



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 1-2
(159-160)

В номере

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ 2010 г.

Дегтева С. Основные итоги научной, научно-организационной и финансовой деятельности Коллектива Института биологии в 2010 г.	2
Шубина Т. Информация о проведении и участии в работе конференций, симпозиумов, семинаров, школ	9
Шубина Т. Сведения об экспедиционных работах	12
Пономарев В. Международное сотрудничество Института биологии в 2010 г.	18

СТАТЬИ

Головко Т., Дымова О., Яцко Я. Сезонные изменения пигментного комплекса вечнозеленых растений бореальной зоны	22
Головко Т., Табаленкова Г., Далькэ И., Захожий И., Григорай Е., Буткин А. Продуктивность, пищевая ценность и антиоксидантная активность зеленых культур защищенного грунта на севере	28
Шосталь О., Москалев А. Роль генов стресс-ответа в изменении продолжительности жизни <i>Drosophila melanogaster</i> при различных режимах освещения	31
Носкова Л., Шуктомова И. Влияние физико-химического и механического составов техногенно загрязненных почв на миграцию урана, радия и тория	36

Издается
с 1996 г.

Главный редактор: к.б.н. А.И. Таскаев

Зам. главного редактора: д.б.н. С.В. Дегтева

Ответственный секретарь: И.В. Рапога

Редакционная коллегия: д.б.н. В.В. Володин, д.э.н., д.т.н. А.Н. Киселенко, к.х.н. Б.М. Кондратенко, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. Е.Н. Мелехина, д.б.н. А.А. Москалев, к.б.н. А.Н. Петров, к.с.-х.н. Н.В. Портнягина, д.б.н. Г.Н. Табаленкова, к.с.-х.н. А.Л. Федорков, к.б.н. И.Ф. Чадин, к.б.н. Т.П. Шубина



ОСНОВНЫЕ ИТОГИ НАУЧНОЙ, НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И ФИНАНСОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОЛЛЕКТИВА ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ В 2010 г.

Анализ результатов научной, научно-организационной и финансовой деятельности коллектива Института биологии в 2010 г. показывает, что она была стабильной. Это стало возможным прежде всего благодаря огромному опыту, активной научно-организационной деятельности директора Анатолия Ивановича Таскаева, возглавлявшего Институт более 20 лет. Его скоростной безвременный уход из жизни 17 ноября 2010 г. стал невосполнимой утратой не только для коллектива, но и всего научного сообщества. В минувшем году ушли из жизни наши коллеги. В мае 2010 г. скончался д.б.н. Вячеслав Пименович Мишуров, внесший значительный вклад в развитие отдела Ботанический сад. Мы простились с ветеранами нашего Института – Ниной Степановной Поповой и Геннадием Михайловичем Истоминым.

Спектр тематики исследований, как и в предыдущие годы, был обширным. За счет средств различных источников финансирования выполнены научные изыскания по 191 теме. В 2010 г. специалисты Института проводили фундаментальные исследования по девяти госбюджетным темам, которые соответствуют основным направлениям теоретических и экспериментальных работ Института, утвержденных постановлениями Президиума УрО РАН и основным направлениям фундаментальных исследований РАН. Успешно реализованы планы работ по 16 темам, получившим дополнительное бюджетное финансирование по линии программ Президиума и отделений РАН, целевым программам поддержки междисциплинарных и инновационных проектов, сотрудничества между ДВО, СО и УрО РАН, трем темам, финансируемым за счет федеральных целевых программ, двум – за счет региональных программ. Средствами РФФИ поддержаны девять инициативных проектов.

В истекшем году коллективом получены следующие приоритетные фундаментальные результаты.

Специалистами отдела радиэкологии впервые проведен анализ многолетней (1962–2010 гг.) динамики миграции естественных радионуклидов (урана, радия и тория) на территории, загрязненной отходами радиевого производства (Республика Коми). Установлено, что максимальное количество ^{226}Ra сосредоточено в почвенных фракциях с наиболее высоким содержанием органического вещества и глинистых минералов группы смектита. Результаты исследований найдут применение при разработке научно обоснованных рекомендаций по реабилитации территорий, загрязненных радионуклидами (к.б.н. Л.М. Носкова, к.б.н. И.И. Шуктомова, к.б.н. Н.Г. Рачкова).

Сотрудниками этого же отдела (д.б.н., доц. А.А. Москалев, к.б.н. О.А. Шосталь) показано, что образование дополнительного количества активных форм кислорода и повреждение молекулы ДНК вно-

сит непосредственный вклад в уменьшение продолжительности жизни на свету. Установлен FOXO-зависимый механизм увеличения продолжительности жизни дрозофил в темноте. Предложена концептуальная модель механизмов влияния изменения длины светового дня на продолжительность жизни.

По итогам этих работ в 2010 г. защищены кандидатские диссертации.

Традиционным направлением исследований многих специалистов Института является изучение биологического разнообразия на различных уровнях организации: видовом, ценоотическом, экосистемном. В этой области получены следующие наиболее значимые фундаментальные результаты.

Учеными лаборатории биохимии и биотехнологии совместно со специалистами Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН впервые реконструирована молекулярная филогения трибы Cardueae семейства Asteraceae. Выявлены связи между распространением фитоэкдистероидов (структурных аналогов гормонов линьки насекомых) и филогенетической классификацией растений представителей трибы Cardueae. Установлено, что виды с высоким содержанием экдистероидов образуют кладу, включающую в себя филогенетически близкие роды *Rharrhacanthus*, *Serratula*, *Acroptilon*, *Amberboa* и некоторых представителей рода *Centaurea* (зав. лаб. д.б.н., проф. В.В. Володин, к.б.н. С.О. Володина; асп. Д.М. Шадрин, асп. Я.И. Пылина).

Специалисты отдела флоры и растительности Севера обобщили данные о флоре листопадных мхов Приполярного Урала, представленной 266 видами (56 % общего числа таксонов, известных для территории Республики Коми). Сведения о географической структуре позволяют охарактеризовать бриофлору региона как горно-бореальную со значительным участием арктоальпийских, гипоарктогорных видов. Ее оригинальные черты подчеркивают находки редких, охраняемых видов мхов, имеющих немногочисленные популяции (д.б.н. Г.В. Железнова).

В отделе Ботанический сад подведены итоги интродукции образцов и сортов жимолости голубой на европейском северо-востоке России. Дана сравнительная оценка степени устойчивости в культуре образцов из местной флоры и сортов, полученных из разных природно-климатических зон, выявлены закономерности изменчивости биоморфологических показателей в природе и культуре. Выделены перспективные образцы, обладающие хозяйственно ценными признаками, для практического использования и селекции. Разработаны научно обоснованные рекомендации культивирования *Lonicera caerulea* на Севере (м.н.с. М.Л. Рябинина, зав. отд. к.б.н., доц. К.С. Зайнуллина).

В отделе экологии животных обобщены результаты многолетних исследований авифауны европейского северо-востока России, включающей 258 видов из 17 отрядов. Установлены причины изменений орнитофауны за последние 80 лет. Показано, что сельскохозяйственное освоение, интенсивное лесопользование и расширяющаяся урбанизация способствуют продвижению на север видов, ранее характерных для более южных и западных регионов. Изменение климата приводит к смене сроков миграций и увеличению степени оседлости ряда видов (зав. лаб. к.б.н. С.К. Кочанов, вед. инж. Н.П. Селиванова).

К.б.н. В.И. Пономаревым проанализированы данные об ихтиофауне более 100 горных озер западных склонов Приполярного и Полярного Урала, представленной 16 видами рыб из девяти семейств. Для большинства озер выявлено ярко выраженное своеобразие видового состава и внутривидовой структуры, обусловленное ледниковой историей Урала и взаимным влиянием сибирской и европейской фаун в зоне их контакта на границе водосборов рек Печора, Обь и Кара.

К.б.н. О.А. Лоскутовой в результате углубленного изучения зообентоса озер Приполярного Урала выявлено около 300 видов из 10 групп гидробионтов. Установлена зависимость таксономического разнообразия донной фауны от гидрологического типа озер: наименьшие показатели численности и биомассы бентоса наблюдаются в верховых озерах, возрастая вниз по цепочке связанных между собой водоемов. Данные могут быть использованы при мониторинге водных экосистем Урала и в рыбохозяйственных целях.

Издан ряд обобщающих сводок по проблеме биологического разнообразия.

Специалистами отдела флоры и растительности Севера к.б.н., доц. Л.В. Тетерук, к.б.н. И.А. Кирилловой в результате многолетних исследований установлены особенности биологии и экологии 26 охраняемых видов растений, включая эндемики европейского северо-востока России, Урала и арктического региона. Уточнены их распространение, эколого-фитоценотическая приуроченность, структура и активность самоподдержания ценопопуляций. Впервые диагностированы онтогенетические состояния для лядвенца печорского, смолевки малолистой, кастиллеи воркутинской, мака югорского. На основании данных морфолого-популяционного изучения уточнен видовой состав рода пальчатокоренник на территории Печоро-Илычского заповедника, составлен ключ для определения видов. Результаты исследований опубликованы в двух монографических сводках.

В монографической работе «Птицы Малоземельской тундры и дельты Печоры» (авторы д.б.н. Ю.Н. Минеев, к.б.н. О.Ю. Минеев) обобщены сведения об орнитофауне. Выявлен таксономический состав (187 видов из 16 отрядов), установлены границы распространения, определена численность и выяснены экологические особенности жизнедеятельности птиц. Описаны и предложены для включения в перспективный список Рамсарской конвенции ключевые водно-болотные угодья, в том числе проточные и пресные водоемы, морские акватории и заливы.

В монографии коллектива авторов «Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна р. Кожым (северная часть национального парка «Югыд ва»)» (отв. ред. к.б.н., доц. Е.Н. Патова) приведены сведения о флоре и фауне водных и наземных экосистем, структуре растительного покрова горно-тундрового пояса бассейна одного из крупных водотоков Приполярного Урала. Проанализированы последствия антропогенного воздействия на природные комплексы, связанного с разработкой месторождений полезных ископаемых и оленеводством. Современное состояние охраняемых природных ландшафтов в бассейне р. Кожым оценено как удовлетворительное.

Продолжено издание серии «Биологическое разнообразие особо охраняемых природных территорий Республики Коми». В монографии «Природные комплексы заказника «Хребтовый» (отв. ред. д.б.н. С.В. Дегтева, к.б.н., доц. Е.Н. Патова) подведены итоги инвентаризации сообществ и экосистем, их видового разнообразия в границах резервата. Состояние наземных экосистем оценено как близкое к естественному. В границах охраняемой территории зарегистрированы популяции редких видов лишайников, водорослей, мхов, сосудистых растений, насекомых и птиц, занесенных в Красные книги Российской Федерации и Республики Коми. Термокарстовые и ледниковые озера, а также ручьи и реки заказника отражают фоновый статус водных объектов. Подтверждена целесообразность функционирования заказника в целях сохранения в первозданном виде уникальных природных комплексов и поддержания биоразнообразия горных экосистем Полярного Урала.

В 2010 г. были продолжены исследования по направлению «Экология организмов и сообществ». Специалистами отдела лесобиологических проблем Севера (д.б.н., проф. К.С. Бобкова, м.н.с. М.А. Кузнецов) впервые установлено, что запасы органического углерода в экосистемах коренных заболоченных ельников на болотно-подзолистых почвах европейского Северо-Востока составляют 143–185 т/га и распределяются в равных долях в почвенном и растительном резервуарах. Количественно оценены продукционно-деструкционные процессы органической массы в системе фитоценоз–почва. В формировании нетто-продукции 2.8–3.3 т С га/год вклад древесных растений составляет 82–84 %. С поверхности торфянисто-подзолисто-глеевой почвы заболоченных ельников выделяется в среднем 2.69 т С га/год. В годичном цикле круговорота углерода среднетаежный старовозрастной ельник чернично-сфагновый является резервуаром для стока углекислого газа. Чистая экосистемная продукция (NEP) составляет 0.36 т С га⁻¹год⁻¹.

Впервые дана характеристика структурно-функциональной организации фотосинтетического аппарата видов р. *Juniperus*, произрастающих в лесных и горно-лесных сообществах европейского северо-востока России. У можжевельника обыкновенного, произрастающего под пологом еловых насаждений, отмечено увеличение концентрации пигментов и доли хлорофилла в светособирающих комплексах хвои. Клетки хвои можжевельника сибирского из горно-лесных сообществ характеризуются более раз-

витой системой хлоропластов и низким содержанием пластидных пигментов. Несмотря на различия в структуре ассимиляционного аппарата, скорость видимого фотосинтеза у изученных видов можжевельника имеет близкие значения. Полученные результаты найдут применение при оценке роли можжевельников в фотосинтетической продуктивности лесных сообществ на Севере и решении вопроса о систематическом положении видов р. *Juniperus* (к.б.н. Н.В. Герлинг, зав. отд. д.б.н. С.В. Загирова).

Учеными лаборатории экологической физиологии растений (зав. лаб. д.б.н., проф. Т.К. Головки, к.б.н. О.В. Дымова, к.б.н. Я.Н. Яцко) установлены закономерности изменения количественного и качественного состава фотосинтетических пигментов в годичном цикле пяти видов вечнозеленых растений бореальной зоны. Максимум накопления зеленых пигментов в листьях отмечали осенью, минимум – весной, что свидетельствует об окислительной деструкции части хлорофиллов. Выявлено подавление потенциальной фотохимической активности фотосистемы 2, транспорта электронов и ассимиляции CO₂ в зимне-весенний период. Доказано участие зеаксантин-зависимого механизма в защите фотосинтетического аппарата. У зимующих под снежным покровом растений травяно-кустарничкового яруса степень ингибирования фотосинтетического аппарата была ниже, чем у видов хвойных. Полученные результаты углубляют представления об эколого-физиологических и биохимических адаптациях вечнозеленых растений на Севере.

В карстовых ландшафтах Среднего Тимана изучено разнообразие почв в зависимости от глубины залегания карбонатных пород, их пространственного распространения, проявления эрозионных процессов. Показано, что на вершинах увалов под елово-березовыми зеленомошными лесами формируются типичные глееподзолистые почвы, на склонах под ельниками травяными развиты буроземы грубогумусовые и карболитоземы, в карстовых воронках под травянистой растительностью – серогумусовые (дерновые) почвы. Влияние зонального фактора прослеживается в специфике системы гумусовых веществ – во всех типах почв формируется дисперсный, подвижный гумус с преобладанием фульвокислот. Выделены редкие и исчезающие почвы, предложены рекомендации по их охране (отдел почвоведения: к.б.н. С.В. Денева).

В монографии «Полигенез и эволюция почв Субарктического сектора», подготовленной д.б.н. Г.В. Русановой, обобщены данные о современных полигенетических и погребенных голоценовых почвах Большеземельской тундры. Установлено классификационное положение почв, описаны основные элементарные процессы почвообразования, определен возраст погребенных почв с использованием ¹⁴C-датирования, выявлены стадии педогенеза в зависимости от изменения палеоклиматических условий, наличия или отсутствия осадконакопления.

Специалистами отдела почвоведения и экоаналитической лаборатории (к.б.н. М.И. Василевич, зав. лаб. д.с.-х.н., проф. В.А. Безносиков, зав. лаб. к.х.н., доц. Б.М. Кондратенко) для таежной зоны европейского северо-востока России выявлены за-

кономерности формирования макро- и микрокомпонентного состава снежного покрова, которые выражаются в статистически достоверной широтной дифференциации их распределения с юга на север, низкой минерализации и кислой реакции среды. Предложен критерий дальнего переноса веществ: соотношение содержания растворимых и малорастворимых соединений металлов. Создана карта-схема пространственного распределения химических компонентов в снежном покрове, которая позволила выявить зоны техногенного воздействия.

В результате совместных исследований специалистов лаборатории биохимии и биотехнологии (к.б.н. Д.В. Тарабукин) и ученых Института химии Коми НЦ УрО РАН впервые показано, что введение в реакционную среду модифицированных полисахаридов (хитозан, карбоксиметилхитозан, сульфат хитозана, дезоксиаминобутилцеллюлоза) при ферментативном гидролизе крахмала ингибирует действие эндо- и экзоамилаз за счет полисахаридов с положительно и отрицательно заряженной цепью соответственно. Обнаруженные эффекты могут быть использованы для создания композитных материалов на основе крахмала, хитозана, целлюлозы и их производных, а также регулирования их устойчивости к биодеструкции.

