снегом кустами ивы, где кормился. Также автоматическая камера зафиксировала выход копытного лемминга (*Dicrostonyx torquatus*), и была единичная встреча сибирского лемминга в тундре (*Lemmus sibiricus*). Тундряная куропатка (*Lagopus mutus*) и белая куропатка (*Lagopus lagopus*) встречены на склонах холмов и у зарослей ивняка около р. Сабеттаяха, кормящихся почками. Белая куропатка была чуть более многочисленна (единично и группами до 16 птиц), тундряная куропатка встречена дважды (1 и 3 особи). Частота встреч белой и тундряной куропатки на маршрутах варьировала от 0 до 48 на 100 км и от 0 до 6 на 100 км соответственно. Белая сова (*Nyctea scandiaca*; самец) была малочисленной все годы наблюдений. Частота встреч на маршрутах составила от 0 до 4 на 100 км соответственно. Пуночки (*Plectrophenax nivalis*) были встречены только около антропогенных объектов. Их количество варьировало от 1 до 40 особей. Также вблизи антропогенных объектов мы наблюдали 2 вида Врановых птиц. Регулярно наблюдали воронов (*Corvus corax*) около объектов инфраструктуры. В апреле 2021 года в посёлке Сабетта один раз была встречена сорока (*Pica pica*).

В целом мы не наблюдаем изменений в биоразнообразии млекопитающих и птиц в зимний период.

Работа выполнена в рамках проекта «Арктический лис» (Ямал СПГ) и государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № ЕГИСУ НИОКТР № 122021000089-9.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОПУЛЯЦИИ БЕЛОМОРСКИХ МОЛЛЮСКОВ *LITTORINA SAXATILIS* (OLIVI, 1792)

Е. В. Козминский

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: ekozminsky@gmail.com

Выявление факторов, определяющих динамику численности популяций, необходимо для планирования мероприятий по охране и менеджменту окружающей среды. Важным компонентом литоральных экосистем являются моллюски рода *Littorina*, однако факторы, определяющие динамику их численности, и соответствующие им механизмы слабо изучены. В этой работе представлены данные, полученные в ходе мониторинговых наблюдений за популяционной динамикой беломорских моллюсков *Littorina saxatilis* на западной косе Южной губы о. Ряжков (Кандалакшский государственный природный заповедник, 67°00' N, 32°34' E) в период с 2001 по 2020 гг.

В период проведения исследований, имело место существенное изменение условий обитания моллюсков – как абиотических (количество осадков за год возросло с 450 до 600 мм/год, среднегодовая температура увеличилась на 2°C), так и биотических (наблюдались значительные флуктуации обилия бурых водорослей, совместно обитающих видов моллюсков и т. п.). На этом фоне, происходило постепенное снижение плотности популяции *L. saxatilis* с квазициклическими флуктуациями численности вокруг общего тренда. Изменения плотности популяции литторинна 81% ($R_s = 0.90$, $\alpha = 0.001$) были обусловлены флуктуациями численности сеголеток. Множественный регрессионный анализ показал, что изменения плотности сеголеток (D_{LS0+}) на 80% ($F [4, 15] = 14.93$, $\alpha \ll 0.001$) были обусловлены тремя факторами – изменениями биомасс двух видов литторин – *L. saxatilis* (W_{LS}) и *L. obtusata* (W_{LO}) – и количеством осадков (за год – H_{AN} – и в июне – H_{VI}):

$$D_{LS0+} = 35.197 \cdot W_{LS} - 8.782 \cdot W_{LO} - (2.407 \cdot H_{AN} + 8.341 \cdot H_{VI}) + 2215.938$$

Биомасса *L. saxatilis*, в свою очередь, прямо пропорциональна плотности участвующих в размножении особей и размеру размножающихся самок. Эта переменная отражает процессы, протекающие внутри популяции *L. saxatilis*. Второй компонент уравнения (W_{LO}) свидетельствует о важной роли межвидовых взаимодействий в регуляции уровня воспроизводства популяции *L. saxatilis*. Корреляция между плотностью сеголеток этого вида и биомассой *L. obtusata* высоко достоверна ($\alpha = 0.012$) и объясняет 30% ее изменчивости ($R = -0.551$). Ранее нами было показано (Козминский, 2013, 2020) наличие внутривидовой конкуренции между половозрелыми особями и сеголетками *L. obtusata* за ресурс, в качестве которого выступают бурые водоросли *Fucus vesiculosus*, которые являются источником пищи, субстратом для обитания и откладки яиц для этого вида моллюсков. Численность сеголеток *L. obtusata* находится в отношениях, близких к противофазным, с плотностью половозрелых особей. Так как часть сеголеток *L. saxatilis* держится на фукусах, увеличение плотности половозрелых *L. obtusata* также может приводить к снижению их численности.

Обратная зависимость плотности сеголеток *L. saxatilis* от количества осадков обусловлена высокой чувствительностью молоди литторин к опреснению. Увеличение количества осадков действует, по-видимому, двояко. Во-первых, выпадение большего количества осадков в летний период, когда происходит размножение *L. saxatilis*, непосредственно приводит к гибели большего числа молоди. Во-вторых, происходит накопление большего количества воды (в том числе талой) в резервуарах каскада Нивских ГЭС, что приводит к более частому сбросу ее излишков и более частым случаям распреснения поверхностного слоя морской воды в куту Кандалакшского залива.

Работа выполнена в рамках ГЗ ЗИН РАН, № 122031100283-9 и на разных этапах была также поддержана грантом РФФИ 05-04-48056, программами фундаментальных исследований РАН «Биологическое разнообразие: инвентаризация, функции, сохранение», «Биологические ресурсы России».

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ УЧЕТОВ ОХОТНИЧЬИХ ЖИВОТНЫХ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «КОЙГОРОДСКИЙ» (РЕСПУБЛИКА КОМИ)

А. Н. Королев

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия
Национальный парк «Койгородский», с. Койгородок, Россия,
e-mail: korolev@ib.komisc.ru

В 2019 г. в пределах Койгородского и Прилузского районов Республики Коми (РК) с целью сохранения самого крупного в Европе массива девственных лесов южной тайги на площади в 567 км² (из них лесные угодья занимают 500 км², полевые – 60 км², болотные – 7 км²) был создан национальный парк (НП) «Койгородский». С 2021 г. в парке по методикам, утвержденным ФГБУ «ФНИЦ Охота», проводится зимний маршрутный учет (ЗМУ) охотничьих животных. В основу этого сообщения положены материалы ЗМУ 2021–2024 гг.: ведомости по 8–18, в зависимости от года, учетным маршрутам (пройденным в основном по лесным угодьям) суммарной длиной 73,7–154 км, принятые в расчет после первичной обработки (выбраковки). Для оценки наличия и плотности населения охотничьих животных применяли частоту встреч в учетах (по годам), лимиты (Min, Max), медиану (Me) (табл.). Для сравнения приведены сведения за указанный период для охотничьих угодий Койгородского и Прилузского районов РК, пересчитанные на всю территорию районов (получены в Министерстве природных ресурсов и охраны окружающей среды РК).

Таблица. Видовой состав и плотность населения (особей/1000 га лесных угодий) охотничьих животных в национальном парке «Койгородский» и в охотничьих угодьях Койгородского и Прилузского районов Республики Коми в 2021–2024 гг.

Вид	Национальный парк «Койгородский»			Койгородский район	Прилузский район
	Частота встреч	Min-Max	Me	Me	Me
Заяц-беляк	4/4	0,95–3,14	1,11	4,11	2,4
Обыкновенная белка	4/4	0,63–9,86	4,33	6,6	1,51
Волк	1/4 (+) *	0	0	0,02	0,05
Обыкновенная лисица	1/4	0–0,05	0	0,24	0,05
Лесная куница	4/4	0,82–1,33	1,07	0,78	0,28
Росомаха	2/4 (+)	0–0,01	0	0	0
Горностай	2/4	0–0,17	0,05	0,4	0,13
Лесной хорь	2/4 (+)	0–0,05	0	0,01	0
Американская норка	1/4	0–0,07**	0	0	0
Речная выдра	1/4	0–0,08	0	0	0,02
Рысь	1/4 (+)	0	0	0,02	0,02
Кабан	1/4	0–0,04	0	0,05	0
Европейский лось	4/4	0,68–1,09	0,71	1,06	0,71
Тетерев	1/4 (+)	0	0	8,09***	4,27
Глухарь	2/4 (+)	0	0	5,09	2,25
Рябчик	4/4	6,65–28,7	21,5	16,4	3,71

* Вид отмечен только на забракованной или в том числе на забракованной ведомости ЗМУ.