В истекшем году в подразделениях Института получены важные прикладные результаты. В рамках программы по искусственному воспроизводству сиговых рыб рассчитаны экологическая и приемная емкость водотоков, расположенных в зоне ответственности крупных нефтяных компаний ООО «Лукойл-Коми» и ОАО «Северная нефть», в бассейне р. Уса для выпуска сеголетков. В 2010 г. осуществлен выпуск 1.5 млн. мальков сига и пеляди в реки Печора, Макариха, Сыня (отв. исп. зав. лаб. к.б.н. А.Б. Захаров).

Исследованы физиологические аспекты формирования продуктивности и качества урожая листовых овощей (салат, руккола, петрушка, базилик и др.) в зимних теплицах. Оптимизация светокультуры листовых овощей позволяет получать за 30-40 дней полноценный урожай зеленных культур до 3 кг/м², листового салата – свыше 6 кг/м². Рентабельность производства с учетом затрат на дополнительное освещение достигла 65 % (отв. исп. д.б.н., проф. Т.К. Головки).

Предложен метод очистки вод пойменных озер, загрязненных нитратом аммония, на основе создания поверхностного биоплато. Метод рекомендован координационным советом по экологической политике при правительстве Кировской области к опытно-промышленному испытанию (отв. исп. к.б.н. Е.В. Дабах).

Запатентован способ определения моноснитрофенолов в водных средах. Изобретение относится к аналитической химии органических соединений и может быть использовано для санитарно-эпидемиологического контроля питьевой воды, вод объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, а также степени очистки сточных вод различных химических производств (отв. исп. к.х.н. И.В. Груздев).

Главный итог работы научного сотрудника – публикация полученных приоритетных результатов в форме статей в рецензируемых журналах, моно-

графических сводок, патентов. В 2010 г. общее число публикаций сотрудников Института составило 675, их объем – 665.5 п.л.; объем научной печатной продукции на одного научного сотрудника – 4.6 п.л. С 2006 г. прослеживается положительная тенденция роста количества публикаций в рецензируемых журналах. Это отражение того, что в последние годы стали действовать новые квалификационные требования к труду научных сотрудников, применяется система стимулирующих выплат. Однако рост количества публикаций отмечен лишь для отечественных журналов. Число статей в иностранных журналах и показатели их усредненного импакт-фактора остаются скромными. Стабильно публикуют статьи за рубежом ученые лишь нескольких структурных подразделений. Внеочередная аттестация, прошедшая в 2010 г., показала, что число публикаций у сотрудников, занимающих аналогичные должности в разных научных подразделениях, существенно различается, некоторые сотрудники в течение нескольких лет не публиковали статей в журналах. Слабо используется появившаяся в последние годы возможность публикации результатов исследований в журнале «Известия Коми научного центра». Число монографических работ в течение последних пяти лет остается примерно на одном уровне, однако не все рукописи были представлены к опубликованию в установленные сроки. Таким образом, в этой важнейшей сфере деятельности Института сохраняются проблемы, над решением которых необходимо активно работать.

На сегодняшний день Институт поддерживает в силе 29 патентов Российской Федерации, из них 25 патентов на изобретения, три – на полезные модели, один – на промышленный образец. Сохраняется высокая интенсивность патентно-лицензионной деятельности. В 2010 г. оформлены и поданы 10 заявок на выдачу охранных документов, получено шесть патентов. Это стало возможным благодаря высокой квалификации специалистов инновационной группы, прежде всего Л.Б. Печерской. На бухгалтерский учет поставлены два объекта интеллектуальной собственности. Заключены два лицензионных договора о передаче программного продукта на программный модуль «GRAPHS» (автор к.б.н. А.Б. Новаковский).

Инновационные разработки специалистов Института представлены на 11 выставках и специализированных конкурсах, проводимых в их рамках. Они отмечены золотыми и серебряными медалями, семью дипломами.

Лаборатории «Экоаналит» присвоено звание лауреата конкурса «Лучшие товары и услуги Республики Коми 2010» в номинации «Услуги испытательных лабораторий».

Институт биологии имеет хороший опыт международного сотрудничества. В 2010 г. специалисты Института выполняли исследования по 12 международным научным проектам и грантам, были соисполнителями еще семи программ сторонних организаций. Существенному увеличению объемов финансирования, полученного из этого источника, способствовала реализация в Республике Коми проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Респуб-

лики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора», стартовавшего в 2008 г. Начаты исследования по проекту МНТЦ, основной целью которого является определение запасов углерода и степени загрязнения почв северных широт. Действуют соглашения о научном сотрудничестве между Институтом биологии и Институтом леса (METLA) Финляндии, Институтом SkogForsk (Швеция), договоры с Департаментом наук об окружающей среде университета Восточной Финляндии, Институтом ботаники и ландшафтной экологии Университета Грейфсвальда и Институтом почвенных наук Университета Гамбурга. Проводилась работа по подготовке заявок на участие в VII рамочной программе Европейского Союза, программе Era.net. Специалисты экоаналитической лаборатории Института участвовали в шести международных межлабораторных сравнительных испытаниях.

Институт посетил 51 иностранный ученый и специалист из 19 стран. Они принимали участие в работе конференций и выполнении совместных полевых исследований.

В прошлом году на базе Института организованы семь научных мероприятий международного и Всероссийского уровня. На международных конференциях «Генетика продолжительности жизни и старения», «Новое в биологии землероек (сем. Soricidae)», II международном совещании по фитостероидам, VII Международном симпозиуме ИЮФРО «LARIX-2010» выступили с докладами ученые из стран ближнего и дальнего зарубежья (Австрия, Беларусь, Великобритания, Венгрия, Германия, Израиль, Канада, Колумбия, Латвия, Литва, Норвегия, Польша, Португалия, США, Узбекистан, Украина, Финляндия, Франция, Чешская Республика, Швеция, Япония). Проведение этих мероприятий открыло перед специалистами нашего Института новые перспективы международного сотрудничества.

Успешно прошли ставшие уже традиционными научные мероприятия: Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии», поддержанная грантом УрО РАН, Всероссийская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых территорий европейского Севера и Урала» (к 15-летию образования объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми»), проведенная при финансовой поддержке проекта ПРООН/ГЭФ, и Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации», средства для организации которой выделило правительство Кировской области.

Итоги исследований специалистов Института апробированы на 112 научных конференциях, совещаниях, семинарах, проходивших в 60 городах России, стран ближнего и дальнего зарубежья. Сделано 260 устных и 63 стендовых доклада. В частности, наши сотрудники выступили с докладами на научных мероприятиях, проводившихся в 19 странах мира. За счет средств РФФИ поддержано 17 выездов в зарубежные командировки.

Общее финансирование экспедиционных исследований в 2010 г. составило 5954.850 тыс. руб. (бюджетные и внебюджетные средства – 45 и 55 % соответственно). Для проведения полевых работ было организовано 15 экспедиционных отрядов. Работали комплексные экспедиции на Приполярном Урале и хребте Пай-Хой, с целью учреждения новых объектов природно-заповедного фонда обследованы территории северо-восточных районов республики (полоса притундровых лесов, равнинная тундра, Полярный Урал), получен значительный объем научных данных о структуре, продуктивности и динамике таежных и тундровых экосистем, их биологическом разнообразии. Собран обширный материал для пополнения коллекционных фондов научно-музея, гербария и ботанического сада.

В последние годы в России уделяется большое внимание интеграции деятельности академической науки и ВУЗов. Институт биологии имеет определенные достижения в этой сфере. Наши сотрудники вели преподавательскую деятельность в девяти учебных заведениях Республики Коми и Кировской области. С 2010 г. Институт входит в состав межвузовского учебно-научного центра «Физико-химическая биология». На базе Института функционирует кафедра «Экология», входящая в состав химико-биологического факультета Сыктывкарского государственного университета. В рамках договора с СГУ начата работа по реализации специализированных магистерских программ, успешно функционирует совместная научная лаборатория экологической химии. Учреждены две стипендии Института для студентов Сыктывкарского государственного университета и одна – для студентов Сыктывкарского лесного института.

Для преподавателей и школьников Республики Коми на базе Института были организованы Вавиловские чтения и XI школьная конференция по экологии (25 марта 2010 г.), в работе которых приняли участие более 50 человек из 12 учебных заведений Республики Коми. В летний период проходил полевой практикум для слушателей Малой академии и школьников г. Сыктывкар. Под руководством сотрудников лаборатории экологической физиологии растений школьники участвовали в заложении эксперимента по изучению влияния азотных удобрений на показатели роста растений мяты полевой, высаженной корневищами. Полученные результаты будут освещены на XII школьной конференции научно-исследовательских работ по экологи-

гии, проведение которой планируется на весенних школьных каникулах. Педагоги школ и учреждений дополнительного образования приняли активное участие в работе научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых территорий европейского Севера и Урала», в рамках которой была организована специальная секция для обсуждения вопросов экологического образования и воспитания.

Нормативная численность, определенная Институту биологии на 2010 г., как и в 2009 г. составляла 266 человек, в том числе 128 научных сотрудников. Часть специалистов работала на условиях неполной занятости, за счет внебюджетных средств, поэтому на 01.12.2010 г. численность всех сотрудников Института в списочном составе достигла 309 человек.

В выполнении исследований принимали участие 146 научных сотрудников, в том числе 25 докторов и 109 кандидатов наук. Не имеют ученой степени – 12 человек. В результате целенаправленной деятельности по привлечению для работы в Институте молодых специалистов, многие годы проводимой А.И. Таскаевым, на сегодняшний день в большинстве подразделений сформирована возрастная структура, близкая к оптимальной.

Анализ эффективности работы с научной молодежью, проведенный Президиумом УрО РАН с учетом ряда показателей (средний возраст сотрудников, относительная численность аспирантов, молодых кандидатов и докторов наук, число молодых специалистов, принятых в штат за последние три года) показал, что рейтинги Института – одни из лучших в Уральском отделении. Возраст до 35 лет имеют 50 работающих в нашем коллективе сотрудников, в том числе один доктор и 42 кандидата наук.

Достаточно хорошо налажена подготовка кадров высшей квалификации. Сегодня обучение проходят 22 аспиранта и два докторанта, девять человек выполняют квалификационные работы в качестве соискателей. Четверо из пяти аспирантов, завершивших курс обучения в 2010 г., представили диссертационные работы. В истекшем году защищены семь кандидатских диссертаций, подготовленных на базе Института биологии.

Во многом повышению квалификации способствует стабильная деятельность диссертационного совета. На его заседаниях в минувшем году состоялись защиты восьми диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата биологических

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ



доктору биологических наук, ведущему научному сотруднику отдела флоры и растительности Севера **Галине Виссарионовне Железновой** с присвоением почетного звания «Заслуженный работник Республики Коми»!

Указ Главы Республики Коми
от 28 февраля 2011 г. № 23

Желаем дальнейших творческих успехов!

наук. К сожалению, не столь благополучно складывается ситуация с защитами докторских диссертаций. Средний возраст докторов наук, работающих в нашем коллективе, превышает 60 лет.

В последние годы сложно решается вопрос с трудоустройством специалистов, окончивших аспирантуру. В 2009 г. многие из них были приняты на работу на часть ставки с доплатой за счет средств программ фундаментальных исследований, внебюджетных источников. В 2010 г. лишь один из выпускников зачислен в штат, причем на инженерную должность. Остальных разрешено трудоустроить временно, за счет средств, получаемых Институтом по программам Президиума и отделений РАН.

В конце прошлого года Уральскому отделению РАН выделили 65 бюджетных ставок для молодых ученых. Решением Президиума УрО РАН 3.25 из них распределено в Институт биологии. Большее число ставок (по 4-5) выделено только трем институтам отделения. Две выделенные дополнительно штатные единицы будут распределены на конкурсной основе между молодыми кандидатами наук, работающими в отделах лесобиологических проблем Севера, флоры и растительности Севера, оставшиеся предполагается использовать для того, чтобы трудоустроить на полные ставки специалистов отделов почвоведения, экологии животных, лаборатории биохимии и биотехнологии. Выделение дополнительных ставок для молодых кандидатов наук лишь в небольшой степени компенсирует действующие сегодня ограничения на приток научных кадров, которое создает реальную угрозу преемственности научных исследований.

Общий объем финансирования Института в 2010 г. возрос по сравнению с 2009 г. на 15487.4 тыс. руб. (или на 7.3 %) и составил 227040.4 тыс. руб. Рост объемов финансирования произошел, прежде всего за счет более чем двукратного увеличения по сравнению с прошлым годом денежных поступлений от выполнения хозяйственных договоров и международных проектов. В 2010 г. их суммарная стоимость составила 46916.40 тыс. руб., что на 25437.40 тыс. руб. (или 218.4 %) больше, чем в 2009 г. Доля средств, поступивших в бюджет по хозяйственным и международным проектам, составила 20.7 % общего объема финансирования.

Одновременно базовое бюджетное финансирование было сокращено на 8322.4 тыс. руб. (или 4.68 %), при этом его значительная часть (более 90 %) была выделена на фонд оплаты труда и опла-

ту коммунальных платежей. В 2010 г. доля базового бюджетного финансирования в общем объеме поступивших средств снизилась и составила 74.6 %.

Необходимо отметить, что определенный вклад в бюджет Института внесли средства федеральных целевых программ и госкорпораций. В 2010 г. из этого источника поступило 6095.2 тыс. руб., что на 95.2 тыс. руб. (или 1.6 %) больше, чем в прошлом году. Несмотря на значительное увеличение объемов финансирования (на 36.7 %) региональных программ (с 837.7 тыс. руб. в 2009 г. до 1145.3 тыс. руб. – в 2010 г.), их вклад в финансовое обеспечение деятельности Института как и в прошлом году невелик – 0.5 %. По-прежнему небольшую долю в бюджете Института имеют средства РФФИ.

Структура расходов из бюджетных и внебюджетных источников как и в прошлом году значительно различается. Если большая часть бюджетных средств была использована на выплату заработной платы и оплату коммунальных услуг, то расходы из внебюджетных средств по этим статьям в 2010 г. составили только 29.9 % их общей суммы. Традиционно большая часть внебюджетных средств направляется на приобретение и увеличение стоимости основных средств – 6480.3 тыс. руб. и увеличение стоимости материальных запасов – 5767.8 тыс. руб. Из бюджетных средств на эти цели было потрачено 3077.2 и 2122.0 тыс. руб. соответственно. Значительный объем внебюджетных средств в 2010 г. был направлен на выполнение обязательств с субподрядными организациями, что выразилось в существенной доле (9104.6 тыс. руб., или 20.0 %) статьи «прочие услуги» в общей сумме расходов внебюджетных поступлений.

Таким образом, очевидно, что сегодня только на основе базового бюджетного финансирования крайне сложно выполнять даже плановые фундаментальные темы. Без привлечения внебюджетных средств было бы невозможно обеспечивать Институт расходными материалами, оборудованием, услугами по его обслуживанию, улучшать условия труда сотрудников, оплачивать командировочные расходы. Выполнение хозяйственных договоров остается и будет оставаться важнейшим источником финансирования научных исследований. К сожалению, сотрудникам и подразделениям Института не всегда удается успешно сочетать выполнение фундаментальных научных исследований и исполнение своих обязательств перед заказчиками.

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

кандидату биологических наук, научному сотруднику отдела компьютерных систем, технологий и моделирования **Александрю Борисовичу Новаковскому** — победителю конкурса поддержки молодежных инновационных проектов УрО РАН на 2011 год!

Постановление УрО РАН
от 20.01.2011 г. № 1-4

Желаем дальнейших побед!



Проведение работ на современном уровне по каждому из основных направлений научных исследований Института обеспечено комплексом сложного дорогостоящего и вспомогательного оборудования. В 2010 г. Институтом из разных источников финансирования, в том числе целевых средств УрО РАН и РФФИ, было приобретено дорогостоящее оборудование на общую сумму более 9 млн. рублей. Выполнено обновление парка вычислительной и оргтехники. Сегодня в Институте насчитывается 320 персональных компьютеров, 269 из них подключены к локальной вычислительной сети (ЛВС) Института с возможностью выхода в Интернет.

Институт имеет доступ к платным ресурсам научной информации. Это публикации издательства Springer (www.springerlink.com) и Elsevier (www.sciencedirect.com). Возможность пользоваться этими ресурсами через сервер Института предоставляется также сотрудникам всех других институтов и подразделений Коми научного центра. В 2010 г. ресурсами воспользовалось более 250 сотрудников Коми научного центра.

Все наиболее важные вопросы научной и научно-организационной деятельности Института рассматривались на заседаниях ученого совета. Проведено 22 заседания при обязательном наличии кворума. На заседаниях ученого совета были заслушаны и обсуждены 20 докладов по актуальным проблемам биологии, шесть диссертационных работ, представляемых к защите на соискание ученой степени кандидата наук, одна – доктора наук.

Научные достижения ученых Института были отмечены государственными наградами. Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени удостоены к.г.н. Э.П. Галенко, к.б.н. Г.А. Волкова. Нагрудным знаком Министерства природных ресурсов Российской Федерации «Отличник охраны природы» награжден к.б.н. В.И. Пономарев. Д.б.н., профессору Т.К. Головки присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации», д.б.н. С.В. Загирова – почетное звание «Заслуженный работник Республики Коми».

Получили признание исследования молодых ученых. В 2010 г. д.б.н. А.А. Москалев удостоен медалей Российской академии наук для молодых ученых РАН и Международной ассоциации академий наук «За содействие развитию науки» и международной премии «Содружество дебютов». Аспирантам, работающим под его руководством, присуждена премия правительства Республики Коми для а-

спирантов и докторантов в 2010 г. в области научных исследований.

Аспирантка О.А. Шосталь стала лауреатом программы Общественного фонда содействия отечественной науке «Лучшие аспиранты РАН» за 2010 г. Грант президента Российской Федерации по итогам конкурса 2010 г. по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук выигран к.б.н. С.Г. Скугорева.

По итогам I международного конкурса научных работ в области радиозэкологии имени В.М. Ключковского сотрудники отдела радиозэкологии удостоены высоких наград. Д.б.н. Т.И. Евсева в составе авторского коллектива сотрудников Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии РАСХН заняла первое место и получила звание лауреата за цикл работ по оценке радиационного воздействия на окружающую природную среду. К.б.н. Л.М. Носкова удостоена премии для молодых ученых за цикл работ «Миграция естественных радионуклидов в объектах окружающей среды». Д.б.н. А.Г. Кудяшева, к.б.н. О.Г. Шевченко и н.с. Н.Г. Загорская награждены дипломами конкурса за цикл работ «Эколого-биохимические эффекты малых доз ионизирующей радиации и сопутствующих факторов окружающей среды на организм животных (на примере популяций мышевидных грызунов и лабораторных мышей)».

Сегодня правительством Российской Федерации вновь активно поднимается вопрос о дальнейшем реформировании отечественной науки. Проводится разработка стратегического плана «Инновационная Россия – 2020», которым предполагается ликвидировать работающие недостаточно эффективно научные организации и отдельные подразделения в составе научных институтов. В системе РАН создан специальный институт для мониторинга результативности работы ее структурных звеньев. Спектр показателей, по которым будет проводиться оценка, весьма широк. К числу основных из них отнесены публикации, участие в конференциях, международное признание результатов исследований. Ставится вопрос об организации подразделений научных учреждений, так же как и их тематики, на конкурсной основе. Предусмотрены меры, направленные на поддержку преемственности научных школ и перспективных молодых исследователей. Ожидается, что аудит стартует в 2011 г. Для Института биологии этот процесс совпадает с провер-

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

к.г.н. **Дмитрию Александровичу Каверину**, инж. **Дмитрию Валерьевичу Кириллову**, к.б.н. **Ирине Владимировне Новаковской**, к.б.н. **Анастасие Анатольевне Таскаевой**, асп. **Дмитрию Михайловичу Шадрину**, к.б.н. **Елене Александровне Юшковой** – победителям конкурса научных проектов молодых ученых и аспирантов УрО РАН 2011 года!

Постановление УрО РАН
от 20.01.2011 г. № 1-3

Желаем дальнейших побед!

кой результатов научной, научно-организационной и финансовой деятельности в 2006-2010 гг. Кроме того, в ближайшее время состоятся выборы нового руководителя Института и связанные с этим структурные преобразования.

В последние годы наш коллектив доказал, что у него есть потенциал, необходимый для стабильного развития и достижения значимых результатов. В сложившейся ситуации следует сделать все возможное для его сохранения и приумножения. В то же время существует ряд проблем, решение которых требует скоординированных действий администрации, заведующих подразделениями и всех без исключения сотрудников. Прежде всего, необходимо повышать уровень научных исследований. К сожалению, нельзя признать достаточно результативным функционирование докторантуры. Некоторые молодые специалисты, завершив обучение в аспирантуре, длительное время не представляют к защите квалификационные работы. В ряде подразделений наметилась тенденция к повышению среднего возраста научных кадров, в Институте работают лишь два доктора наук в возрасте до 45 лет. Не все научные сотрудники активно публикуют результаты своих исследований в рецензируемых журналах, своевременно представляют рукописи к опубликованию, участвуют в конкурсах на получение грантов научных фондов, выполнении проектов, получивших дополнительное бюджетное финансирование, договоров работ. Эффективнее следует использовать имеющуюся в Институте современную приборную базу, средства, выделяемые для проведения экспедиционных работ. Есть существенные резер-

вы в развитии центров коллективного пользования современным научным оборудованием и экспериментальными установками, проведении комплексных научных исследований, в том числе стационарных.

Сегодня средств, выделяемых на функционирование Института, достаточно лишь для оплаты труда сотрудников и коммунальных расходов. В связи с этим неизбежно встает необходимость привлечения дополнительных источников финансирования. С этой целью следует работать над проблемами более активного участия в федеральных целевых программах, заключения крупных хозяйственных договоров, реализации коммерчески перспективных прикладных разработок в рамках самостоятельных дочерних хозяйственных обществ. К сожалению, традиционно небольшую долю в бюджете Института имеют средства, выделенные РФФИ. В 2010 г. она снизилась из-за отсутствия поддержки издательских проектов и научных мероприятий. В 2011 г. на конкурсной основе будут определены наиболее актуальные направления исследований структурных подразделений Института на ближайшие три года. При этом в обязательном порядке следует учитывать, каким образом будут востребованы результаты научных изысканий, проводить патентную проработку.

Успешное решение столь серьезных проблем возможно лишь при условии того, что каждый специалист, работающий в коллективе Института, будет творчески использовать знания, опыт и навыки для достижения общего результата, ответственно относиться к своим должностным обязанностям.

С. Дегтева,
и.о. директора Института

ИНФОРМАЦИЯ О ПРОВЕДЕНИИ И УЧАСТИИ В РАБОТЕ КОНФЕРЕНЦИЙ, СИМПОЗИУМОВ, СЕМИНАРОВ, ШКОЛ

В 2010 г. сотрудниками Института было сделано 260 устных и 63 стендовых доклада на 112 научных конференциях, совещаниях, семинарах, проходивших в 60 городах России, стран ближнего и дальнего зарубежья. С 15 пленарными докладами выступили 10 научных сотрудников: д.т.н., проф. Т.Я. Ашихмина, д.б.н. А.И. Видякин, д.б.н. С.В. Дегтева, д.б.н. Л.И. Домрачева, д.т.н., д.э.н. А.Н. Киселенко, д.б.н. А.А. Москалев, к.б.н. Ю.А. Дубровский, к.б.н. Е.Н. Патова, к.э.н. Е.Ю. Сундуков, к.б.н. А.И. Таскаев.

В отчетном году Институтом было организовано семь научных мероприятий, из них четыре международных и три Всероссийских научных конференций.

Международная конференция «Генетика продолжительности жизни и старения» (Сыктывкар, 12-15 апреля 2010 г.). Мероприятие организовано Геронтологическим обществом РАН и Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований

(грант № 10-04-0620-г), некоммерческого фонда «Наука за продление жизни», частной исследовательской организации «Институт биологии старения», литовского международного некоммерческого фонда «Life extension research foundation», агентства «Химэк-



сперт», ООО «Рош диагностика Рус». В конференции приняли участие 68 человек (53 иногородних) из семи стран (Беларусь, Израиль, Канада, Латвия, Литва, Россия, Украина). В рамках конференции были организованы и проведены пленарные и тематические заседания, а также стендовая сессия по основным направлениям: генетический и эпигенетический контроль продолжительности жизни; математическое моделирование и эволюция процессов старения; популяционная гетерогенность продолжительности жизни; средовые модификаторы старения; геропротекторы, адаптогены, биомаркеры старения. Принято решение проводить конференцию регулярно через два года.

Второе международное совещание по фитоэкдистероидам (Сыктывкар, 4-7 июля 2010 г.). Среди организаторов совещания – Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева (Москва), Научный центр профилактического и лечебного питания



Тюменского научного центра СО РАМН при поддержке Научного совета по биохимии РАН, Биохимического общества РАН, Общества биотехнологов России им. Ю.А. Овчинникова. Спонсорами совещания выступили ООО «Комибиофарм» (г. Сыктывкар) и ООО «Биокор» (г. Пенза). В совещании приняли участие 49 (в том числе 11 зарубежных коллег) специалистов из девяти стран (Беларусь, Бразилия, Великобритания, Венгрия, Норвегия, Россия, Узбекистан, Франция, Чехия). В ходе совещания обсуждено состояние изученности фитоэкдистероидов в аспектах их распространения в мировой флоре, их структурного многообразия, биосинтеза в растениях и культурах растительных клеток, химической модификации; оценены перспективы использования фитоэкдистероидов в восстановительной и спортивной медицине.

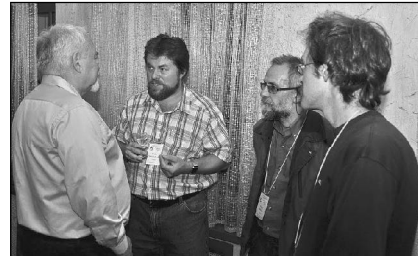
Седьмой международный симпозиум ИЮФРО «LARIX-2010» (Сыктывкар, 7-10 сентября 2010 г.). Симпозиум является продолжением симпозиумов «LARIX-2007» (Канада), «LARIX-2004» (Япония), «LARIX-2002» (Франция), «LARIX-1998» (Красноярск) и конференций в Швеции (1995 г.) и Германии (1992 г.). Учредителями симпозиума были Институт биологии Коми НЦ УрО РАН и Международный союз лесных исследовательских организаций (ИЮФРО). Общее количество участников составило 20 человек, в том чис-



ле 15 – из зарубежных стран (Канада – 2, Норвегия – 2, Финляндия – 2, Франция – 1, Чешская Республика – 3, Швеция – 3 и Япония – 2). Участниками совещания сделаны 14 устных и один стендовый доклад. В программу симпозиума был включен широкий круг вопросов, касающихся теории селекции, популяционной структуры, межвидовой гибридизации, физиологии, а также практических аспектов, связанных с качеством древесины, патологией и лесоводством лиственницы. Значительное внимание было уделено генетической изменчивости адаптивных признаков лиственницы в связи с глобальными изменениями климата.



Третья международная конференция «Новое в биологии землероек (сем. *Soricidae*)» (Сыктывкар, 14-17 сентября 2010 г.). Международные совещания по биологии землероек проводятся с 1994 г. и стали традиционными. Первые две конференции прошли на базе Паудермильской биологической станции в штате Пенсильвания (США). Организаторами выступили Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова, Рус-



ское териологическое общество. Организация конференции поддержана грантом РФФИ (№ 10-04-06114g). В конференции приняли участие 33 представителя научно-исследовательских и образовательных учреждений (институтов и университетов) из Австрии, Германии, Литвы, Португалии, Польши, России, США. Было представлено 27 устных докладов, из них 11 (40 %) – иностранными участниками. Рабочий язык конференции – английский. Постерная сессия включала 20 сообщений российских и иностранных участников. До начала работы конференции опубликован сборник материалов. Рабочая программа конференции охватывала различные аспекты биологии представителей семейства землероек (*Soricidae*): физиологию, зоогеографию, экологию, систематику, морфологию, молекулярную и генетическую изменчивость, этологию.

Всероссийская научно-практическая конференция «Современное состояние и перспективы развития особо охраняемых территорий европейского Севера и Урала» (к 15-летию образования объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми») (Сыктывкар, 8-12 ноября 2010 г.). Конференция была посвящена Международному году биоразнообразия, который отмечался в 2010 г., и приурочена к 15-летию об-





разования объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Девственные леса Коми». Финансовую поддержку оказал проект ПРООН/ГЭФ ООПТ Республики Коми. К открытию конференции на сайте Института биологии размещены тезисы докладов конференции, опубликован XVI выпуск Трудов Печоро-Илычского заповедника, посвященный его 80-летию. Общее число участников составило 110 человек, докладов – 107. Научная программа конференции включала рассмотрение следующих проблем: современное состояние и пути совершенствования системы управления и деятельности особо охраняемых природных территорий (ООПТ); роль общественных организаций в создании, функционировании и развитии систем ООПТ; роль заповедников, национальных парков и других ООПТ в сохранении биологического разнообразия; проблемы сохранения редких видов на ООПТ; динамические процессы в особо охраняемых природных комплексах, их анализ и прогнозирование, в том числе в связи с изменениями климата; современные методы мониторинга особо охраняемых природных комплексов; развитие экологического туризма и экологического образования на ООПТ; перспективы развития региональной сети ООПТ Республики Коми. Особое место было отведено секции и круглому столу, где рассматривались проблемы и стратегический план реструктуризации системы ООПТ Республики Коми.

Седьмая Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «**Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации**» (Сыктывкар, Киров, 1-2 декабря 2010 г.). В работе конференции приняли участие 185 человек, из них 21 – из других городов России (Москва, Кемерово, Красноярск, Псков, Стерлитамак) и Латвии. Среди участников конференции – аспиранты, кандидаты и доктора наук из высших учебных заведений, академических институтов и природоохранных организаций. На конференции работали семь секций: биологический монито-

ринг природных сред и объектов; методы биоиндикации в оценке качества окружающей среды; биотестирование в оценке качества природных сред; динамика популяций животных в изменяющихся условиях среды; динамика популяций растений в изменяющихся условиях среды; мониторинг техногенно загрязненных территорий; социальная экология. В рамках конференции при поддержке правительства Кировской области был проведен круглый стол «Уничтожение запасов химического оружия в РФ и Кировской области». Всего на конференции было сделано три пленарных, 71 устный и три стендовых доклада. В адрес оргкомитета поступило 155 материалов, которые были опубликованы в сборнике материалов конференции, изданном в двух частях.



XVII Всероссийская молодежная научная конференция «**Актуальные проблемы биологии и экологии**» (Сыктывкар, 5-9 апреля 2010 г.). В работе конференции приняли участие 146 человек, из них 54 – из других городов России. Следует отметить, что за последние годы увеличилось количество докладов, сделанных участниками конференции: в 2006-2007 гг. с докладами выступили около 100 человек, в 2008-2009 гг. – 120, в 2010 г. – 128. Значительная часть представленных сообщений отражала результаты исследований молодых ученых по проблемам изучения, охраны и рационального использования животного и



растительного мира. Были охвачены практически все направления биологической науки – ботаника, физиология и экология растений, радиоэкология и генетика, почвоведение, экология животных, популяционная биология. Серьезное внимание было уделено анализу последствий антропогенного воздействия на структурно-функциональную организацию экосистем и проблем индикации загрязнений и восстановления нарушенных территорий. Оргкомитет и оценочная комиссия конференции отметили высокий научный уровень абсолютного большинства докладов, практическую направленность работ многих начинающих исследователей. Лучшим докладчикам были вручены почетные грамоты, благодарственные письма и памятные подарки.