** Для американской норки и речной выдры приведен показатель учета (следов/10 км).

*** Сведения о птицах в Койгородском и Прилузском районах приведены за 2021–2023 гг.

Собранные данные позволяют сделать предварительный вывод: в населении охотничьих животных НП «Койгородский» преобладают виды, связанные со старовозрастными хвойными и смешанными лесами (обыкновенная белка, лесная куница, рябчик).

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ФЕНОЛОГИЯ КРОВОСОСУЩИХ КОМАРОВ (DIPTERA, CULICIDAE) ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Н. А. Кочерова¹, С. В. Айбулатов^{1,2}, А. В. Халин^{1,2}, Л. А. Беспятова¹, С. В. Бугмырин¹

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: tasha_dein@mail.ru

² Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Кровососущие комары (сем. Culicidae) известны как важный компонент комплекса гнуса в Республике Карелия (РК). Самки многих видов сем. Culicidae питаются кровью позвоночных, некоторые виды участвуют в распространении возбудителей заболеваний человека и домашних животных. В связи с этим исследование региональных фаун кровососущих комаров актуально.

На территории РК изучение комаров началось в 1920-х годах, а в период с 1950–1980 гг. проводились регулярные исследования фауны и экологии сем. Culicidae. Поскольку в последние десятилетия фаунистические исследования этой группы насекомых были фрагментарны, необходимо уточнение видового состава и фенологии кровососущих комаров в РК.

В период с мая по сентябрь в 2023 и 2024 гг. нами были проведены сборы комаров (личинки, зимующих и активных имаго) в окрестностях стационара ИБ КарНЦ РАН (д. Гомсельга, Кондопожский р-н, РК, 62°04' с.ш., 33°55' в. д.), расположенного в подзоне средней тайги. Личинок собирали в постоянных и временных водоемах с различной степенью освещенности. Самок отлавливали с использованием ловушек Кришталя (в течение 15 минут на предплечье) и Mosquito Magnet Pioneer (аттрактант октенол).

В результате сбора и определения материала были обнаружены следующие виды сем. Culicidae: *Anopheles maculipennis* Meigen, 1818 (s. l.); *A. claviger* (Meigen, 1804) (s.str.); *Aedes cinereus* Meigen, 1818; *A. annulipes* (Meigen, 1830); *A. cantans* (Meigen, 1818); *A. excrucians* (Walker, 1856); *A. communis* (De Geer, 1776); *A. diantaeus* Howard, Dyar et Knab, 1913; *A. intrudens* Dyar, 1919; *A. punctor* (Kirby, 1837); *A. vexans* (Meigen, 1830); *Coquillettidia richiardii* (Ficalbi, 1889); *Culex territans* Walker, 1856; *Culiseta alaskaensis* (Ludlow, 1906); *C. bergrothi* (Edwards, 1921) и *C. morsitans* (Theobald, 1901).

Еженедельные учеты нападающих самок сем. Culicidae в окр. д. Гомсельга позволили охарактеризовать фенологию лёта имаго. Наиболее продолжительный период активности был у *Aedes punctor* и *A. cinereus* – с начала июня по конец сентября. *Aedes communis* нападал с конца мая по конец августа, *A. diantaeus* – с июня по август, *Coquillettidia richiardii* – в июле и августе. Остальные виды были обнаружены лишь в единичном числе экземпляров с мая по август. Например, *Culiseta alaskaensis* и *C. bergrothi* отмечены в мае, *Aedes intrudens* – в июне и июле, *A. cantans* – в июле и августе, *A. annulipes* – в июле, *Aedes excrucians* и *A. vexans* – в августе.

В целом, виды кровососущих комаров, обнаруженные нами в окрестностях д. Гомсельга, характерны для таежной зоны Северо-Запада РФ. Однако наши исследования уточнили фауну сем. Culicidae РК: в сборах 2023 г. были обнаружены самки *Anopheles claviger*. Ранее данный вид отмечался в Ленинградской и Вологодской обл., а также в Республике Коми.

Работа выполнена при поддержке РНФ и ФВИ (грант № 23-14-20020, <https://rscf.ru/project/23-14-20020/>).

ВЛИЯНИЕ ПОДНЯТИЯ СУШИ И КОЛОНИЙ МОРСКИХ ПТИЦ НА РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ АЙНОВЫХ ОСТРОВОВ В ГОЛОЦЕНЕ

С. А. Кутенков¹, Л. В. Филимонова¹, Е. О. Головина²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: effort@krc.karelia.ru

² Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Большая часть территории Айновых островов (Баренцево море) покрыта сухими торфяниками с вороничными, морошковыми и папоротниковыми тундроподобными сообществами. В прибрежной части развиты приморские луга, во влажных впадинах – ивняки и болота преимущественно низинного типа. На растительный покров островов заметное влияние оказывают крупные колонии птиц, что проявляется как в развитии пятен орнитогенной растительности, так и засорении орнитофильными видами всех сообществ островов.

Исследования включали нивелировку поверхности, геоботаническое описание растительности, зондировку торфяной залежи, радиоуглеродное датирование, макрофосильный и палинологический анализы торфа. Выполнены реконструкции истории развития растительности на островах от их образования не менее 5000 календарных лет назад до современности. Установлено, что ведущими факторами, определяющими динамику растительности на Айновых островах в голоцене, являются гляциоизостатический подъем суши и орнитогенное влияние.

Подъем суши приводит к последовательной смене растительности от разреженных группировок приморских галофитов через приморские луга к вороничным сообществам на выпуклых формах рельефа и к травяно-моховым болотным в депрессиях. Сухое торфонакопление начинается на приморских лугах высокого уровня и продолжается затем в вороничниках. Их разрастание происходит по мере поднятия островов и смещения береговой линии с полосой приморской растительности.

О постоянном орнитогенном влиянии на развитие растительности с момента ее появления на островах свидетельствуют присутствие по всей толще залежи фрагментов птичьих перьев, повышенное содержание в торфе макроостатков и пыльцы травянистых растений, а также их таксономический состав. Выявленное чередование пиков пыльцы таксонов растений-индикаторов орнитогенного влияния может свидетельствовать о колебаниях численности птичьих популяций и, прежде всего, селящихся на торфянике тупиков (*Fratercula arctica*). В последнее столетие на островах зафиксировано существенное уменьшение воздействия птиц, выражающееся в зарастании покинутых колоний тупиков, восстановлении вороничника и сокращении площади, занятой орнитогенной растительностью. Это нашло отражение в палиноспектрах и составе торфообразователей верхней части залежи.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА СЕВЕРНОГО ОЗЕРА КРИВОЕ (РЕСПУБЛИКА КАРЕЛИЯ)

Л. Ф. Литвинчук

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: larisalitvinchuk@yandex.ru

Проведено многолетнее исследование динамики зоопланктона озера Кривое (Республика Карелия). В течение трех периодов (конец мая, конец июля–начало августа и середина сентября 2002–2020 гг.) изучены районы озера с разными глубинами. Данные по горизонтам 0–5, 5–15 м, взятых на разных станциях озера, интегрировались. Также был исследован слой 15–30 м на глубоководной станции 0–30 м.

Всего было отмечено 43 вида зоопланктона, включая 20 видов коловраток, 15 видов ветвистоусых и 8 веслоногих ракообразных. По сравнению с результатами исследований зоопланктона, проведенных на озере Кривое в 1968–1969 гг. (Иванова, 1975; Кутикова, 1975), список видов расширился на 19 видов за счет появления в зоопланктоне теплолюбивых видов и зарослевых форм.