Т. Шубина,
ученый секретарь

СВЕДЕНИЯ ОБ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ РАБОТАХ

Для проведения полевых работ было организовано 15 экспедиционных отрядов. Сотрудниками экспедиционных отрядов в ходе полевых исследований собран большой объем научного материала. Коллекции научного гербария Института (СУКО) в 2010 г. пополнились 1070 гербарными листами сосудистых растений, 1500 образцами мхов, 3500 образцами лишайников, 615 образцами афиллофороидных и агарикоидных грибов (Таежный флористический отряд, нач. отряда Д.А. Косолапов; Тундровый экологический отряд, нач. отряда М.Д. Сивков; Комплексный Пайхойский отряд, нач. отряда Л.Н. Рыбин; Геоботанический отряд, нач. отряда Б.Ю. Тетерюк; международный отряд «Печора», нач. отряда О.И. Кулакова). Для пополнения коллекции ботанического сада привезено 122 образца 96 видов сосудистых растений (Интродукционный отряд, нач. отряда М.Л. Рябинина). После обработки в фонды Научного музея поступят 19 черепов мелких млекопитающих, 550 экз. беспозвоночных животных, 3400 экз. насекомых (Зоологический отряд, нач. отряда Е.А. Порошин; международный отряд «Печора», нач. отряда О.И. Кулакова; Энтомологический отряд, нач. отряда С.В. Пестов; Печорский ихтиологический отряд, нач. отряда М.И. Черезова; Комплексный Пайхойский отряд, нач. отряда Л.Н. Рыбин).

Северный радиоэкологический отряд (нач. отр. И.И. Шуктомова). Установлено местонахождение объектов бывшего радиового производства с измененной радиационно-гигиенической и радиоэкологической обстановкой (окрестности пос. Водный Ухтинского района). На территории бывших заводов по переработке воды для получения радия выявлены и околонулены участки с радиоактивным загрязнением, определена глубина залегания загрязнения и удельная активность радия-226 в радиоактивном слое. Изучена миграция радия-226 с грунтовыми водами, проведен ретроспективный анализ и прогноз развития радиационно-гигиенической и радиоэкологической обстановки, дана оценка безопасности загрязненных территорий. Собраны данные для построения обзорной карты радиоактивного загрязнения местности, прилегающей к Кирово-Чепецкому химкомбинату.



Международный отряд «Печора» (нач. отр. О.И. Кулакова). Исследования, проведенные на Полярном Урале (слияние рек Малая и Большая Кара, бассейн р. Большая Роговая и окрестности оз. Большая Лохорта), были направлены на изучение флоры, лишенобиоты, орнито- и ихтиофауны, почв, растительности, а также разнообразия, численности и территориального распределения населения наземных позвоночных, почвенных и наземных беспозвоночных животных. Собраны материалы, впервые характеризующие ихтиофауну, размерно-возрастную и половую структуру, пространственное распределение и плотностные характеристики рыб семи разнотипных горных озер Приполярного Урала. Выполнен биологический анализ рыб. Отмечена новая форма охраняемого вида – арктического гольца – в оз. Сыня-ты (исток р. Войвож-Сыня).

Впервые проведена инвентаризация фауны чешуекрылых и стрекоз в полосе лесотундры. Изучена таксономическая и ландшафтно-зональная структура лепидоптеро- и одонатофауны, исследована структура населения дневных чешуекрылых в природных сообществах, собраны репрезентативные выборки для исследования фенотипической изменчивости видов. Отмечены два вида чешуекрылых из основного списка Красной книги Республики Коми: *Saturnia pavonia* (L.) и *Issoria eugenia* (Ev.). В окрестностях оз. Большая Лохорта выявлено 2 экз. редкого вида жужелицы *Carabus nitens* L., занесенного в Красную книгу Республики Коми.

Инвентаризация териофауны выявила довольно низкую общую численность мелких млекопитающих. Это связано с прессом выпаса стад домашних оленей, которые «выедают» не только растительность – кормовую базу, но и самих мелких наземных позвоночных, а также с суровыми климатическими условиями и естественными колебаниями численности (периодичность раз в четыре года). Собраны образцы тканей животных для анализа ДНК.

В бассейне р. Большая Кара отмечены четыре вида птиц, занесенных в Красную книгу Республики Коми: европейская чернозобая гагара (*Gavia arctica arctica*), беркут (*Aquila chrysaetos*), кречет (*Falco rusticolus*), сапсан (*Falco peregrinus*). Все они относятся к категории редких или сокращающихся в численности видов на территории республики.

Найдены охраняемые виды высших сосудистых растений, включенные в Красную книгу Республики Коми: *Antennaria lanata* (Hook.) Greene, *Diapensia lapponica* L., *Armeria scabra* Pall. ex Roem. et Schult., *Acomastylis glacialis* (Adams) A.Khokhr., *Saxifraga oppositifolia* L., *Tofieldia coccinea* Richards., *Tephrosia atropurpurea* (Ledeb.) Holub., *Cardamine bellidifolia* L., *Dianthus repens* Willd., *Silene paucifolia* Ledeb., *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fisch. et C.A.Mey, *Thymus talijevii* Klok. et Schost., *Oxyria digyna* (L.) Hill, *Ranunculus sulphureus* C.J. Phipps. На береговых скалах и каменистых останцах отмечены также охраняемые виды, как *Arnica iljinii* (Maquire) Iljin, *Dryopteris fragrans* (L.) Schott, *Eutrema edwardsii* R. Br., *Papaver lapponicum ssp. jugoricum* (Tolm.). Следует отметить, что для территории Ненецкого автономного округа (р. Большая Роговая)



впервые отмечен редкий в мире включенный в Красную книгу России печеночник *Cryptothallus mirabilis*. В России этот вид был ранее известен лишь из нескольких местообитаний в Ленинградской и Мурманской областях и Карелии. Выявлены также новые местообитания охраняемых и редких в республике видов лишайников (*Hypogymnia bitteri*, *Lobaria scrobiculata*, *Peltigera venosa* и др.). В районе оз. Большая Лохорта выявлен вид, включенный в Красную книгу Республики Коми: *Hypogymnia subobscura* (Vainio) Poelt (категория статуса редкости 3).

Комплексный Пайхойский отряд (нач. отр. Л.Н. Рыбин). Впервые изучен видовой состав, биотопическое размещение, численность гнездящихся птиц труднодоступного района Пай-Хоя. К редким, малозученым и особо охраняемым видам относятся малый лебедь, сапсан, кречет, хрустан. Охотничье-промысловые птицы представлены небольшим числом видов: гуси (гуменник и белолобый гусь), утки (морянка, морская чернеть), белая куропатка.

Проведена инвентаризация энтомофауны Пай-Хоя. Изучена таксономическая и ландшафтно-зональная структура фауны важнейших групп наземных и амфибиотических групп насекомых и паукообразных. Исследована структура населения дневных чешуекрылых в природных сообществах. Исследована биология и внешняя морфология преимагинальных стадий развития трех видов чешуекрылых арктического комплекса: *Boloria chariclea*, *B. improba*, *Pararctia subnebulosa*.

Изучены видовой состав, численность, территориальное (биотопическое) распределение мелких млекопитающих, половозрастная структура попу-

ляций, соотношение функционально-физиологических группировок, резидентных и мигрирующих особей, пространственная структура населения.

Получены сведения о локальной флоре сосудистых растений района исследований с выявлением местонахождений новых популяций редких охраняемых видов растений; разнообразии, видовом составе, структуре, распределении в ландшафте и экологии растительных сообществ. Выполнена географическая привязка изученных сообществ к картографическим материалам и спектрально-зональным крупномасштабным космическим снимкам спутника Landsat.

Почвенные исследования проводились в центральной части Пай-Хоя. Основная цель работы – построение цифровой почвенной карты. Установлено, что исследуемые горные почвы формируются на маломощном суглинистом элюво-делювии. Четкой дифференциации по высотным поясам на хребтах не выявлено. Данные бурения показывают, что почвы региона характеризуются достаточно мощным сезонным промерзанием (до 1 м либо до кровли многолетней мерзлоты). Песчаные почвы промерзают в зимнее время более чем на 2 м. Для равнинной территории характерно отсутствие мощных торфяников, максимальная мощность торфа, обнаруженная в районе исследования, составила 35 см.

Печорский ихтиологический отряд (нач. отр. М.И. Черезова). Анализ полученных материалов позволит отчетливо установить изменения состава и структуры рыбного населения, особенности пространственного и биотопического распределения различных группировок рыб в условиях аномально высоких температур и сдвигов основных экологических параметров среды обитания рыб в крупной тиманской реке Мезень. Исследования показали интенсивность нерестовых миграций осенне-нерестующих рыб, получены их биологические характеристики, позволяющие дать оценку современного состояния основных промысловых группировок рыб в нижнем течении р. Печора.

Развитая гидрологическая сеть бассейна р. Вычегда в среднем течении и относительная неизученность его малых водоемов и водотоков позволила выбрать на небольшой территории различные по морфологическим и химическим, но схожие по своим гидрологическим характеристикам водоемы и всесторонне их исследовать. Предварительный ана-

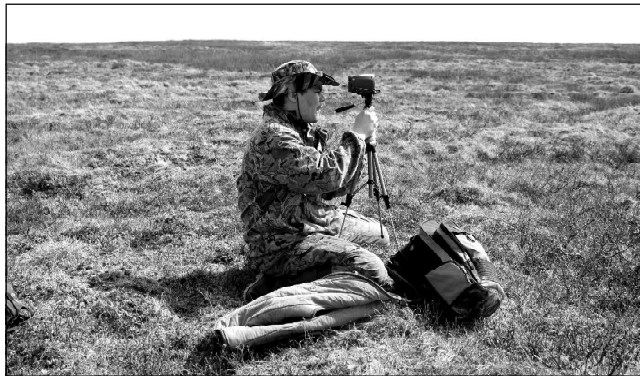


лиз экологического состояния малых рек среднета-ежной зоны показал высокое таксономическое разнообразие, пространственную структуру донных и планктонных сообществ и в целом удовлетворительное состояние исследованных притоков. Наблюдение за водотоками, подвергающимися долговременному воздействию, выявило изменение в структурно-функциональных характеристиках водных сообществ.

Современные исследования озер Большеземельской тундры показали, что численность и состав зоопланктона остались на уровне 60-х годов XX в. Не произошло значительного изменения форм кривых доминирования зоопланктона (по численности и биомассе) в обследованных озерах за более чем 40-летний период. Не обнаружено видов-вселенцев и усиления роли в сообществе стенотермных видов. Коэффициенты трофности, основанные на расчете соотношения в зоопланктоне видов – индикаторов олиго- и эвтрофных условий, изменялись по годам в пределах диапазона, соответствующего олигосапробным или олиго-мезосапробным условиям. В мелких водоемах на водосборе Харбейских озер выявлено 13 видов *Soropoda*, 13 – *Cladocera*, 49 – *Rotifera*. Большинство видов коловраток впервые отмечено для региона. Требуется специальное изучение систематической принадлежности и экологической приуроченности некоторых родов: *Sephalodella*, *Lindia*, *Notommata*, *Proales*, *Trichocerca*, вероятно, ранее неизвестных для России. Проведена предварительная систематизация фауны *Rotifera* и *Crustacea* и физико-химических условий мелких водоемов восточной части Большеземельской тундры.

Первый зоологический отряд (нач. отр. Е.А. Порошин). Установлено, что на мониторинговом участке, расположенном в устьевой части р. Сысола, в осенний период 2010 г. четко прослеживались несколько периодов интенсивной миграции птиц. Основные пики пролета птиц были отмечены 11-12, 19, 25 сентября (доминировали свиязь и хохлатая чернеть) и 30 сентября–1 октября (доминировали гуменник, свиязь и хохлатая чернеть). Пролет птиц проходил в сжатые сроки. Численность мигрирующих птиц была невысокая. Полученные данные будут использованы для анализа межгодовой и межсезонной динамики миграционной активности птиц. В ходе экспедиционных работ были собраны материалы (череп и пробы для анализа ДНК) для изучения внутри- и межвидовой изменчивости мелких млекопитающих.

Тундровый зоологический отряд (нач. отр. Г.Л. Накул). На территории европейского северо-востока России были продолжены исследования фауны, структуры населения, распространения, миграции птиц и млекопитающих. Проведены детальные наблюдения за весенней миграцией птиц в Сысольском районе. Установлены связи относительной численности мигрантов в местах остановок с количеством корма, формирующегося во время половодья.



Выявлено воздействие на местообитания животных в бассейне рек Лемва и Большая Роговая, связанное с выпасом оленей, приводящее к снижению численности видов, чувствительных к изменению ландшафтов и фактору беспокойства. На большей территории бассейна сохранились естественные природные комплексы, способствующие сохранению типичной для данной территории фауны, воспроизводству многих редких охраняемых видов птиц. Кроме того, проведены экологические исследования в районе Коровинской губы.

Тундровый экологический отряд (нач. отр. М.Д. Сивков). Собран материал для выявления разнообразия водорослевых группировок в почвах горно-тундровых экосистем в бассейне р. Кожым и проведения анализа их распределения с учетом высотного градиента. Проведен отбор проб для изучения структуры сообществ и количественных показателей водорослевых группировок планктона на разных глубинах в ледниковых и горно-долинных водоемах. По результатам флористического и химического анализа будет выявлена степень антропогенного влияния на наземные и водные экосистемы охраняемых территорий. Результаты проведенных исследований послужат основой для составления таксономических списков водорослей наземных и



водных экосистем и проведения таксономического и эколого-географического анализа альгофлоры.

Получены дополнительные сведения о потоках CH_4 для различных по структуре и степени нарушенности участков заболоченных тундровых фитоценозов. Дана количественная оценка в сезонной динамике степени изменения газовых потоков под действием антропогенных факторов различного типа.

Полученные результаты дополняют представления о биоразнообразии водных и наземных экосистем Полярного Урала, будут иметь определенное значение для решения вопросов биогеографии и истории формирования биоты этого региона, а также для познания структурно-функциональной организации горно-тундровых и горных биоценозов.

Энтомологический отряд (нач. отр. С.В. Пестов). Продолжено изучение фауны, структуры населения, трофических связей ряда важных таксономических (полужесткокрылых, жесткокрылых и двукрылых) и экологических (микро- и мезофауны) групп беспозвоночных на территории Архангельской области и Республики Коми. Установлены особенности сезонной динамики численности кровососущих комаров. Выявлен видовой состав опылителей 10 видов растений. Дополнены сведения о видовом составе и экологических особенностях наземных и почвенных беспозвоночных Соловецкого архипелага. Продолжены исследования населения почвенных беспозвоночных, таксономического состава микро- и мезофауны в сосновых, еловых и березовых лесах, испытывающих воздействие промышленных выбросов лесопромышленного комплекса. Определены закономерности формирования мезофауны (изменение видового состава) по градиенту влажности в сосновых и еловых лесах средней тайги.



Интродукционный отряд (нач. отр. М.Л. Рябина). В ходе проведенной экспедиции было собрано 122 образца 96 видов злаков, лекарственных, травянистых и древесных растений, произрастающих в верхней части лесного и горно-тундровом поясах Приполярного Урала, представляющих интерес для интродукции в качестве декоративных и лекарственных культур. Впервые привлечено для



интродукционного изучения 35 видов. Кроме того, собраны образцы 11 видов (среди которых *Penthyloides fruticosa* (L.) O. Schwarz, *Rhodiola rosea* L., *Allium strictum* Schrad., *Gypsophila uralensis* Less.), включенных в Красную книгу Республики Коми, для дальнейшего изучения в условиях культуры.

Таежный флористический отряд (нач. отр. Д.А. Косолапов). Получены новые сведения о структуре и динамике растительного покрова, видовом составе сосудистых, споровых растений, лишайников и грибов особо охраняемых природных территорий Республики Коми. Выявлены новые местонахождения редких, охраняемых и пограничных видов. Расширено представление о видовом разнообразии мохообразных, лишайников, афиллофоровых и агарикоидных грибов экосистем Приполярного и Северного Урала, их распространении и фитоценотической приуроченности. Выявлены видовой состав и структура населения мезо- и микрофауны в сообществах различных растительных ассоциаций. Установлена фитоценотическая приуроченность ряда ресурсных видов растений на территории национального парка «Югыд ва». Показана роль вертикальной поясности, типа растительности и литологического фактора (особенностей почвообразующих пород) в формировании горных почв и процессов гумусообразования. Материалы исследований могут быть использованы для определения состояния растительного покрова горных биоценозов западного макросклона Приполярного Урала как основы их дальнейшего мониторинга, послужат основой для составления региональных списков различных групп организмов.



Геоботанический отряд (нач. отр. В.Ю. Тетерюк). Данные, собранные отрядом при выполнении плановых тем отдела флоры и растительности Севера, дополняют сведения о флоре и растительности, состоянии популяций редких видов растений и почвенном покрове на двух ключевых участках западного склона Полярного Урала – в бассейне р. Лемва, а так же в верховьях р. Большая Хайма, в том числе о биологическом разнообразии двух ООПТ Республики Коми (ботанический заказник «Хайминский», ботанический памятник природы «Лемвинский»). Сведения о растительном покрове в нижнем течении р. Ния-ю (бассейн р. Уса) послужат основой рекомендаций для включения данной территории в систему ООПТ.