Основной состав доминирующих видов пелагического зоопланктона в озере Кривое представлен *Cyclops scutifer* G. O. Sars 1863, *Eudiaptomus graciloides* (Lilljeborg, 1888), *Bosmina longirostris* (O. F. Müller, 1785), *Ceriodaphnia pulchella* G. O. Sars, 1862, *Daphnia* spp., *Asplanchna priodonta* Gosse, 1850, *Bipalpus hudsoni* (Imhof, 1891), *Conochilus unicornis* Rousselet, 1892, *Kellicottia longispina* (Kellicott, 1879), *Keratella cochlearis* (Gosse, 1851), *Polyarthra* spp. В отдельные периоды вегетационных сезонов 2002–2020 гг. в зоопланктоне озера Кривое преобладали по численности *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1761), *Keratella hiemalis* Carlin, 1943, *Filinia major* (Colditz) Carlin, 1943 и виды рода *Synchaeta*.

Средние внутрисезонные и межгодовые значения численности и биомассы зоопланктона изменялись в широких пределах (7000–95000 экз. м⁻³ и 60–250 мг м⁻³, соответственно). Максимальная численность (142900 экз. м⁻³) отмечена в 2003 году в верхнем горизонте 0–5 м, минимальная численность (3366 экз. м⁻³) – в 2005 году, горизонт 15–30 м. Наибольшая биомасса (533 мг м⁻³) была зафиксирована в 2002 году в горизонте 0–5 м, наименьшая биомасса (18 мг м⁻³) – в 2005 году в горизонте 5–15 м. Высокие значения численности в начале вегетационного сезона формировались за счет массового развития мелких коловраток *K. longispina* и молоди Copepoda; в середине – *B. longirostris*, *C. unicornis*, *Polyarthra* spp. В конце сезона основу численности составляли взрослые Copepoda, *B. longirostris*, *C. pulchella*, *Daphnia* spp. и *A. priodonta*. Основу биомассы зоопланктона в ходе исследуемых сезонов составляли веслоногие ракообразные, *B. longirostris*, *C. pulchella*, *Daphnia* spp. и *A. priodonta*.

При сравнении с результатами исследований зоопланктона озера Кривое в 1968–1969 гг., средние за сезон значения численности были сопоставимы, средняя биомасса зоопланктона была наибольшей в 1968 году (380 мг м⁻³).

Работа выполнена по заданию Министерства науки и высшего образования РФ (Минобрнауки), гостема № 122031100274-7. Исследования проводились на базе Беломорской биологической станции ЗИН РАН. Автор благодарен А. А. Максимова за помощь в сборе материала и обсуждение полученных данных.

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ РЕДКИХ И ИСЧЕЗАЮЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ЯКУТИИ

Ж. М. Охлопкова¹, Е. В. Кучарова¹, Е. Е. Антонова¹, Ю. А. Егоров¹, Т. М. Охлопкова¹,
А. Е. Протопопова¹, А. П. Заболоцкая¹, П. С. Егорова², М. П. Разгонова^{3,4}

¹ Северо-Восточный федеральный университет, г. Якутск, Россия,
e-mail: zhm.okhlopkova@s-vfu.ru

² Институт биологических проблем криолитозоны, г. Якутск, Россия

³ Дальневосточная опытная станция ВИР, г. Владивосток, Россия

⁴ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Возрастание антропогенной нагрузки в связи с промышленным освоением северных территорий наносит урон на природные растительные ресурсы сокращая естественный ареал и численность редких и лекарственных растений.

Для сохранения биоразнообразия и генетического фонда растительных ресурсов важную роль играют ботанические сады. На территории Республики Саха (Якутия) действуют старейший полигон представителей флоры криолитозоны и инорайонных растений – Якутский ботанический сад ИБПК СО РАН, а также относительно молодой, недавно отметивший свое 25-летие, ботанический сад СВФУ. В полигонах культивируют редкие и эндемичные виды растений Якутии. Однако определенные виды из них вызывают тревогу по возможному исчезновению в ближне- и среднесрочной перспективе. В связи с этим в 2022 г. были начаты комплексные исследования по разработке технологии быстрого эффективного размножения редких и исчезающих видов растений криолитозоны с применением возможностей клонального микроразмножения с оценкой генетической и фитохимической стабильности получаемых растений-регенерантов.

Объектами исследования являются *Dracocephalum jacutense* Peschkova (кат. 1), *Thermopsis lanceolata* sub sp. *jacutica* (Czeft.) Schreter (кат. 2 а), *Lilium pilosiusculum* (Frey) Miscz. (кат. 2 б), *Polygala sibirica* L. (кат. 3 в) и *Artemisia martjanovii* Krasch. ex Poljakov (кат. 3 д) (Красная книга РС (Я), 2017, Т. 1). Растительный материал (интактные растения, надземная фитомасса, семенной материал) для исследований был собран во время экспедиций на территории Кобяйского, Нюрбинского и Хангаласского районов Якутии в июне, июле, августе и сентябре 2022 и 2023 гг.

Для введения объектов исследования в культуру *in vitro* были разработаны и апробированы протоколы стерилизации семян к получению стерильных проростков. Стерильные проростки культивировали на питательных средах МС без добавления гормонов в условиях фитостеллажа «Стеллар-ФИТО Line Р6-С» до 4–5 настоящих листьев. Интактные растения, собранные из мест обитания, содержали в климатической камере «Sanyo MLR-352Н» при 26 ± 1 °С, влажности 70 ± 5 %, интенсивности освещения 5000 лкс фотопериодом 18/6. С листовых, стеблевых и корневых эксплантов от стерильных проростков и интактных растений получены первичные каллусы *P. sibirica*, *L. pilosiusculum*, *A. martjanovii*, *T. jacutica* и *D. jacutense* на питательных средах МС с добавлением разного соотношения 2,4-Д, БАП, НУК и ИМК. Изучена динамика роста биомассы каллусных культур. От стабильно растущих каллусных культур инициирован не прямой морфогенез с развитием микропобегов. На микропобегах инициирован ризогенез на МС с добавлением разных концентраций НУК. Укорененные микрорастения прошли адаптацию в условиях климатической камеры при культивировании в разных почвенных субстратах, часть из них передана для изучения адаптационной возможности в условиях теплицы и открытого грунта в Якутский ботанический сад. С помощью ВЭЖХ–МС/МС изучен фитохимический профиль надземной фитомассы дикорастущих растений, проанализирована генетическая стабильность получаемых микрорастений в сравнении с образцами дикорастущих растений и культивируемых проростков.

Исследование выполнено в Северо-Восточном федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда № 22-14-20031, <https://rscf.ru/project/22-14-20031/>.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ КРИПТИЧЕСКИХ ВИДОВ *BOMBUS LUCORUM*-COMPLEX (HYMENOPTERA: APIDAE) НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ

Г. С. Потапов

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н. П. Лаверова УрО РАН, г. Архангельск, Россия,
e-mail: grigorij-potapov@yandex.ru

Относительно недавно энтомологи стали обращать внимание на криптические виды шмелей (Hymenoptera: Apidae: *Bombus* Latreille 1802) комплекса *Bombus lucorum*. Большинство исследователей ранее не регистрировали данные виды по причине фактической невозможности их надёжной идентификации только по морфологическим признакам. По этой причине, в настоящее время всё чаще используются молекулярные методы для выявления криптических видов *Bombus lucorum*-complex.

В представленной нами работе изучено распространение криптических видов шмелей *Bombus lucorum*-complex, т. е. *B. terrestris* (Linnaeus, 1758), *B. lucorum* (Linnaeus, 1761) и *B. cryptarum* (Fabricius, 1775), на территории Архангельской области, Республики Карелия и Мурманской области. Виды *Bombus lucorum*-complex относятся к наиболее широко распространённым на Европейском Севере России. В целом, сведения о распространении видов *Bombus lucorum*-complex на территории Европейского Севера России практически отсутствуют.

Для первичной идентификации видов использовались морфологические признаки. Затем применялся метод анализа полиморфизма длины рестрикционных фрагментов (ПДРФ) ПЦР-продуктов. Полученные последовательности COI сравнивались с данными, представленными в базе NCBI GenBank при помощи сервиса BLAST, что позволило определить видовую принадлежность изучаемых экземпляров. Экземпляры шмелей хранятся в Российском музее центров биологического разнообразия Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова УрО РАН (г. Архангельск).

Установлено, что морфологические признаки в большинстве случаев не дают возможность достоверно идентифицировать криптические виды шмелей комплекса *Bombus lucorum*. Молекулярно-генетический анализ показал, в Архангельской области представлены три вида комплекса *Bombus lucorum* (*B. cryptarum*, *B. lucorum* и *B. terrestris*). *B. cryptarum* отмечен на всей территории региона. *B. lucorum* зарегистрирован почти по всей Архангельской области, кроме наиболее северных локалитетов (север Мезенского района и Соловецкие о-ва). *B. terrestris* отмечен только на юго-востоке области (Котласский район). В Мурманской области доминирует *B. cryptarum*, а *B. lucorum* составляет лишь незначительную часть от общего числа изученных экземпляров. *B. lucorum* в Мурманской области отмечен только на юге региона (окрестности г. Кандалакша). В Карелии наблюдается следующая закономерность: чем южнее, тем выше доля *B. lucorum* в выборках. *B. cryptarum*, *B. lucorum* и *B. terrestris* зарегистрированы в различных типах местообитаний, в основном на луговых сообществах. Однако, спектр местообитаний *B. cryptarum* шире: только этот вид отмечен в лесотундре и приморских вороничных сообществах.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 24-24-20016, <https://rscf.ru/project/24-24-20016/> «Криптические виды пчёл на северной границе их ареалов: распространение, экология и охрана».

ОБ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДЛИННОГО ПОЛЯРНОГО ДНЯ НА АБОРИГЕННЫЕ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫЕ РАСТЕНИЯ СУБАРКТИКИ

А. А. Рубаева¹, Т. Г. Шibaева¹, Е. Г. Шеруди́ло¹, Н. Ю. Шмакова²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: arubaeva@krc.karelia.ru

² Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина КНЦ РАН,
г. Кировск, Россия

Одним из факторов внешней среды, оказывающих наиболее сильное влияние на все стороны жизнедеятельности растительного организма, является длина дня. В Заполярье длительность полярного дня, когда Солнце не опускается за горизонт, составляет более 50 дней (с конца мая до середины июля). И почти месяц до и после полярного дня наблюдается период белых ночей, когда Солнце не уходит низко за горизонт и полная темнота не наступает, а лишь 2–3 ч длятся сумерки. В этих условиях растения на протяжении более 3 месяцев оказываются в условиях круглосуточного освещения, что означает наличие у них соответствующих адаптивных механизмов. Их изучение ведется в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте им. Н. А. Аврорина Кольского научного центра РАН (ПАБСИ КНЦ РАН г. Кировск, Мурманская обл.) (67°38' с. ш.) на протяжении более 90 лет. В период 1930–1960-х годов учеными сада были проведены многочисленные исследования реакции аборигенных и переселенных из разных мест растений на непрерывный летний день. Для того, чтобы по-возможности исключить влияние других факторов среды, исследования проводили путем организации параллельных наблюдений в условиях естественной продолжительности дня и условиях искусственно укороченного дня. Искусственное затенение на 8, 10, 12 или 14 ч создавалось надвиганием на делянки с опытными растениями специально сконструированных фотопериодических кабинок, передвигавшихся по деревянным рельсам. Площадь кабинок составляла 6 м², высота в коньке – 1–1.2 м.

В результате этих уникальных экспериментов Г. Э. Шульцем в 1936–1937 гг. была изучена реакция 37 видов древесно-кустарниковых пород и 21 вида травянистых растений на непрерывный летний день. С. А. Каспарова (1946 г.) изучала влияние полярного дня на биохимические процессы, совершающиеся в яровой пшенице при вегетации. З. И. Журбицкий с коллегами (1952 г.) изучали влияние фотопериода на поступление минеральных элементов в растения. И. Д. Шматок (1956 г.) изучала влияние длины дня на транспирацию, фотосинтез, химический состав и коагуляцию биокolloидов у растений. С. М. Вартапетян (1952 г.) проводила изучение биологии овощных культур и, в частности картофеля, в целях улучшения их приспособляемости и повышения урожайности и скороспелости. Также в 1959–1965 гг. были изучены ритмы роста и развития, синтез органического вещества и обмен азотистых веществ у растений различного происхождения при переселении их в условия Субарктики.

Результаты этих работ в силу разных причин недостаточно известны несмотря на то, что представляют и сейчас значительный научный интерес. В докладе будут представлены наиболее интересные результаты и выводы из вышеуказанных работ, с которыми авторы ознакомились не только на основании имеющихся научных публикаций, но и используя научные отчеты, любезно предоставленные архивом КНЦ РАН.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЗНЫХ ПОДЗОНАХ ТУНДРЫ ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ

Н. А. Соколова, А. А. Соколов, И. А. Фуфачев, О. Б. Покровская,
А. Н. Терехина, А. И. Волковицкий, А. А. Киряков

Арктический научно-исследовательский стационар
Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги, Россия,
e-mail: nasokolova@yandex.ru

Влияние климата и антропогенных факторов на биологическое разнообразие и устойчивость наземных экосистем Арктики привлекает всё большее внимание исследователей из-за стремительных изменений, которые там происходят. Прямое и косвенное влияние факторов не всегда позволяет однозначно сказать об их роли на отдельные виды и следующие за этим последствия. На полуострове Ямал ведётся непрерывный мониторинг основных наземных компонентов тундры и оценка масштаба изменений под действием естественных (климатических) факторов, фонового воздействия традиционной хозяйственной деятельности коренного населения и техногенного воздействия. В фокусе внимания изучение комплекса взаимодействий между разными звеньями пищевых цепей наземных экосистем (растительность-травоядные-хищники) и закономерностей пространственного распределения и динамики численности растений, птиц и млекопитающих.

Мы проанализировали встречаемость девяти видов мелких грызунов вдоль широтного градиента полуострова Ямал за последние 60 лет. Встречаемость сибирского лемминга (*Lemmus sibiricus*) снизилась во всех подзонах тундры и лесотундры и, возможно, он исчез из самых южных зон, тогда как встречаемость копытного лемминга (*Dicrostonyx torquatus*) существенно снизилась только в лесотундре. Нами задокументировано увеличение встречаемости в тундровых зонах узкочерепной полевки (*Lasiopodomys gregalis*) и полевки Миддендорфа (*Alexandromys middendorffii*), оба вида значительно расширили свои ареалы к северу (Sokolova et al., 2024). Также продвижение на север наблюдается у водяной полевки (*Arvicola amphibius*) и ондатры (*Ondatra zibethicus*).

Частота встреч зайца-беляка (*Lepus timidus*) по опросным данным и встречах на маршрутах указывает на рост его численности в арктической тундре Ямала в последнее десятилетие. Относительная встречаемость кала зайца-беляка на стационарных площадках демонстрирует положительный тренд для кустарниковой и арктической тундры.

Мониторинг песца (*Vulpes lagopus*) в кустарниковой тундре Ямала проводится с 2007 года. Ежегодно были проверены от 50 до 75 нор песца. Доля нор с размножением колебалась от 0 до 47%, количество щенков в среднем за все годы составило 5,6 щенка в помете (от 1 до 9). Анализ показал статистически значимое влияние на долю нор с размножением относительной численности копытного лемминга в июне и дополнительных пищевых субсидий в снежный период года (падеж в стадах домашних северных оленей и субсидии от человека). Увеличилась частота норения основного конкурента песца – обыкновенной лисицы (*Vulpes vulpes*). Использование территории между двумя видами существенно отличается.

Использование разных методов исследования, учитывающих различные факторы окружающей среды (природные и антропогенные), а также их прямое и косвенное влияние, позволяет приблизиться к пониманию основных движущих факторов динамики относительной численности ключевых видов в Арктической зоне.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № ЕГИСУ НИОКТР № 122021000089-9.