Результаты изучения популяционной биологии редких охраняемых видов сосудистых растений и сведения об их ключевых местообитаниях будут использованы для разработки видовых стратегий их охраны, работ по ведению Красной книги Республики Коми и организации мониторинга их состояния.



Продолжение комплексных исследований ресурсных видов рода *Thymus*, *Allium* и *Rubus chamaemorus* L. позволит выявить взаимосвязь между продуктивностью ценопопуляций, качественным и количественным составом БАВ и близостью/удаленностью от фитоценологического оптимума, отобрать фармакологически перспективные образцы для интродукции.

Полученные сведения о структуре, жизненном состоянии древостоев лиственничников и ельников и особенностях фотосинтетической способности лиственницы и ели на территории памятников природы «Лиственничное» и «Парнока-ю» дополняют сведения о механизмах устойчивости хвойных древостоев в условиях Приполярного Урала. Материалы исследований будут использованы для подготовки статей, коллективных монографий и выработки рекомендаций по совершенствованию региональной системы ООПТ.

Эколого-физиологический отряд (нач. отр. И.Г. Захожий). В рамках выполнения работ по теме «Экофизиология и стресс-физиология растений на Севере» были продолжены комплексные исследования механизмов адаптации фотосинтетического аппарата растений природной флоры и интродуцированных видов.



На основании анализа данных о фотосинтетической и дыхательной активности выявлена функциональная активность разновозрастной хвои растений *Pinus cembra* L. (сосна кедровая европейская), привитых на *Pinus sibirica*. С привлечением метода индуцированной флуоресценции хлорофилла дан анализ сезонных изменений функционального состояния фотосистемы 2 хвои *Pinus cembra* L. Выполнена количественная оценка сезонных и возрастных изменений в спектре накопления пластидных пигментов, в том числе пигментов виолаксантинового цикла.

На примере модельного вида – *Plantago media*, растения которого произрастали в контрастных по микроклиматическим условиям местообитаниях, продолжены исследования, направленные на выявление механизмов адаптации видов природной флоры к условиям окружающей среды. На основании анализа световых и температурных зависимостей CO_2 -газообмена установлены оптимальный и возможные пределы функционирования фотосинтетического аппарата изученных растений. Дана количественная оценка суточных изменений интенсивности фотосинтеза и дыхания листьев растений, произрастающих в резко контрастных по освещенности и температуре местообитаниях. Показана эффективность использования солнечной радиации растениями из различных экотопов. Выявлены суточные изменения содержания и соотношения фотосинтетических пигментов и пигментов виолаксантинового цикла, свидетельствующие о роли желтых пигментов в защите фотосинтетического аппарата от избыточной солнечной радиации. Установлены закономерности изменения липидного состава, углеводного пула и динамика содержания запасных веществ в фотосинтетических тканях растений в связи с их адаптацией к световому режиму местообитания.

Ляльская лесозоологическая экспедиция (нач. отр. А.И. Патов). Проведен сбор и первичный анализ полученных данных. Для оценки потока метана были обработаны 1120 проб воздуха с разных глубин торфяной залежи и 720 проб у поверхности болота. Выполнено 5000 измерений микрометеорологических параметров болота и 1300 измерений потока диоксида углерода. Продолжены исследования динамики отпада деревьев лиственных пород в производных осиновых и лиственнично-хвойных насаждениях на различных этапах их формирования.



Расширена база данных по комплексному описанию ландшафтных участков. Продолжено изучение CO_2 -газообмена хвои ели и сосны в заболоченных типах леса в подзоне средней тайги.

Почвенный отряд (нач. отр. Д.А. Каверин). Продолжены исследования строения, динамики и гидротермического режима минеральных и органо-генных мерзлотных почв тундры и лесотундры европейского Северо-Востока. Показано, что дифференциация температурных условий исследуемых почв была обусловлена различиями в мощности снежного покрова, отепляющее влияние которого стало более выраженным в условиях холодной зимы 2009-2010 гг.

Данные индивидуального состава полиароматических углеводородов (ПАУ) таежных почв, полученные в сезонной динамике, свидетельствуют об увеличении концентрации легких ПАУ в лизиметрических водах в осенний период за счет промывания полиаренов, образующихся при минерализации органического вещества подстилки в летний период. В ранневесенний период отмечено уменьшение миграции полиаренов из органо-генных и минеральных горизонтов, что связано со снижением биологической активности почв в зимний и ранневесенний периоды.

Проведенные оценки осредненных запасов углерода Большеземельской тундры говорят о более высоких запасах почвенного органического вещества (40.2 кг С/м^2) в регионе, чем это считалось ранее. Установлено, что основными источниками углерода являются органо-генные почвы, в том числе мерзлотные почвы плоскобугристых торфяников. Весо-



мый вклад в запасы углерода минеральных почв вносят процессы криотурбации, интенсивность которых возрастает к северу.

Второй почвенно-экологический отряд (нач. отр. А.Н. Панюков). Продолжено изучение самовосстановительной сукцессии многолетнего травянистого сообщества в таежной зоне. Показано, что уже на ранних стадиях наблюдаются сопряженные изменения биоты и почвы.



Получены новые сведения о трансформации основных компонентов (растительности, почвы) однолетних пахотных и многолетних агроэкосистем в связи с прекращением их хозяйственного использования в условиях Крайнего Севера. Установлено, что менее чем за 10 лет на месте «пашни» оформляется разнотравно-злаковое луговое сообщество с одернованной (вторичной) суглинистой или песчаной почвой. Нижние минеральные горизонты (глубже 20 см) остаются неизменными в течение всего периода существования пашни и пришедшего ей на смену лугового сообщества.

Наблюдения на модельном участке с полным циклом восстановления природной тундровой экосистемы показали, что к концу третьего десятилетия на месте сеяного луга формируется близкое по типу к целинной тундре вторичное посттехногенное ивняково-ерниково-моховое сообщество, характерное для равнинных слабопониженных водораздельных территорий.

Собраны полевые данные для выявления динамики численности и видового состава почвенной биоты в тундровых ландшафтах европейского Северо-Востока в зависимости от температурного режима, глубины залегания вечной мерзлоты и ландшафтно-экологических условий формирования тундровых почв. Анализ полученных сведений о динамике численности и видовом составе микроорганизмов, микро- и мезофауны, ферментативной активности пойменных лесных почв средней, северной, крайнесеверной тайги и лесотундры (долины рек Печора, Сысола, Вычегда) позволит выявить зональные закономерности формирования и функционирования аллювиальных лесных почв, связь биологической активности пойменных лесных почв с экологическими условиями их формирования, подзональные особенности распределения и сезонную динамику почвенной биоты в почвах пойменных лесных сообществ.

Таким образом, рабочие программы полевых исследований всех экспедиционных отрядов в 2010 г. были выполнены.

Т. Шубина,
ученый секретарь

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ В 2010 г.

Международный 2010 год нашего Института прошел под знаком дальнейшего увеличения активности молодежи, приведшей к подписанию и реализации целого ряда двухсторонних соглашений, завершения последнего междисциплинарного проекта 6-й Рамочной программы Еврокомиссии «CARBO-North» и интенсивного включения учреждения в мероприятия крупнейшего в истории Республики Коми природоохранного проекта ПРО-ОН/ГЭФ «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора».

В 2010 г. сотрудники Института выполнили совместные исследования в рамках 19 международных соглашений, контрактов, грантов и договоров о научном сотрудничестве.

В Институте побывал 51 иностранный ученый из 19 стран (Беларусь, Бельгия, Бразилия, Великобритания, Германия, Израиль, Канада, Литва, Латвия, Нидерланды, Норвегия, Словакия, Чехия, Швеция, Узбекистан, Украина, Финляндия, Франция, Япония).

В 2010 г. сотрудниками Института биологии было сделано 34 устных и 22 стендовых доклада на зарубежных научных конференциях, совещаниях и семинарах. Сотрудники посетили (55 чел./выезд) международные мероприятия, проводившиеся в 19 странах мира (Австралия, Беларусь, Бельгия, Болгария, Венгрия, Вьетнам, Германия, Испания, Италия, Норвегия, Словакия, Турция, Украина, Чехия, Швейцария, Швеция, Эстония, ЮАР, Япония).

Итак, в ушедшем году завершены комплексные междисциплинарные исследования в рамках международного проекта VI Рамочной программы ЕС «Определение запаса углерода на севере России: прошлое, настоящее, будущее (CARBO-North)» (2006-2010 гг.) с участием трех исследовательских групп Института биологии (отв. исп. В.И. Пономарев).

Цель проекта «CARBO-North» – количественное определение запасов углерода во временной и пространственной динамике на севере России. Исследования были направлены на выяснение темпов изменения экосистем, воздействия на запасы углерода, а также определение влияния меняющегося климата земного шара на экономическую политику.

Пакет программ 3 «Динамика ландшафта в вечной мерзлоте» (отв. исп. Е.М. Лаптева). Завершена работа по почвенному картированию шести ключевых участков, расположенных в зоне распространения многолетней мерзлоты: сплошное распространение (Верхняя Роговая), прерывистое (район пос. Сейда), островное распространение (участки среднего и верхнего течения рек Большая Роговая, Хоседа), сезонно промерзающие почвы (район пос. Ляли). Использование принципов классификации почв мировой коррелятивной базы почвенных ресурсов позволило оценить площадь, занимаемую мерзлотными почвами с глубиной залегания многолетней мерзлоты в пределах метровой толщи профиля почвы, на каждом участке. Широкое распространение мерзлотных почв в зоне распространения островной мерзлоты (участки в бассейне р. Большая Роговая) обусловлено относительно плоским рельефом водоразделов в пределах ключевых участков и их значительной заболоченностью.

Пакет программ 4 «Тайга и динамика верхней границы леса» (отв. исп. К.С. Бобкова). За последние 20 лет в процессе рубок главного пользования из лесного фонда Республики Коми изъято 31.3 млн. т углерода. Выявлено, что эмиссия углерода в ельнике черничном после низового пожара в течение 40-50 лет составляет 25.7, после верхового – 84.36 т/га, в сосняке черничном – 20.1-60.0 т/га соответственно. В условиях средней тайги в ельнике чернично-сфагновом на болотно-подзолистых почвах выделяется за год в среднем 2.69 т углерода. Выявлена тесная положительная связь скорости выделения CO_2 с поверхностью почвы с температурой ($R^2 = 0.79-0.95$). Связь эмиссии CO_2 с влажностью почвы слабая ($R^2 = 0.05-0.5$).

Пакет программ 5 «Динамика тундры: объединение физических, химических и биологических процессов» (отв. исп. Е.Н. Патова). Проведено сравнительное изучение влияния нарушений на углеродный обмен тундровых фитоценозов на вечной мерзлоте, в том числе в критических температурных условиях, на примере естественных и трансформированных сообществ торфяного термокарстового комплекса в бассейне р. Колва в зоне влияния объектов нефтедобычи. По-

казано, что тундровые сообщества в зоне влияния буровой, подвергнувшись 15 лет назад антропогенному воздействию, в период проведения исследований представляли собой источник углерода со среднесуточной скоростью $25 \pm 8.3 \text{ кгC}/0.5 \text{ км}^2 \text{ сут.}^{-1}$. За период наблюдений в фоновых сухих и увлажненных тундрах наблюдали преимущественный исток углерода. Изменения в углеродном обмене трансформированных ценозов с атмосферой связаны со структурными изменениями растительных сообществ и трансформацией верхних торфяных горизонтов. Существенную долю в балансе углерода влажной тундры составляла эмиссия метана. Выделение метана в ненарушенных осоково-пушицево-моховых тундрах ($7.3 \pm 3.1 \text{ кг C сут.}^{-1}$) активировано высокими температурами, а в трансформированных осоково-пушицево-моховых тундрах ($5.2 \pm 1.3 \text{ кг C сут.}^{-1}$) – высокими температурами и нарушениями.

Пакет программ 6 «Запасы, распределение и потенциал разложения почвенного органического вещества» (отв. исп. Д.А. Каверин). На основе векторных карт, подготовленных для шести ключевых участков, определены площади основных типов почв. Широкое распространение мерзлотных органогенных и минеральных почв (Histic Cryosol, Cryic Histosol) обусловлено относительно плоским рельефом тундровых водоразделов и значительной заболоченностью территории. Показано, что немерзлотные почвы и почвы с заглубленной кровлей мерзлоты приурочены преимущественно к дренированным водоразделам, речным долинам, локальным понижениям и подветренным склонам. Под редколесьями и высокой кустарниковой растительностью развиты слабодифференцированные и глеевые почвы (Cambisols, Gleysols). Под лесной растительностью в зоне лесотундры и в тайге распространены оподзоленные типы почв (Albeluvisols).

Проведенные расчеты свидетельствуют о более высоких запасах почвенного органического вещества в регионе, чем это считалось ранее. Основными источниками углерода являются органогенные почвы (Histosol), которые занимают участки распространения болот и торфяных плато. Весомый вклад в запасы углерода минеральных почв вносит присутствие в

почвах криотурбированных горизонтов (Turbic Cryosol). Однако большая часть минеральных почв, за исключением торфяно-глеевых и пойменных, характеризуется относительно низкими запасами углерода.

Выполнены задачи 2010 г. соглашения № 33-2009 о целевом финансировании работ по проведению инвентаризации биоразнообразия ООПТ РК и выявлению перспективных для включения в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми территорий в рамках проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2009–2013 гг.) (отв. исп. С.В. Дегтева). Проанализированы литературные и архивные данные о биологическом разнообразии ООПТ республиканского значения, расположенных в Княжпогостском, Интинском (частично) и Корткеросском (частично) районах Республики Коми. Проведены комплексные научно-исследовательские работы по натурной инвентаризации биологического разнообразия 28 ООПТ, для одной ООПТ выполнена камеральная инвентаризация. Организованы и проведены полевые поисковые работы по выявлению территорий и объектов, перспективных для включения в состав системы ООПТ РК северо-восточных районов Республики Коми. Выполнено картирование ключевых элементов биоразнообразия, в том числе местообитаний редких видов. Определена степень антропогенной нарушенности и репрезентативности экосистем, типов растительности и местообитаний обследованных ООПТ, сформулированы предложения по организации на них долговременного мониторинга. Обоснованы предложения по организации новых ООПТ в северо-восточных районах Республики Коми.

Продолжались исследования по договору № 39-2009 на выполнение научно-исследовательских работ по теме «Характеристика ключевых орнитологических территорий и миграционных путей копытных» в рамках проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2009–2010 гг.) (отв. исп. С.К. Кочанов). Определены наиболее

значимые ключевые участки на территории Республики Коми и выработаны рекомендации и предложения о создании сезонных ООПТ. Установлено, что распределение ключевых орнитологических территорий (исключая Печоро-Ильчский заповедник и национальный парк «Югыд ва») в большей степени находится в зависимости от наличия крупных населенных пунктов (плотности населения) и развитости дорожной сети, нежели от расположения ООПТ. Подготовлены предложения о запрете весенней охоты и предложены меры по распространению среди местного населения, инспектирующих природоохранительных организаций, предприятий и организаций, связанных с добычей, транспортировкой и переработкой природных ресурсов, информации о важности ряда местообитаний и территорий. В министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми переданы материалы об ограничении или полном запрете охоты на ключевых орнитологических территориях в Сыктывдинском и Воркутинском районах республики.

Успешно выполнен договор № 21у-2010 на выполнение научно-исследовательских работ по теме «Подготовка обзора «Биоразнообразие Республики Коми» в рамках проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2010 г.) (отв. исп. А.Г. Татаринев). Обзор включает общую физико-географическую характеристику территории, анализ современных концепций и методов изучения биоразнообразия, характеристику разнообразия основных групп грибов, растений и животных, определение пробелов в информации о биоразнообразии территории, оценку глобальной значимости, существующих и потенциальных угроз для биоразнообразия республики, предложения по организации мониторинга биоразнообразия и первичных экосистем Республики Коми с целью их сохранения и рекомендации по сохранению биоразнообразия Республики Коми. Подготовлены три раздела обзора: «Общая физико-географическая, ландшафтная и экологическая характеристика территории Республики Коми», «Общая характеристика степени нарушенности экосистем. Географическое и биоклиматическое зонирование. Характеристика разнообразия

экосистем и местообитаний, ценотического разнообразия растительного покрова, их репрезентативности в пределах Республики Коми», «Современные концепции, методы изучения и оценки биоразнообразия». На основе анализа литературных, архивных и собственных данных, результатов полевых исследований установлено, что на территории Республики Коми произрастает более 1200 видов сосудистых растений, встречается более 3500 паукообразных, более 6000 видов насекомых, около 50 видов рыб, шесть видов земноводных, пять видов пресмыкающихся, около 310 видов птиц и 61 вид млекопитающих.