У ЭВРИБИОНТНЫХ ВИДОВ КОЛЛЕМБОЛ ЕСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ, АДАПТИРОВАННЫЕ К НАРУШЕННЫМ УСЛОВИЯМ

А. В. Стрючкова, Н. А. Кузнецова

МПГУ, г. Москва, Россия, e-mail: astr2502@yandex.ru

Многие виды мелких почвенных членистоногих сохраняют достаточно высокую численность и видовое разнообразие при антропогенных нарушениях экосистем. Это в первую очередь относится к широко распространенным эврибионтным видам. Благодаря внедрению молекулярно-генетических методов в почвенную зоологию, для ряда эврибионтных микроартропод было установлено высокое внутривидовое генетическое разнообразие. Связь генетических линий (гаплогрупп) с тем или иным местообитанием была показана для панцирного клеща *Oppiella nova* (Saltzwedel et al., 2014) и коллемболы *Lepidocyrtus lanuginosus* (Zhang et al., 2018).

Мы изучали в этом аспекте еще один космополитически распространенный партеногенетический вид коллембол – *Parisotoma notabilis*, наиболее многочисленный в Европе. Этот вид состоит по меньшей мере из 12 практически неотличимых морфологически линий с генетическими дистанциями межвидового уровня. Нами было показано, что в Европейской части России широко распространены и совместно обитают три линии: L1, L2 и L4-Hebert. Генетическое разнообразие популяций *P. notabilis* было изучено в экологических рядах нарушений экосистем: урбанизации (природный лес – лесопарк – городской газон) и сельскохозяйственного использования земель (косимый луг – залежь – пашня). Показано, что для наиболее нарушенных местообитаний (газоны и поля) характерна максимальная доля в популяциях линии L1, в то время как в ненарушенных лесах и на лугах эта линия практически отсутствует, а преобладающей становится L2. В переходных местообитаниях (лесопарки и залежи) могут совместно встречаться три линии.

Можно предположить, что такая дифференцировка по местообитаниям связана с биологическими особенностями линий и их различной толерантностью к факторам, свойственным нарушенным почвам. Лабораторные наблюдения показали, что индивиды из нарушенных местообитаний (городских газонов, где обитает линия L1) выживают в культуре значительно лучше, а темпы созревания их яиц на треть выше по сравнению с особями других линий из природных лесов. «Городская» линия L1 оказалась более устойчивой, чем «природные» линии, к существованию в условиях постоянно высокой температуры (28–30 °C) и загрязнению пищи тяжелыми металлами (медь, свинец).

Другое наглядное отличие генетической линии L1 от остальных заключается в строении сети гаплотипов. В отличие от разветвленной структуры сетей у линий L2 и L4-Hebert, распределение гаплотипов линии L1 в Европе имеет вид «звездчатой» радиации, т. е. характеризуется одним преобладающим распространенным по всей Европе успешным гаплотипом. Такой тип сети характерен для видов, претерпевших относительно недавнюю популяционную экспансию. Судя по филогенетическому дереву и данным «молекулярных часов», ветвь гаплогруппы L1, действительно, более «молодая» (Saltzwedel et al., 2017). По сравнению с «природными» эта линия обладает чертами r-стратегии: легко выживает в искусственных условиях, имеет более короткий жизненный цикл. Экофизиологические особенности линии (устойчивость к повышенной температуре и загрязненной тяжелыми металлами пище) наряду с r-стратегией можно рассматривать как преадаптации, возникшие намного раньше, чем началось антропогенное преобразование среды.

Таким образом, высокая численность широко распространенного эврибионтного вида *Parisotoma notabilis* обусловлена экологической дивергенцией, по крайней мере, некоторых генетических линий, что позволяет осваивать экотипам различные местообитания. В случае нарушенных почв на первый план выходит рудеральная линия, обладающая r-стратегией.

«ТУНДРА ГЛАЗАМИ ОЛЕНЯ»: ОПЫТ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЛЮДИ–ОЛЕНИ–ПАСТБИЩА–КЛИМАТ

А. Н. Терёхина¹, А. И. Волковицкий¹, С. Ю. Абдульманова¹, П. Т. Орехов^{1,2},
В. Г. Филиппова, К. О. Шкляр, Н. А. Соколова¹, А. А. Соколов¹

¹ Арктический научно-исследовательский стационар Института экологии растений и животных УрО РАН, г. Лабытнанги, Россия, e-mail: terekhina.yamal@gmail.com

² Автономная некоммерческая организация «Полярный Урал»

В Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) выпасается крупнейшее стадо домашнего северного оленя (ок. 620 тыс. – по данным за 2023 г.). Оленеводством занимаются представители коренных народов (преимущественно – ненцы), сохранившие семейное кочевание и уникальные практики выпаса. В связи с этим любые исследования в этой области важны для выработки решений по поддержанию рационального природопользования в регионе.

Каждые 5–10 лет в ЯНАО среди чиновников и ученых возникают дискуссии о «перевыпасе». Оценка оленеёмкости пастбищ до сих пор базируется на нормативах, разработанных для советского оленеводства с его оленеводческими сельхозпредприятиями. Однако в постсоветскую эпоху большинство домохозяйств на Ямале – частные. Кроме того, стремительные климатические изменения последних 30 лет и активное промышленное освоение региона имеют значительное влияние на трансформации социально-экологической системы тундры и ее адаптационный потенциал.

Междисциплинарный проект «Тундра глазами оленя» объединил методы и подходы экологии, геоботаники, ландшафтоведения, социальной антропологии и геоинформационные технологии. Исследовательские вопросы по проекту включают определение предпочитаемых местообитаний оленей на сезонных пастбищах в зависимости от ненецких практик выпаса и погоды, а также другие особенности пищевого поведения. Полевые работы проводились в кустарниковой тундре на юге полуострова Ямал. В партнерстве с оленеводами-частниками весной 2021 г. 24 оленя в двух модельных стадах были помечены ошейниками со спутниковыми передатчиками, проработавшими до осени 2023 г. В течение этих лет мы интервьюировали оленеводов и сами наблюдали за выпасом модельных стад. Ключевой частью исследования было создание карт местообитаний на сезонных пастбищах, для этого были проведены ландшафтные и геоботанические работы на 5 ключевых участках.

Одним из результатов анализа всех типов данных стала количественная оценка уровня контроля пастухов над стадом и пространственно-временное распределение оленей в летне-осенний период (Terekhina et al., 2023). Перемещения оленей мы разделили на 3 степени свободы пищевого поведения: 1 – наиболее интенсивное воздействие, когда олени не кормятся (находятся на территории стойбища или во время перекочевки); 2 – умеренное влияние (когда пастухи направляют и сдерживают движение стада во время дежурства); 3 – свободный выпас (олени остаются без прямого контроля человека в течение 1–3 дней или более). Чем чаще GPS-сигналы попадали на территорию стойбища, тем меньшую площадь занимало стадо на пастбищах в период каждой кочевой стоянки. Наиболее высокий уровень контроля и, следовательно, нагрузки на растительность и почву выпадал на конец июня – начало августа или сезон активности кровососущих насекомых и наиболее высоких температур. В этот период в среднем 21,6% GPS-сигналов приходилось на территорию стойбища, тогда как в сентябре-октябре – 6,5%. Площадь пастбищ, занимаемая оленями в июле, в среднем составляла 26 км², в сентябре-октябре – 105 км².

Данные материалы подготовлены в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН № ЕГИСУ НИОКТР № 122021000089-9.

ПОВЕДЕНИЕ БУРОГО МЕДВЕДЯ В ПОСТБЕРЛОЖНЫЙ ПЕРИОД НА ПОБЕРЕЖЬЕ ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА

П. А. Футоран^{1,2}, Ю. К. Петруненко³

¹ ФБГУН ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск, Россия, e-mail: blaid008@yandex.ru

² ФГБУ Национальный парк «Кенозерский», г. Архангельск, Россия

³ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
г. Санкт-Петербург, Россия

Территория Онежского полуострова характеризуется ландшафтным разнообразием – здесь преобладают елово-сосновые леса, открытые болота и прибрежная зона Белого моря. Сведения о сроках пробуждения и последующем поведении бурых медведей важны для понимания их взаимодействия со средой обитания в период весеннего оживления природы.