В соответствии с тезисами по договору № 27у-2010 завершены научно-исследовательские работы по теме «Создание карты растительности Республики Коми» в рамках проекта ПРООН/ГЭФ 00059042 «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2010 г.) (отв. исп. С.В. Ильчуков). Выявлено типологическое разнообразие растительного покрова, определены необходимые для показа на цифровой карте в виде полигонов типы растительности. Сфотографированы и представлены планы лесонасаждений 32 лесничеств, национального парка «Югыд ва» и Печоро-Ильчского заповедника. Планы лесонасаждений подготовлены для преобразования в цифровые модели. Выполнены проецирование и географическая привязка растительных изображений планов лесонасаждений с помощью утилиты ImageWarp 2.0 программы ArcView. В ГИС-программе ArcView составлены цифровые среднемасштабные (М 1:500 000) карты растительности по всем 34 отдельным участкам Республики Коми. С помощью утилиты «Пространственные операции» программы ArcView составлена модель цифровой карты растительности Республики Коми (М 1:500 000), а также разделение единого растительного покрова республики на семь цифровых слоев, соответствующих растительности природных подзон. Составлены легенды карты в русском и английском вариантах.

Успешно продолжались работы по соглашению о научном сотрудничестве на период 2008–2013 г. между Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН и Институтом леса Финляндии

(МЕТЛА) в области селекции гибридной осины (отв. исп. А.Л. Федорков). Соглашение предусматривает проведение совместных исследований по селекции гибридной осины. В 2009 г. начата отработка технологии выращивания посадочного материала гибридной осины на базе тепличного комплекса ОАО «Монди СЛПК» в Сысольском районе. Получена первая пробная партия посадочного материала. Полученными саженцами заложен первый архив клонов, в котором представлены 45 сортов-клонов гибридной осины и 10 клонов обыкновенной осины (контроль). Проведенная инвентаризация саженцев показала высокую приживаемость (98%) и хорошее состояние высаженных осенью 2009 г. растений.

Столь же успешно выполнены работы по соглашению о научном сотрудничестве между Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН и Институтом SkogForsk (Швеция) в области селекции сосны обыкновенной (отв. исп. А.Л. Федорков). Исследована сезонная изменчивость роста сосны обыкновенной в экспериментальных (географических) культурах, заложенных параллельно в северной Швеции и Республике Коми. В 2010 г. в экспериментальных (географических) культурах сосны произведен отбор образцов почек с растений различного происхождения весной (май), в конце лета (август) и осенью (сентябрь) для микроскопического исследования. Цель работы – определить амплитуду меридиональной изменчивости начала и окончания активности клеток в почках сосны обыкновенной, сформировавшейся в условиях морского (северная Швеция) и умеренно-континентального (Республика Коми) климата.

На мажорной ноте завершен контракт М11-08/01 (2008–2010 гг.) между Норвежским агентством по радиационной защите (NRP) и Институтом био-

логии Коми НЦ УрО РАН на выполненные темы «Оценка воздействия низких уровней естественной/техногенной радиоактивности на дикую природу Севера» в рамках проекта «INTRANOR» (отв. исп. Т.И. Евсеева). Изучено воздействие повышенных уровней естественной радиоактивности на природу северных территорий. В этих условиях в популяциях растений и животных в течение более чем 20-летнего периода сохраняются негативные эффекты, выражающиеся в повышенном уровне цитогенетических нарушений, снижении репродуктивной способности и численности. Пределы безопасных уровней воздействия для референтных видов (*Pinus sylvestris* L., *Vicia cracca* L., *Lumbricus rubeus* Hoffmeister, *Dendrobaena octaedra* Sav.), обитающих на территории с повышенным содержанием радионуклидов уранового и ториевого рядов, ниже, чем значение 10 мкГр/ч, которое было определено для биоты в случае хронического действия внешнего гамма-излучения.

Завершены исследовательские работы по гранту Фонда поддержки научных исследований США (NSF) OPP 0352958 «Циркумполярный мониторинг деятельного слоя многолетнемерзлых грунтов CALM II: долговременные наблюдения за системой климат–деятельный слой–мерзлота» (отв. исп. Д.А. Каверин). На площадке циркумполярного мониторинга деятельного слоя R2 (Аяч-Яга) продолжены наблюдения за температурным режимом торфянисто-глеевой мерзлотной почвы, сезонной динамикой абсолютных высот ее поверхности и глубиной протайки сезонно-талого слоя. В 2010 г. средняя глубина протайки составила 89 см, а к концу вегетационного сезона она достигла подошвы сезонно-талого слоя. Увеличение мощности сезонно-талого слоя на 6 см по сравнению с 2009 г. связано с умерен-

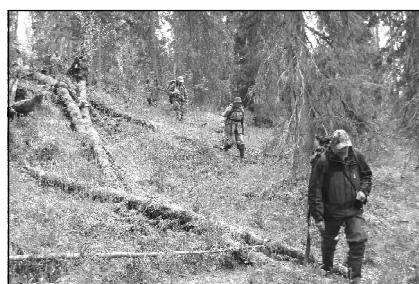
но-теплыми погодными условиями летнего периода: сумма положительных температур воздуха в 2010 г. составила 1040 °С. Статистическая обработка массива данных за 2010 г. не выявила корреляционных связей между глубиной сезонного протаивания почвы, мощностью ее органического слоя и предзимней влажностью.

По традиции интересные результаты получены по международной программе «Организация сети слежения за состоянием лесов в условиях воздушного промышленного загрязнения в соответствии с международными стандартами» (ICP-Forest), финансируемой Минприроды России (отв. исп. К.С. Бобкова). Мониторинг химического состава подкрановых снеговых вод в старовозрастных ельниках средней тайги показал, что общая минерализация снегового покрова стабильно низкая. По химическому составу твердые осадки, поступающие под полог старовозрастных ельников, относятся к гидрокарбонатно-кальциевым с преобладанием гидрокарбонат-ионов, катионов кальция, калия, натрия и хлорид-ионов. Талые подкрановые воды ельников слабокислые, при средней величине pH 5.2. Полог еловых древостоев оказывает наибольшее влияние на химический состав снега в период снеготаяния, увеличивая концентрации отдельных его компонентов. Данные по химическому составу снеговой воды под пологом коренных ельников средней тайги Республики Коми могут быть использованы при фоновом комплексном мониторинге лесных экосистем.

Выполнены условия договора о научном сотрудничестве между Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН и Департаментом наук об окружающей среде университета Восточной Финляндии по проекту «Механизмы, лежащие в основе выбросов N₂O с поверхности торфа в тундре, подверженной процессам криотурбации (CryoN)» (отв. исп. Д.А. Каверин). В тундровой зоне выявлены участки повышенной эмиссии N₂O из почвы. Они приурочены к крупным (диаметром до нескольких метров) лишенным растительности пятнам пучения на поверхности торфяных плато. Подобные пятна являются мощным источником поступления в атмосферу оксида азота (I), в сутки с поверхности таких пятен выделяется от 1.9 до 31 мг N₂O на 1 м², что существенно выше по сравнению с другими типами тундровых почв. В



На пресс-конференция для СМИ, посвященной визиту в Республику Коми Постоянного представителя ООН в России г-на Фреде Мауринга.

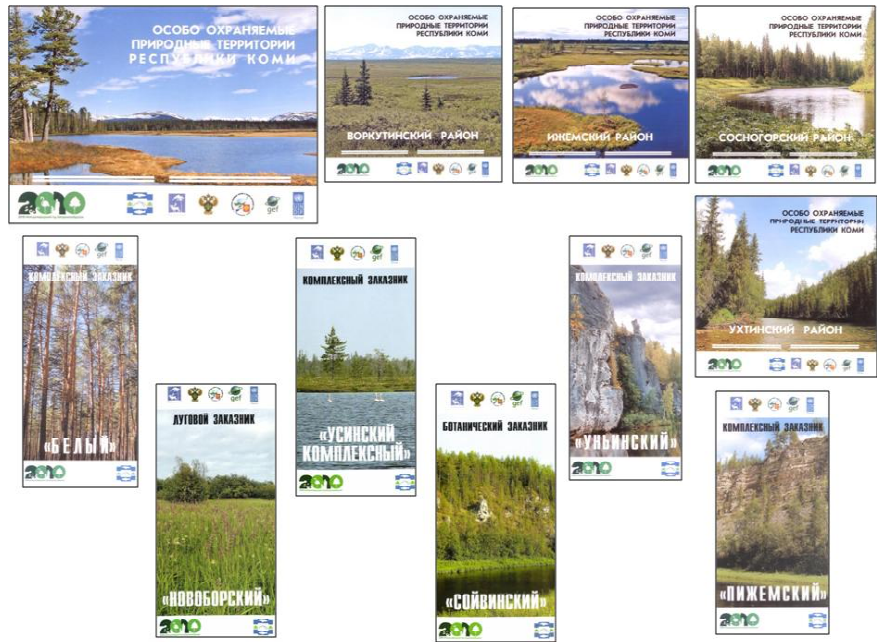


В полевом маршруте исследовательская группа международного экспедиционного отряда «Печора».

связи с этим в 2010 г. проведены детальные исследования эмиссии N_2O на территории бугристых торфяников в бассейне р. Сейда (Республика Коми, Воркутинский р-н), изучена морфология сезонно-талого слоя торфяных почв, отобраны образцы почв из почвенных горизонтов и многолетнемерзлых пород, а также пробы почвенного воздуха. Заложены цифровые датчики для исследования гидротермического режима торфяных почв и динамики CO_2 в сезонно-талом слое, с помощью газометрических камер оценена валовая эмиссия N_2O . С целью выявления закономерностей поведения минерального азота в торфяных почвах проведен полевой эксперимент с использованием изотопов ^{15}N .

В полном соответствии с планами прошли исследования в рамках международного проекта «The INFN Treatment Planning System Project» (отв. исп. Д.В. Гурьев). Проведены совместные эксперименты в лаборатории радиационной биологии Института ядерной физики в г. Леньяро (Италия). Объектом исследования служили культивируемые *in vitro* клетки млекопитающих (линия V79 – фибробласты легкого китайского хомячка). В первом эксперименте использовали Co^{60} как источник излучения. Облучали клетки остро в дозах 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 6 Гр. После облучения одну часть клеток высаживали в различной концентрации (в зависимости от дозы) в чашки Петри и оставляли на семь дней в CO_2 -инкубаторе для формирования колоний, которые затем подсчитывали для оценки «кривых выживаемости». Другую часть клеток использовали для определения уровня фрагментации ДНК методом Comet-Assay (версия с нейтральным значением pH). Аналогичные методы использовали и в двух последующих экспериментах, где в качестве источников излучения использовали ускоренные ионы углерода и протоны с ЛПЭ 200 и 28.8 КэВ/мкм соответственно в дозах 0, 0.25, 0.4, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 3 и 4 Гр.

Открыты работы в рамках трехлетнего договора о научном сотрудничестве между Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН, Институтом ботаники и ландшафтной экологии университета Грейфсвальда и Институтом почвенных наук университета Гамбурга по проекту «Динамика углерода и воды в болотах и лесах таежной зоны в Республике Коми, Россия» (отв. исп. С.В. Загирова). Микроклиматические на-



В рамках проекта ПРООН/ГЭФ Институтом биологии подготовлены и выпущены в свет 11 красочных буклетов о системе ООПТ Республики Коми, сетях ООПТ Воркутинского, Ижемского, Сосногорского и Ухтинского районов, а также о ряде конкретных заказников.

блюдения на болоте Усть-Пожег показали, что в июле 2010 г. минимальная температура воздуха составила +1 °С, максимальная +34 °С, а температура верхнего горизонта торфа (0-5 см) +9 и +32 °С соответственно. В результате аномально жаркой и сухой погоды на исследуемом болоте концентрация метана в приземном слое атмосферы была в два раза ниже, чем в 2008 г. за этот же период. Максимальная скорость эмиссии метана наблюдалась в осоково-сфагновых сообществах и снижалась на кочках и мочажинах. Проведены сезонные наблюдения за гидрологическим режимом в исследуемом болотном комплексе, взяты образцы воды для определения биогеохимического состава DOC и DIC, а также образцы метана для выявления количества стабильных изотопов углерода.

Один из брендов Института биологии – его лаборатория «Экоаналит» – продолжала участие в международных межлабораторных сравнительных испытаниях в рамках проектов Life+/Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System (the LIFE+ FutMon project) and the International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests) – «Жизнь+/Дальнейшее расширение и реализация лесной системы мониторинга уровня Евросоюза» и «Международная программа сотруд-

ничества по оценке и мониторингу воздействия загрязнения воздуха на леса», а также The International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes – «Международная совместная программа по оценке и контролю окисления рек и озер» (зав. лаб. к.х.н. Б.М. Кондратенко).

В 2010 г. Институтом биологии организованы и проведены следующие крупные международные форумы:

- Международная конференция «Генетика продолжительности жизни и старения» (12-15 апреля);
- Второе международное совещание по фитостероидам (4-7 июля);
- Международный симпозиум «LARIX-2010» (7-10 сентября);
- III международная конференция «Новое в биологии землероек» (14-17 сентября).

Ничуть не менее амбициозные планы строит Институт в отношении мероприятий в рамках международного научного сотрудничества и в 2011 г., продолжая традиции, заложенные безвременно ушедшим из жизни нашим директором Анатолием Ивановичем Таскаевым, память о котором, дела и планы которого, пока мы живы, будут продолжаться и развиваться в нас, в наших успехах, открытиях и достижениях...

В. Пономарев,
ученый секретарь
по международному сотрудничеству

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА
ВЕЧНОЗЕЛЕННЫХ РАСТЕНИЙ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ**

Сохранение и продолжительное функционирование фотосинтетического аппарата (ФА) позволяет вечнозеленым растениям и, в частности, хвойным занимать обширный ареал, распространяясь вплоть до гипоарктических широт. На территории Республики Коми вечнозеленые хвойные являются основными лесообразующими породами и занимают более 80 % лесопокрытой площади [2]. Зимнезеленые виды обычно формируют подлесок хвойных лесов и нередко являются доминантами травяно-кустарничкового яруса.

Фотосинтетический аппарат хвойных древесных растений значительную часть года испытывает неблагоприятное действие низкой температуры, нередко в сочетании с высокой инсоляцией. Особое значение в его устойчивости придается фотосинтетическим пигментам и в первую очередь – каротиноидам [12].

Изучению пигментного комплекса вечнозеленых растений посвящено немало работ. Вместе с тем, анализ литературы показывает, что данные о сезонных изменениях содержания и соотношения фотосинтетических пигментов хвойных деревьев довольно противоречивы, а для зимнезеленых видов травяно-кустарничкового яруса весьма ограничены. В ряде работ [14, 20, 22] показано снижение пула хлорофиллов в хвое *Pinus sylvestris* зимой по сравнению с летним периодом. Другие авторы [7, 8, 11] обнаружили в течение года несколько максимумов содержания пигментов у *Pinus sylvestris*, *Juniperus communis* и *Picea abies*. По данным [5] вечнозеленые растения Кольской Субарктики не имели отчетливо выраженного максимума накопления хлорофиллов и каротиноидов в течение года. Некоторыми авторами отмечено увеличение в холодный период года концентрации пигментов – участников виолаксантинового цикла (ВКЦ) [14, 19, 22].

Нами исследованы закономерности изменения количественного и качественного состава фотосинтетических пигментов в годичном цикле пяти видов вечнозеленых растений бореальной зоны. Выявлена сезонная динамика уровня деэпоксидации пигментов виолаксантинового цикла. Доказано участие зеаксантин-зависимого механизма в защите фотосинтетического аппарата от фотодинамического повреждения.

Объекты и методы исследований

Образцы хвои *Picea obovata* Ledeb. (ель сибирская), *Abies sibirica* Ledeb. (пихта сибирская), *Juniperus communis* L. (можжевельник обыкновенный) и листьев *Vaccinium vitis-idaea* L. (брусника обыкновенная), *Pyrola rotundifolia* L. (грушанка круглолистная) отбирали периодически в течение нескольких лет (2007-2009 гг.). Хвойные произрастали в ельнике чернично-зеленомошном, растения брусники и грушанки – в елово-осиновом разнотравном лесу. Возраст деревьев пихты и ели составлял 30-40 лет, кустов можжевельника – около 20 лет.



Т. Головко



О. Дымова



Я. Яцко

Содержание зеленых и желтых пигментов определяли спектрофотометрически на приборе UV-1700 (Shimadzu, Япония) в ацетоновой вытяжке при длинах волн 662, 644 нм (хлорофиллы) и 470 нм (каротиноиды) [6]. Долю хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК) рассчитывали по методу [18]. Разделение каротиноидов осуществляли хроматографически на стеклянных пластинах с равномерно нанесенным сорбентом. Компонентами сорбента являлись CaCO₃, MgO и Ca(OH)₂. В качестве элюента использовали растворители – бензин марки «Нефрас», ацетон и хлороформ в соотношении 6:5:4. Пигменты элюировали растворителями (каротин – петролейным эфиром, ксантофиллы – этиловым спиртом) и измеряли оптическую плотность растворов. Для более точного разделения и анализа каротиноидов в дальнейшем использовали ВЭЖХ [16]. Состояние деэпоксидации пигментов ВКЦ оценивали по соотношению [(Z + 0.5 An) / (V + An + Z)], где Z – зеаксантин, V – виолаксантин и An – антераксантин [25].

Параметры индуцированной флуоресценции хлорофилла определяли с помощью специализированного флуориметра PAM-2100 (Walz, Германия). Фотосинтетическую активность листьев оценивали по скорости CO₂-газообмена, измеренной ИК-газоанализатором LI-7000 (LICOR, США) при 20° С.

Результаты и их обсуждение

Пигментный комплекс растений. Установлено, что наиболее высоким содержанием хлорофиллов и каротиноидов в течение года характеризовались листья *P. rotundifolia* (рис. 1). Концентрация фотосинтетических пигментов в хвое была в два-четыре

Головко Тамара Константиновна – д.б.н., проф., зав. лабораторией экологической физиологии растений. E-mail: t.golovko@ib.komisc.ru. Область научных интересов: физиология и экология растений, фотосинтез, дыхание, стресс, адаптация.

Дымова Ольга Владимировна – к.б.н., с.н.с. этой же лаборатории. E-mail: dymovao@ib.komisc.ru. Область научных интересов: фотосинтетические пигменты, виолаксантиновый цикл.

Яцко Яков Николаевич – к.б.н. Область научных интересов: фотосинтетические пигменты, зимнезеленые растения.

раза ниже. Это согласуется с имеющимися в литературе сведениями о различиях в мощности пигментного аппарата травянистых и древесных растений [17].

По амплитуде варьирования фонда зеленых пигментов (разница между максимальными и минимальными концентрациями в течение года) исследованные виды располагаются в следующем порядке: *P. rotundifolia* > *V. vitis-idaea* > *A. sibirica* > *J. communis* > *P. obovata*. У большинства видов максимум накопления хлорофиллов отмечали в летне-осенний, минимум – в зимне-весенний период. Фонд пигментов в хвое *P. obovata* был более стабильным по сравнению с другими видами растений, в листьях и хвое которых отмечали снижение содержания хлорофиллов и каротиноидов к началу весны. Так, содержание хлорофиллов в хвое *A. sibirica* в марте-мае составляло 2.2-2.5 мг/г и было почти на 30 % ниже, чем в летне-осенний период. В хвое *J. communis* максимум содержания хлорофиллов приходился на июль-сентябрь, снижение уровня зеленых пигментов начиналось с наступлением зимы. Сходные изменения в содержании зеленых пигментов наблюдали в листьях кустарничка *V. vitis-idaea*. Максимальные концентрации зеленых пигментов в листьях *V. vitis-idaea* отмечали в июле-сентябре. У травянистого многолетника *P. rotundifolia* содержание хлорофиллов повышалось с мая по сентябрь примерно в 1.3 раза (от 4.8 до 6.5 мг/г), а к декабрю снижалось до 4 мг/г. О подобных закономерностях содержания пигментов у близкородственного вида *Pyrola media* в условиях Хибин сообщалось в работе [5].

Величина соотношения Хл *a/b* у исследованных видов в течение года составляла 2.4-2.9, доля хлорофиллов в ССК варьировала в пределах от 56 до 70 %. В целом, данные о содержании хлорофиллов, соотношении Хл *a/b* и доле хлорофиллов, принадлежащих ССК, позволяют отнести изученные виды растений к группе теневыносливых. С наступлением зимы (декабрь) у большинства видов отмечали тенденцию к уменьшению пула хлорофиллов, принадлежащих ССК, что свидетельствует о снижении светособирающей функции пигментного комплекса под воздействием неблагоприятных условий. Возрастание в холодный период года относительно содержания каротиноидов отражает устойчивость желтых пигментов к повреждающим условиям среды и их защитную функцию.

Содержание индивидуальных каротиноидов в листьях вечнозеленых растений в годичном цикле. В течение года в фонде желтых пигментов листьев изученных видов растений преобладали ксантофиллы (80-85 %). Содержание β-каротина (β-кар) составляло в среднем 15-20 % от общей суммы каротиноидов. Большая часть ксантофиллов была представлена лютеином (Лют) (до 70 %). На долю виолаксантина (Вио), неоксантина (Нео) и антраксантина (Ант) приходилось соответственно 12, 10 и 8 % от общей суммы каротиноидов. Зеаксантин (Зеа) обнаруживался в наименьших концентрациях – до 5.5 % от общей суммы каротиноидов (рис. 2).

У хвойных растений содержание Вио в зимне-весенний период было сравнительно низким и закономерно возрастало к концу лета-началу осени.

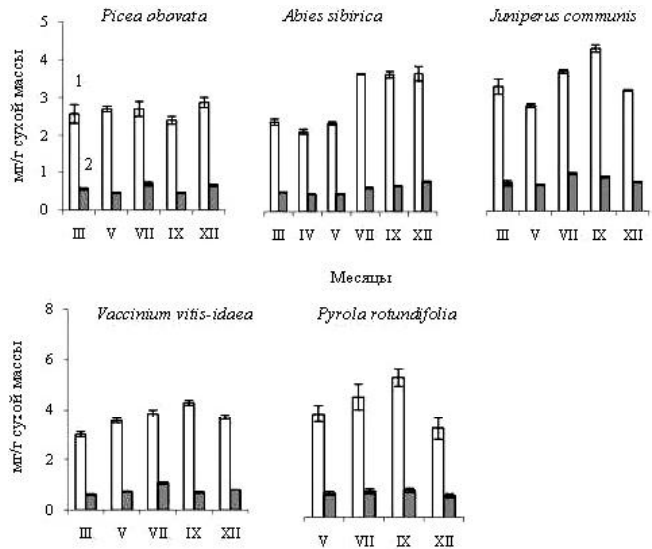


Рис. 1. Сезонная динамика содержания хлорофиллов (1) и каротиноидов (2) в листьях вечнозеленых растений.

В листьях *V. vitis-idaea* концентрация Вио, напротив, достигала своего наибольшего значения в холодный период года (декабрь-март), а к середине лета снижалась почти вдвое. В фонде каротиноидов листьев *P. rotundifolia* содержание Вио в течение года находилось на относительно постоянном уровне и незначительно снижалось к середине лета.

Появление Ант и Зеа в пигментном комплексе хвойных видов регистрировали в зимне-весенний период. В середине лета данные ксантофиллы в хвое отсутствовали или обнаруживались в следовых количествах. Наибольшие концентрации Ант и Зеа

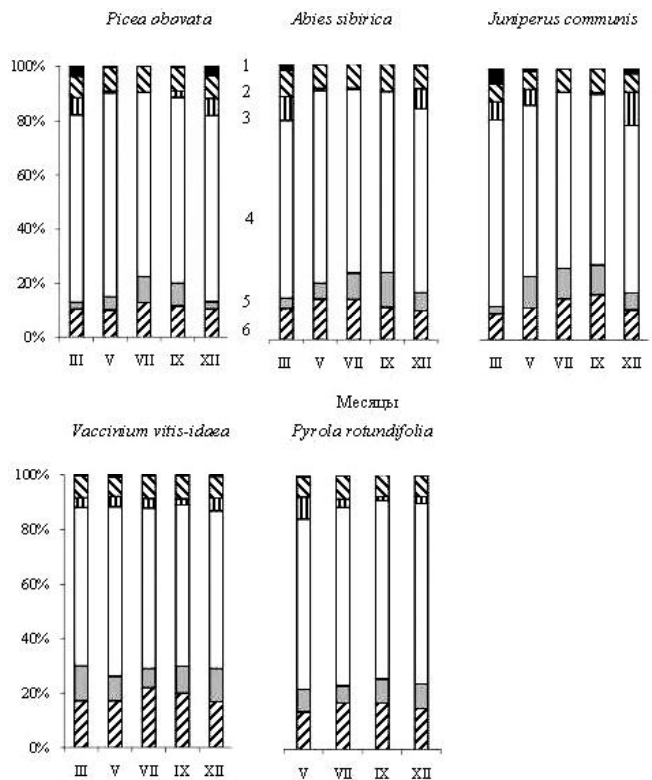


Рис. 2. Сезонные изменения относительного содержания каротиноидов в листьях вечнозеленых растений. Условные обозначения: 1 – зеаксантин, 2 – неоксантин, 3 – антраксантин, 4 – лютеин, 5 – виолаксантин, 6 – β-каротин.

отмечали в декабре-марте. Растения травяно-кустарничкового яруса содержали Ант и Зеа в течение всего года. Наибольшие концентрации Зеа у *P. rotundifolia* и *V. vitis-idaea* регистрировали в мае.

Анализ величины деэпоксидации пигментов ВКЦ (DEPS) показал, что у древесных хвойных видов уровень DEPS был наибольшим в зимне-ранневесенний период года, особенно в марте, когда низкие температуры воздуха сочетались с высокой инсоляцией (табл. 1). Для хвой *P. obovata* в декабре-марте характерны стабильно высокие значения деэпоксидации пигментов ВКЦ (около 50%). В ассимилирующих органах *A. sibirica* и *J. communis* зимой уровень DEPS составлял 30 %, а к началу весны возрастал в 1.5-2 раза. В июле, при температуре воздуха 18-20 °С, деэпоксидация пигментов ВКЦ у хвойных видов была подавлена.

Таблица 1
Степень деэпоксидации пигментов ВКЦ в листьях вечнозеленых растений в течение года (DEPS), %

Месяц	Вид				
	<i>Picea obovata</i>	<i>Abies sibirica</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	<i>Pyrola rotundifolia</i>
Март	54	46	60	13	–
Май	12	23	21	18	29
Июль	0	2	0	19	17
Сентябрь	13	0	3	9	6
Декабрь	53	30	38	17	10

В листьях *V. vitis-idaea* уровень DEPS в течение большей части года составлял 13-20 % и снижался к сентябрю до 9 %. Величина DEPS в листьях *P. rotundifolia* была максимальной в мае (около 30 %), а к сентябрю уменьшалась в пять раз. В период, когда растения травяно-кустарничкового яруса находились под снегом, уровень деэпоксидации пигментов ВКЦ был ниже, чем в период активной вегетации (май-июль).

Сезонные изменения параметров индуцированной флуоресценции хлорофилла в листьях вечнозеленых растений. Исследования показали, что в течение года хвойные характеризовались существенным изменением величины максимального квантового выхода фотохимии ФС II (F_v/F_m). У листьев растений травяно-кустарничкового яруса в зимний период этот показатель снижался в меньшей степени (рис. 3). Максимальные значения F_v/F_m у хвойных приходились на июль-сентябрь и достигали теоретически возможных для этого параметра величин 0.82-0.85. В декабре-марте соотношение F_v/F_m было наименьшим. Значительное снижение потенциальной способности к фотохимии в зимне-ранневесенний период может быть обусловлено уменьшением количества активных РЦ ФС II и/или конформационными изменениями полипептидов, входящих в состав ФС II. Определенный вклад вносит, по-видимому, и деградация основного белка реакционного центра ФС II, на что указывали авторы ряда работ [23, 26]. Наблюдаемое нами увеличение показателя F_v/F_m у хвойных к маю отражает восстановление структурно-функциональной

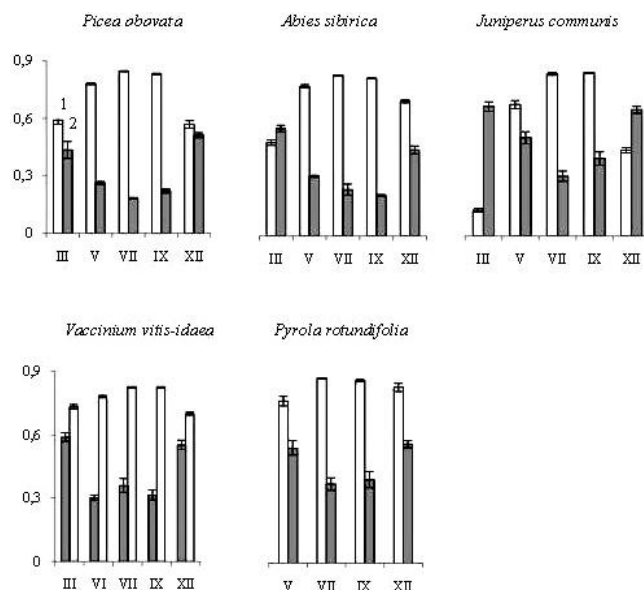


Рис. 3. Сезонная динамика величин F_v/F_m (1) и D (2) листьев вечнозеленых растений. Месяцы обозначены римским цифрами.

целостности компонентов ФС II при установлении благоприятных температурных условий. Подобные закономерности сезонного изменения величины F_v/F_m свойственны вечнозеленым растениям из различных географических зон [19, 21], но у исследованных нами видов бореальной зоны они выражены сильнее. Из литературы известно, что в весенний период восстановление активности ФС II в хвое древесных хвойных видов происходит за счет ресинтеза белка D1 и полипептидов ССК II, а также повторной сборки светособирающих олигомерных комплексов ФС II [22].

Реальный квантовый выход фотохимической активности ФС II (Y) характеризует долю световой энергии, используемой в процессе электронного транспорта, от общего количества поглощенной энергии. Величина данного показателя закономерно возрастала с марта по июль-сентябрь, достигая значений 0.70-0.78 (табл. 2). Не вся поглощенная светособирающими комплексами энергия света используется для разделения зарядов в реакционных центрах ФС II. Определенная ее часть диссипирует в виде тепла. По нашим данным показатель тепловой диссипации энергии в ФС II ($D = 1 - Y$) достигал максимальных значений (0.4-0.8) в зимне-ранневесенний период (рис. 3). Наибольшие потери энергии возбуждения в холодный период года были отмечены у *J. communis*. У хвой *A. sibirica* и *P. obovata*

Таблица 2
Сезонная динамика величины реального квантового выхода фотохимической активности ФС II (Y) в листьях вечнозеленых растений, отн. ед. (при ФАР = 100-150 мкмоль/м² с)

Вид	Месяц				
	III	V	VII	IX	IX
<i>P. obovata</i>	0.26±0.01	0.69±0.01	0.78±0.01	0.74±0.01	0.45±0.01
<i>A. sibirica</i>	0.40±0.02	0.64±0.01	0.72±0.03	0.73±0.01	0.49±0.02
<i>J. communis</i>	0.09±0.01	0.54±0.02	0.76±0.01	0.63±0.02	0.35±0.01
<i>V. vitis-idaea</i>	0.49±0.04	0.61±0.01	0.70±0.03	0.60±0.04	0.45±0.03
<i>P. rotundifolia</i>	–	0.55±0.03	0.74±0.01	0.60±0.04	0.40±0.05

зимой и ранней весной были зарегистрированы более низкие значения D . У растений травяно-кустарничкового яруса зимой и ранней весной в виде тепла диссипировало около 40 % энергии. В летний период показатель D у всех видов был минимальным (0.2-0.3). Таким образом, наши данные показывают, что более резкие сезонные изменения величины D характерны для хвойных. Разница между максимальным и минимальным значением D у хвойных деревьев была в два-три раза больше, чем у растений травяно-кустарничкового яруса.