Для получения объективных данных о местах залегания бурого медведя в спячку в национальном парке «Онежское Поморье» выполнено тропление бурого медведя в «пенту» в северо-западной части Онежского полуострова в апреле 2023 и 2024 гг., а сведения о сроках пробуждения собраны с 2014 г. Изучение поведения в постберложный период является частью комплексного исследования особенностей экологии бурого медведя на территории Парка.

В ходе работ использовали маршрутный метод – тропление по снегу весеннего наследа медведей от мест залегания в берлоге до основных весенних местообитаний. С использованием GPS-навигатора фиксировались все следы жизнедеятельности животного с последующим описанием и фотофиксацией.

Сроки выхода из берлоги установлены на основе 28 встреч первых после зимы следов медведей на побережье Белого моря. Самый ранний выход из берлоги отмечен в третьей декаде февраля. Наиболее активно медведи выходили из берлоги в марте (всего 16 случаев) – дважды в первой декаде месяца, 5 раз во второй и 9 раз в третьей. Выход из берлоги в апреле отмечен 7 раз (дважды в первой декаде и 5 раз во второй). В мае описано 4 случая выхода из берлоги (по два раза в первой и второй декаде). В 70-е годы, ранние выходы медведей фиксировались в первой декаде апреля (Руковский, 1970), что, вероятно, явилось следствием изменения климата в последние годы.

В ходе проведения исследований было выявлено 6 берлог бурого медведя, которые принадлежали пяти особям. Четыре обнаруженные берлоги были закрытого типа, с длиной камеры $1,625 \text{ м} \pm 0,41 \text{ м}$, шириной – $1,2 \text{ м} \pm 0,16 \text{ м}$, высотой – $0,8 \text{ м} \pm 0,11 \text{ м}$ и диаметром чела – $0,8 \text{ м} \pm 0,1 \text{ м}$. Две берлоги были верховыми открытого типа с диаметром $1,07 \text{ м} \pm 0,08 \text{ м}$. Все берлоги были высланы из частей растений, содранные медведем в радиусе 1–2 м от чела берлоги.

Средняя высота над уровнем моря составила $82,33 \text{ м} \pm 39,1 \text{ м}$, при этом 2 берлоги открытого типа имели минимальные показатели (59 м и 25 м н. у.м.).

Сразу после выхода из берлог все медведи катались по снегу, активно очищая себя от песка или грязи. После этого они нередко оставляли погрызы и задиры на деревьях, проводя примерно от 1 до 4 суток вблизи логова, что было установлено по наличию лежек на небольшом удалении от берлоги. Обычно для отдыха медведи чаще предпочитали склоны южной экспозиции, лучше прогреваемые солнцем. Через 1–4 дня после выхода из берлоги звери целенаправленно перемещались к местам кормежки на побережье моря, делая регулярные остановки для отдыха. В ходе своего пути медведи оставляли метки, включая ломаные деревья и покопки. В некоторых случаях медведи использовали имеющиеся следы снегоходов для экономии энергии.

Основным объектом питания на побережье были выбросы водорослей, которые медведи выкапывали, как правило, в ночное время суток. Также отдельные особи обходили припайный лед в поисках морских млекопитающих (кольчатая нерпа, морской заяц).

ПРИРОДНООЧАГОВЫЕ ИНФЕКЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМЫЕ ИКСОДОВЫМИ КЛЕЩАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

И. С. Холодилов^{1,2}, О. А. Белова², Л. Ю. Романова², Л. А. Беспятова¹, А. С. Кузнецова¹,
А. Г. Литов², А. С. Калянова^{1,2}, Л. В. Гмыль², А. Е. Полиенко², А. С. Яковлев^{1,2},
С. В. Бугмырин¹, Г. Г. Карганова²

¹ Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия, e-mail: sbugmyr@mail.ru

² ФНЦИРИП им. М. П. Чумакова РАН» (Институт полиомиелита),
пос. Института полиомиелита, г. Москва, Россия

Иксодовые клещи (Acarina, Ixodidae) являются переносчиками возбудителей опасных заболеваний человека и животных, в том числе вирусов, таких как вирус клещевого энцефалита (ВКЭ), и бактерий (*Borrelia burgdorferi sensu lato*, *Rickettsia* spp., *Anaplasma* spp., и *Ehrlichia* spp.) Основными видами, определяющими эпидемиологическую ситуацию на Северо-западе РФ, остаются *Ixodes ricinus* и *I. persulcatus*. Республика Карелия является территорией совместного обитания этих близкородственных видов иксодовых клещей. В последние годы наблюдаются существенные изменения в численности и распространении *I. ricinus* и *I. persulcatus*, сопровождающиеся расширением зон их симпатрии, прежде всего за счет продвижения *I. persulcatus* на запад. В ходе выполнения многолетних исследований (с 2007 по настоящее время), нами были получены новые данные по зараженности иксодовых клещей в Карелии различными патогенами, в том числе и новыми вирусами с неясным патогенным потенциалом. В результате были идентифицированы сибирский генотип ВКЭ, вирус Алонгшан, несколько представителей вирусов семейства *Phenuiviridae*, боррелии *Borrelia afzelii* и *Borrelia garinii*, *Ehrlichia muris*, *Candidatus Rickettsia tarasevichiae* и *Candidatus Lariskella arthropodarum*. Показано важное эпидемиологическое значение *I. persulcatus* как основного переносчика клещевых инфекций в Карелии. Более низкая встречаемость боррелий у *I. persulcatus* отмечена в западных районах Карелии, где этот вид отсутствовал 50 лет назад. ВКЭ детектирован во многих районах Карелии, где был обнаружен *I. persulcatus*, включая самые северные и западные точки. В настоящее время на ВКЭ не выявленного-западе Карелии. Этот регион пока остается единственным в Карелии, где доминирует *I. ricinus*, у которого ВКЭ зарегистрирован только в местах совместного обитания с *I. persulcatus*. В целом особенности эпидемиологической ситуации в Карелии определяется широким распространением *I. persulcatus*, его высокой численностью и высокой зараженностью вирусными и бактериальными инфекциями в большинстве районов республики. Учитывая тенденции, связанные с распространением иксодовых клещей на север, можно ожидать и расширение нозоареала переносимых ими инфекций в Карелии.

Исследования выполнены при поддержке РНФ и ФВИ (грант № 23-14-20020, <https://rscf.ru/project/23-14-20020/>).

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ЗАРАЖЕННОСТЬ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ ТРЕМАТОДОЙ *BILHARZIELLA POLONICA* (СЕМ. SCHISTOSOMATIDAE) ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Г. А. Яковлева

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: galina_il87@mail.ru

Мигрирующие птицы являются важнейшим и наиболее динамичным компонентом водно-болотных экосистем. Они играют важную роль в функционировании водоёма как единого целого. Благодаря этому формируется разнообразие и динамика их паразитофауны, среди которых есть виды способные вызывать различные заболевания у животных и человека. К таким видам относятся шистосомы – паразиты кровеносной системы птиц, имеющие сложный жизненный цикл, включающий моллюсков и водно-болотных птиц. Церкарии этих паразитов способны проникнуть через кожу человека, вызывая аллергическую реакцию или церкариозный дерматит (Horák, Kolářová, 2000; Беэр, Воронин, 2007; Хейдорова, 2012 и др.).

В Европейской части России наиболее часто встречаются церкариозные дерматиты, вызываемые представителями группы *Trichobilharzia ocellata* и *Bilharziella polonica*. Карелия в отношении птичьих шистосоматид, распространения их в промежуточных и окончательных хозяевах, изучена слабо.

Птицы были добыты в разрешенных местах для отстрела в сезоны охоты, а также были использованы особи, погибшие в рыболовных садках, ставных сетях в течение весеннего и осеннего сезонов охоты в бассейнах Ладожского и Онежского озер в 2010–2020 гг. Всего было исследовано 398 особей 43 видов 10 различных семейств. Паразитологическое обследование птиц проводили согласно М. Н. Дубининой (1971). На наличие гельминтов исследовали желудок, сердце, печень, почки, легкие и трахею, вскрытия головного и спинного мозга не проводилось.

В результате исследования установлено, что основными носителями инвазии трематодой *Bilharziella polonica* являются кряква, чирок-свиистунок и обыкновенный гоголь на водно-болотных угодьях Южной Карелии. Это связано с экологическими особенностями видов птиц и физиологической приуроченности к ним исследуемого паразита. Интенсивность заражения различных видов птиц варьировала от 1 до 334 особей. Полученные данные по зараженности и распределению шистосоматиды у птиц соотносятся с литературными, характерными для Палеарктики. Однако наблюдаются некоторые отличия, которые могут быть также связаны с глобальным потеплением и быстро идущим процессом синантропизации и увеличением численности видов в городской среде.

Наши данные указывают на важность изучения шистосом, так как угроза здоровью, связанная с шистосоматидными трематодами, требует дальнейшего изучения путем постоянного мониторинга паразитов на всех стадиях цикла развития.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования ФИЦ «КарНЦ РАН» в рамках госзадания № FMEN-2022-0005.

АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ЗАЙЦА-БЕЛЯКА (*LEPUS TIMIDUS* L.) В КАРЕЛИИ

Т. И. Янченко, К. Ф. Тирронен

Институт биологии КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: tanyayanchenko2001@mail.ru

Заяц-беляк один из популярных объектов охоты в Республике Карелия, причем в недавнем прошлом, весьма многочисленный. Однако последние десятилетия наблюдается выраженная тенденция к снижению численности вида. Это побудило нас попытаться проанализировать причины наблюдаемых изменений.

Циклический тип динамики численности выражается в изменениях количества особей в популяциях, происходящих с определенной регулярностью. Имеющиеся литературные данные по численности зайца-беляка в Карелии указывают на наличие периодических 9–11-летних колебаний (Ивантер, 1969; Белкин, 2014; Данилов, 2017) в виде выраженных спадов и подъемов численности в первой половине двадцатого века. Однако, с середины 1970-х годов, наблюдается общая тенденция снижения численности вида, с затуханием характерных регулярных пиков. Целью данной работы является анализ особенностей динамики численности зайца-беляка в Карелии и поиск возможных факторов, определяющих ее характер.

В работе были использованы данные зимних маршрутных учетов охотничьих животных в Карелии из архива лаборатории зоологии за период с середины 1960-х гг. по настоящее время. Исходя из того, что динамика численности животных определяется рядом абиотических и биотических факторов, мы попытались вычленить существенные для зайца-беляка, с учетом возможности их количественного анализа. Аналитическая часть исследования базировалась на применении ряда статистических методов: анализ главных компонент были выполнен в среде Past; корреляционные, регрессионный анализы и построение обобщенных моделей (GLM) выполнялись в среде R.

Примененный в работе метод главных компонент подтверждает наличие периодических изменений популяции зайца продолжительностью 8–10 лет в период с 1966 по 1985 годы, после чего численность беляка пошла на спад, а прежние пики не имеют четкой выраженности, что указывает на изменение закономерностей хода динамики популяции.

Среди биотических факторов изменения численности зайца-беляка могут определяться взаимоотношениями в системе «хищник-жертва», поскольку беляк входит в рацион многих плотоядных зверей. Анализ результатов корреляционного анализа демонстрирует наличие сильных связей между зайцем и рысью в период с 1985 по 2018 в северной (0.75) и средней (0.78) тайге ($p=0.05$), лисцей с 1965 по 2018 в северной (0.805) и средней (0.808) тайге ($p=0.05$) и волком в средней тайге (0.85, $p=0.05$) – 1985 по 2018 годы. Проведение регрессионного анализа и построение обобщенных линейных моделей демонстрируют наличие зависимости динамики численности хищников от состояния популяции жертв.

Из перечня абиотических факторов акцент сделан на метеорологических условиях – показателях осадков и температуры весной, образовании устойчивого снежного покрова осенью. Предполагается, что возвраты заморозков поздней весной и в целом дождливая и холодная погода, оказывают пагубное воздействие на молодняк, а ранние заморозки осенью стимулируют начало линьки беляка до формирования постоянного снежного покрова. В случае оттепелей, отсутствие снега поздней осенью будет демаскировать зайцев, что ведет к усилению пресса со стороны хищников и, вероятно, человека.

АВТОРСКИЙ ИНДЕКС

- Абдульманова С. Ю. – **117**, 142
Айбулатов С. В. – 134
Алексеев И. Т. – **118**
Алехина И. А. – 130
Аникиева Л. В. – **62**, 65
Анищенко О. В. – 80
Анищенко Ю. Д. – **80**
Антонова Е. Е. – 137
Антонова Е. П. – **24**, 40, 41
Ануфриев А. И. – 31
Артемьев А. В. – 47
Аторин Д. А. – **25**
Афанасьева Л. В. – 94
- Бабкина О. А. – 45
Багрова О. Е. – 17
Баишникова И. В. – **26**
Балан О. В. – **27**
Барышев И. А. – **119**
Барышева О. Ю. – 27
Батова Ю. В. – **81**, 113
Белимов А. А. – 130
Белкин В. В. – **36**, 41
Белова О. А. – 144
Белоконь М. М. – 46
Белоконь Ю. С. – 46
Бельдиман Л. Н. – 117
Беспятова Л. А. – **120**, 134, 144
Бижанова Н. Э. – **121**
Бирицкая С. А. – 64, 68
Богданова Е. С. – **82**, 101
Бородин А. В. – **20**, 29
Брякова М. А. – **28**
Бугмырин С. В. – 62, 120, 134, 144
Булычева С. В. – **29**
Бурханова Г. Ф. – 86
Бухаева Л. Б. – 64, 68
- Васильева А. В. – 75
Васильева И. В. – 84
Венжик Ю. В. – **83**
Вертикова Е. А. – 109
Ветчинникова Л. В. – **84**
Владимирова В. А. – **85**
- Волковицкий А. И. – 117, 140, 142
Вольперт Я. Л. – **15**
Воронин В. П. – 99, 107
Высоцкая Р. У. – **63**
- Габдрахманова В. Ф. – **86**, 110
Глазов П. М. – 45
Гмыль Л. В. – 144
Головина Е. О. – 135
Голосова О. С. – **30**
Голубец Д. И. – 64, 68
Голубкина Н. А. – **87**
Горбач В. В. – 65
Горбунова А. М. – **122**
Горелышева Д. И. – 35
Гулигуев А. Т. – 64, 68
Гулигулев А. Т. – 69
Гуро П. В. – 130
- Давидович Н. А. – 99
Денисенко С. Г. – 123
Дерябин А. Н. – 83
Добычина Е. О. – 108
Домский И. А. – 44
Дубовец Н. И. – 103
Дубровина И. А. – **124**
Дуданова О. П. – 25
- Евсеева Д. А. – **88**
Егоров Ю. А. – 137
Егорова П. С. – 137
Ермолаева Я. К. – **64**, 68
Ефимова Д. И. – **89**
Ефремов Д. А. – 65
Ефремова А. В. – 118
- Жамсаранова С. Д. – 125
Жданов И. А. – 68
Жукова К. В. – 83
Жулай Г. А. – 25, 54
- Заболоцкая А. П. – 137
Заинчковская А. Н. – **90**
Зайнагутдинова Э. М. – 45

- Зайцева И. А. – 32
 Зайцева О. В. – 70
 Зарецкая М. В. – **91**
 Захаров Е. С. – 31
 Захарова А. С. – 109
 Захарова Н. Н. – **31**
 Зилов Е. А. – 64
 Злобин Д. П. – **126**
 Знаменский С. Р. – **127**
 Зубкович А. А. – 90
- Иванова Е. А. – 80
 Игнатенко А. А. – **92**, 102
 Игнатенко Р. В. – 92
 Иешко Е. П. – **65**
 Икконен Е. Н. – **93**
 Ильина Т. Н. – 26
 Ильмаст Н. В. – 63, **66**
 Илюха В. А. – 26, 32, 33, 41, 42
 Иноземцев К. О. – 105
- Казимиров П. А. – 46
 Казнина Н. М. – **81**, 92, 102, 103, 107,
 112, 113
 Калинина С. Н. – **32**, **33**, 42
 Калининкина Д. С. – **128**
 Калугина О. В. – **94**
 Калянова А. С. – 144
 Кантарбаев С. С. – 121
 Канцерова Л. В. – **129**
 Канцерова Н. П. – 75
 Капитонов В. И. – **34**
 Карамушко Л. И. – **67**
 Карамушко О. В. – 67
 Карганова Г. Г. – 144
 Карлов Д. С. – **130**
 Карманов А. П. – 95
 Карманова Т. Н. – 18, **35**
 Карнаухов Д. Ю. – 64, 68
 Кацман Е. А. – 18
 Кижина А. Г. – 33, **36**
 Киряков А. А. – **131**, 140
 Клиндух М. П. – 108
 Кодатенко И. Д. – 64
 Козминский Е. В. – 74, **132**
 Корнева В. А. – 54
 Королев А. Н. – **133**
 Космачевская О. В. – 17
- Кочева Л. С. – **95**
 Кочерова Н. А. – **134**
 Кочетков И. М. – 83
 Кочнева А. А. – 75
 Кошеваров А. А. – 87
 Крашенинникова О. В. – 117
 Кретьова А. Ю. – **37**
 Крупнова М. Ю. – 72
 Кузмицкая П. В. – **96**
 Кузнецова А. С. – **38**, 144
 Кузнецова И. Г. – 130
 Кузнецова М. В. – 71, 72, 77
 Кузнецова Н. А. – 141
 Кульбачная Н. А. – 64, 68
 Курбатова И. В. – 25, 54
 Курицын А. Е. – 71, 72
 Кутенков С. А. – **135**
 Кучарова Е. В. – 137
- Лавникова А. В. – 64, **68**
 Лапшин Н. В. – 47
 Лебедева Д. И. – 62, 75
 Лебедева С. Н. – 125
 Лёвкин И. А. – **97**
 Литвин К. Е. – 45
 Литвинчук Л. Ф. – **136**
 Литов А. Г. – 144
 Лощагина Ю. А. – 45
 Лысенко Л. А. – 75
 Лябзина С. Н. – 126
- Максимов И. В. – 86, 110
 Малышева И. Е. – 27
 Мамаев А. В. – **98**
 Манойлова Д. И. – **99**
 Марданшин И. С. – 110
 Марковец М. Ю. – 57
 Марусенко И. М. – 27
 Масленникова М. А. – 64, 68
 Матанцева М. В. – **39**, 47
 Матвеева Е. М. – 128
 Мещерский С. И. – 18, 35
 Миловидова И. В. – 68
 Милько Л. В. – 103
 Милянчук Н. П. – 66, 75
 Миронов В. Л. – **100**
 Морозов А. В. – **40**
 Морозова К. В. – 85, 88

Мошкина Е. В. – 124
 Мурзина С. А. – 63, 72, 99, 107
 Муцкий А. А. – **40**

Нарайкина Н. В. – 83
 Немова Н. Н. – 71, 72, 77
 Непокрытых А. В. – 68
 Неронова Я. А. – 106
 Нестеров В. Н. – 82, **101**
 Нилова И. А. – **102**

Овчинникова С. В. – 93
 Однокурцев В. А. – 118
 Олейников А. Ю. – 121
 Олимова А. Б. – 64
 Орехов П. Т. – 117, 142
 Орловская О. А. – **103**
 Осадчий Б. В. – 68
 Охлопкова Ж. М. – **137**
 Охлопкова Т. М. – 137
 Охолина А. И. – 64, 68

Панова Э. В. – 32, **42**
 Панченко Д. В. – 32, **43**
 Парфенова Е. И. – **104**
 Паршуков А. Н. – 65
 Пеккоев А. Н. – 106
 Перевозчикова М. А. – **44**
 Петров С. А. – **70**
 Петруненко Ю. К. – 143
 Печорина Э. Ф. – 33
 Платова Н. Г. – **105**
 Плотников И. С. – 74
 Плотникова У. Д. – 87
 Покровская О. Б. – 140
 Полиенко А. Е. – 144
 Поликарпова Д. Р. – **45**
 Политов Д. В. – **46**
 Полякова С. Л. – 99
 Пономарев А. Г. – 84
 Поспелов И. Н. – 130
 Поспелова Е. Б. – 130
 Потапов Г. С. – **138**
 Придача В. Б. – **106**
 Протасова А. В. – 43
 Протопопова А. Е. – 137

Разгонова М. П. – 137

Рачкова Н. Г. – 95
 Ревель-Муроз А. Ж. – 76
 Репкина Н. С. – 99, **107**
 Родин М. А. – **71, 72**
 Розенцвет О. А. – **16**, 82, 101
 Романова Л. Ю. – 144
 Рубаева А. А. – 114, 115, **139**
 Рубан К. К. – 64
 Рыжик И. В. – **108**
 Рэчилэ Д. Г. – 64
 Рябина О. М. – 46

Савосин Д. С. – 66
 Сазанова А. Л. – 130
 Сазонова Т. А. – 106
 Саловаров К. В. – 64, 68
 Сафронова В. И. – 130
 Семенова Л. И. – 106
 Семенова М. А. – 31
 Семин Д. Е. – 106
 Сергеев А. А. – 44
 Сивунова Д. Д. – 78
 Симагин А. Д. – **109**
 Симагина А. С. – 109
 Симонов С. А. – 39, **47**
 Смирнова Е. В. – **73**
 Смуров А. О. – **74**
 Соколов А. А. – **48**, 56, 131, 140, 142
 Соколов В. А. – 48
 Соколов С. Г. – 65
 Соколова Н. А. – 48, **49**, 56, 131, 140, 142
 Сорокань А. В. – 86, **110**
 Сорокин П. А. – 49
 Стерлигова О. П. – 66
 Стрючкова А. В. – **141**
 Суров А. В. – 18
 Суслов В. В. – **50**
 Суховская И. В. – **75**
 Сучков Д. Р. – **51**
 Сущук А. А. – 128

Такаишвили В. В. – **111**
 Талала М. С. – 46
 Тарелкина Т. В. – 106
 Таскина К. Б. – **112**
 Татаринова Т. Д. – 84
 Терёхина А. Н. – 117, 140, **142**
 Тирронен К. Ф. – 38, **52**, 146

- Титов А. Ф. – 84, 98, 115
 Толстогузов А. О. – 47, **53**
 Топунов А. Ф. – 17
 Топчиева Л. В. – 25, **54**
 Торгашкова О. Н. – 89, 111
 Трапезов О. В. – **21**, 42
 Туманик Н. В. – 106
- Успенская М. Г. – 83
 Урбанович О. Ю. – 90, 96
 Федоренко О. М. – 91
 Фёдоров Ф. В. – **55**
 Феоктистова Н. Ю. – **18**, 35
 Филимонова Л. В. – 135
 Филиппова В. Г. – 142
 Фомина Е. А. – 90
 Футоран П. А. – **143**
 Фуфачев И. А. – 48, **56**, 131, 140
- Халин А. В. – 134
 Хижкин Е. А. – 36, 40, 41
 Хлебович В. В. – 74
 Хлебосолова О. А. – 87
 Холодилов И. С. – **144**
 Холодова М. В. – **22**, 30
 Холопцева Е. С. – 81, 102, **113**
 Хрусталева А. М. – **76**
- Чаус С. А. – 67
- Шадрина Е. Г. – 15
 Шапкин О. А. – 57
 Шаповал А. П. – 57
 Шапошникова Л. М. – 95
 Шерудило Е. Г. – 97, 98, **115**, 116, 139
 Шибаева Т. Г. – 97, 98, 115, **116**, 139
 Ширеторова В. Г. – 125
 Шкляр К. О. – 141
 Шмакова Н. Ю. – 139
 Шульгина Н. С. – 71, **77**
 Шуршаков В. А. – 105
- Щеховский Е. А. – **58**
- Эрдынеева С. А. – 125
- Якимова А. Е. – 26, 29, **59**
 Яковлев А. С. – 144
 Яковлева Г. А. – **145**
 Яковлева Е. Ю. – **78**
 Яковлева М. В. – **60**
 Ялковская Л. Э. – 29
 Янченко Т. И. – **146**
 Ярошевич А. В. – 90
- Kochneva A. A. – 69
 Lebedeva D. I. – **69**
 Sukhovskaya I. V. – 69
 Zaitsev D. O. – 69