Сезонные изменения интенсивности CO_2 -газообмена листьев вечнозеленых растений. Способность листьев вечнозеленых растений осуществлять фотосинтез в течение года определяется сезонными изменениями температуры. Наибольшая ассимиляционная активность листьев изученных видов наблюдалась в условиях лета–начала осени (рис. 4). Зимой способность листьев вечнозеленых видов к положительному газообмену резко снижалась. Результаты регистрации скорости H_2O -обмена с помощью инфракрасного CO_2/H_2O -анализатора показали, что в этот период практически отсутствовала транспирация. Относительно низкие значения интенсивности видимого фотосинтеза листьев вечнозеленых в зимне-ранневесенний период, вероятно, обусловлены не только закрытием устьиц, но и подавлением работы цикла Кальвина по утилизации АТФ и НАДФ·Н под действием отрицательных температур. Резкое снижение или полное отсутствие ассимиляционной активности хвойных видов в период покоя отмечали и другие авторы [13, 15, 24, 27]. Полное восстановление фотосинтетической активности у исследованных нами видов хвойных растений происходило в начале лета и проявлялось в достижении максимальных за год значений интенсивности фотосинтеза.

Сходный характер сезонных изменений способности ассимилировать CO_2 был выявлен и у растений травяно-кустарничкового яруса. У листьев *P. rotundifolia* минимальные показатели интенсивности видимого фотосинтеза наблюдали зимой, наибольшие – летом. У кустарничка *V. vitis-idaea* наибольшие в течение года значения нетто-ассимиляции (4 мг CO_2 /(г сухой массы ч)) были зарегистрированы в сентябре.

Среди изученных вечнозеленых растений наибольшими значениями видимого фотосинтеза при благоприятных условиях лета–начала осени характеризовался травянистый многолетник *P. rotundifolia* (до 8 мг CO_2 /(г сухой массы ч)). Хвойные виды ассимилировали с низкой скоростью, 2-4 мг CO_2 /(г сухой массы ч). Относительно низкие значения F_v хвойных некоторые авторы [1] связывают с типом строения листа, размером и расположением хлоропластов в клетках, а также функциональной активностью зеленых пластид в клетках хлоренхимы хвой. Малые интенсивности фотосинтеза коррели-

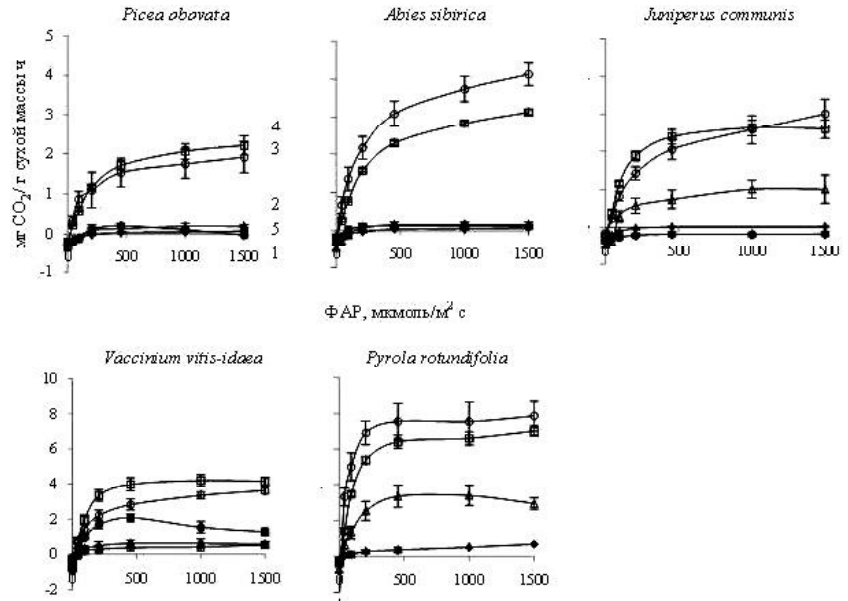


Рис. 4. Световая зависимость CO_2 -газообмена листьев вечнозеленых растений.
Условные обозначения: 1 – март, 2 – май, 3 – июль, 4 – сентябрь, 5 – декабрь.

руют с низким уровнем энергообмена в хвое, что выражается в низком содержании суммарного количества трифосфатнуклеотидов. Согласно другим гипотезам, низкие значения фотосинтеза хвойных растений обусловлены рядом причин, в первую очередь, количеством и активностью фотосинтезирующих структур, а также диффузным ограничением движения CO_2 из атмосферы к местам карбоксилирования в ФА хвойных [28]. Согласно работе [10], в условиях северной тайги летом скорость фотосинтеза хвой *Picea obovata* составляла около 3 мг CO_2 /(г сухой массы ч), что в семь раз меньше по сравнению с листьями *Betula pendula* Roth. По многолетним данным [9] в Предбайкалье максимальная интенсивность фотосинтеза *Pinus sylvestris* и *Picea obovata* равнялась 2-3 мкмоль CO_2 /(м²с), а начало видимого поглощения CO_2 отмечалось в апреле.

Так как листья хвойных в своем составе имеют значительную долю неструктурной биомассы (смолы, воски, клеточные стенки), для оценки эффективности работы хлорофилла мы использовали показатель ассимиляционного числа (АЧ). В сентябре значения АЧ у исследованных видов растений находились в диапазоне 600-1100 мг CO_2 /(г хлорофилла ч), что свидетельствует о сходной фотобиологической активности хлорофилла листьев древесных хвойных и растений травяно-кустарничкового яруса. Полученные нами данные сопоставимы с величинами показателя АЧ, приведенными для хвой в работах других авторов [4, 10].

Наши результаты дают возможность количественно оценить использование поглощенной энергии ФА вечнозеленых видов в летний и ранневесенний периоды года (рис. 5). В июле, при оптимальных для ассимиляции условиях, у всех исследованных видов растений доля утилизируемой в фотосинтезе энергии (Y) была наибольшей и достигала 60-70 % от поглощенной. Величина тепловой диссипации энергии (D) в этот период составляла 20-30 %. На долю энергии, достигающей «закрытых» РЦ ФС II, которую рассчитывали согласно [3] как: $E = 1 -$

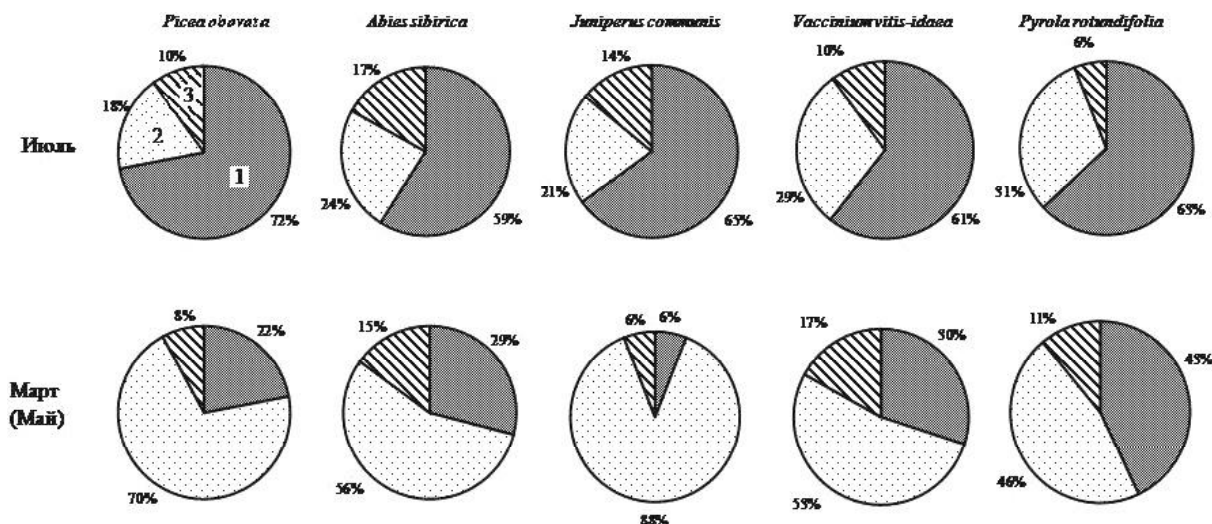


Рис. 5. Распределение энергии возбуждения между различными процессами в ФА листьев вечнозеленых растений в летний и весенний периоды года, %.

Условные обозначения: 1 – энергия, поступающая на электронный транспорт; 2 – тепловая диссипация; 3 – избыточная энергия, достигающая «закрытых» реакционных центров. В скобках указан месяц проведения измерений для *Pyrola rotundifolia*.

(Y + D), составляла 6-17 %. Эту часть энергии можно отнести к потенциально опасной, вызывающей деструкцию РЦ. Относительно высокие значения D (18-24 %) у хвойных в июле, возможно, обусловлены диссипацией избыточной энергии из РЦ ФС II, поскольку ВКЦ в середине лета был мало активен (величина DEPS не превышала 2%). Растения *V. vitis-idaea* и *P. rotundifolia* в июле были способны диссипировать в форме тепла около 30 % поглощенной энергии. По-видимому, это обусловлено работой зеаксантин-зависимого механизма рассеивания из ССК, что согласуется с высоким уровнем дезоксидации пигментов ВКЦ в июле (табл. 2).

В марте, когда условия для ассимиляции CO₂ неблагоприятны, значительная часть поглощенной световой энергии (60-90%) рассеивалась хвойными в форме тепла, что коррелирует с высоким уровнем DEPS (рис. 6). У растений травяно-кустарничкового яруса такой корреляционной зависимости выявлено не было. Однако, присутствие весной в пигментном комплексе *V. vitis-idaea* и *P. rotundifolia*

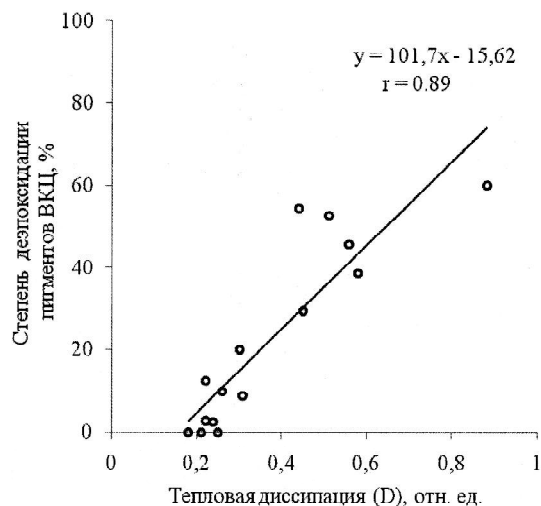


Рис. 6. Корреляционная зависимость между тепловой диссипацией энергии света и дезоксидацией пигментов ВКЦ в фотосинтетическом аппарате хвойных растений.

компонентов ВКЦ не позволяет исключить участие зеаксантин-зависимого механизма в фотозащите ФА в весенний период.

В фотозащите комплексов ФС II листьев вечнозеленых видов от деструкции, вызванной значительным количеством избыточной световой энергии, достигающей «закрытых» РЦ ФС II, могли участвовать антиоксиданты – β-каротин, относительное содержание которого возрастало к лету, и лютеин, уровень которого был постоянно высоким.

Заключение

Нами установлены закономерности сезонных изменений количественного и качественного состава пигментов, функциональной активности ФС II и фотосинтетической способности листьев вечнозеленых растений, обитающих в бореальной зоне. У всех видов, за исключением ели, количество хлорофиллов повышалось осенью и снижалось к весне на 20-30 % в результате окислительной деструкции. В составе желтых пигментов преобладали ксантофиллы, преимущественно лютеин (70 %), на долю β-каротина приходилось 15-20 % от суммы каротиноидов. В зимний и ранневесенний период у хвойных присутствовали в значительном количестве антраксантин и зеаксантин, что указывает на повышение уровня дезоксидации пигментов виолаксантинного цикла. В листьях растений травяно-кустарничкового яруса зеаксантин обнаруживался в течение всего года.

Ингибирование функциональной активности фотосинтетического аппарата вечнозеленых древесных и травянистых растений в зимне-весенний период проявлялось в уменьшении потенциальной способности ФС II к первичному разделению зарядов и подавлению нетто-ассимиляции листьев. Эти эффекты были сильнее выражены у древесных хвойных растений, чем у видов травянисто-кустарничкового яруса, зимующих под снежным покровом.

В зимне-весенний период в состоянии глубокого покоя хвойные вынуждены защищать ФА от поглощенной хлорофиллами световой энергии, кото-

рая не может быть использована в фотохимических реакциях. Наличие положительной связи между тепловым рассеиванием энергии света и дезоксидацией пигментов ВКЦ в зимне-весенний период свидетельствует об особой роли зеаксантин-зависимого механизма в защите фотосинтетического аппарата от разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голомазова Г.М. Влияние внешних факторов на фотосинтез хвойных. Красноярск, 1987. 118 с.
2. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / Под ред. К.С. Бобковой, Э.П. Галенко. СПб.: Наука; 2006. 337 с.
3. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. Киев, 2002. 188 с.
4. Ладанова Н.В., Тужилкина В.В. Структурная организация и фотосинтетическая активность хвои ели сибирской. Сыктывкар, 1992. 100 с.
5. Лукьянова Л.М., Локтева Т.Н., Булычева Т.М. Газообмен и пигментная система растений Кольской Субарктики (Хибинский горный массив). Апатиты, 1986. 127 с.
6. Маслова Т.Г., Попова И.А., Попова О.Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Физиология растений, 1986. Т. 33, № 3. С. 615-619.
7. Правдин Л.Ф., Щербина К.Г. Динамика содержания хлорофилла в хвое и жирность семян сосны обыкновенной разного географического происхождения // Труды Института леса и древесины СО АН СССР. Красноярск, 1961. Т. 1. С. 90-98.
8. Приалгаускайте Л.Л. Динамика хлорофилла *a* и *b* и каротиноидов в хвое и плодах можжевельника обыкновенного // Труды Академии наук Литовской ССР, 1962. Вып. 3 (29). С. 105-123.
9. Суворова Г.Г. Оптимальные факторы среды и интенсивность фотосинтеза сосны обыкновенной и лиственницы сибирской в Предбайкалье / Г.Г. Суворова, Л.С. Янькова, Л.Д. Копытова и др. // Сиб. экол. журн., 2005. № 1. С. 85-95.
10. Тужилкина В.В. Углекислотный обмен фотосинтетического аппарата древесных растений в спелом еловом фитоценозе северной тайги // Экология, 2006. № 2. С. 95-102.
11. Новицкая Ю.Е., Манцырева Л.В., Трубино Г.И. Годичная динамика пигментов пластид у ели в елово-лиственных насаждениях Севера // Устойчивость растений к низким положительным температурам и заморозкам и пути ее повышения. М., 1969. С. 110-115.
12. Adams W.W., Demmig-Adams B. Carotenoid composition and down regulation of photosystem II in three conifer species during the winter // *Physiol. Plant.*, 1994. № 92. P. 451-458.
13. Bavcon J., Gaberscik A. Batic F. Influence of UV-b radiation on photosynthetic activity and chlorophyll fluorescence kinetics in norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings // *Trees*, 2006. № 10. P. 172-176.
14. (Ensminger I.) Intermittent low temperatures constrain spring recovery of photosynthesis in boreal scots pine forests / I. Ensminger, D. Sveshnikov, D.A. Campbell et al. // *Global Change Biol.*, 2004. Vol. 10. P. 1-14.
15. Gamper R., Mayr S., Bauer H. Similar susceptibility to excess irradiance in sun and shade acclimated samplings of norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and stone pine (*Pinus cembra* L.) // *Photosynthetica*, 2000. Vol. 38, № 3. P. 373-378.
16. Gilmore A.M., Yamamoto H.Y. Resolution of lutein and zeaxanthin using a non-encapped, lightly carbon loaded C₁₈ high-performance liquid chromatographic column // *J. Chromatography*, 1991. Vol. 35. P. 67-78.
17. Larcher W. *Physiological plant ecology (ecophysiology and stress physiology of functional groups)*. Berlin, 2003. 514 p.
18. Lichtenthaler H.K. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants // *J. Plant Physiol.* 1996. Vol. 148. P. 4-14.
19. (Logan B.A.) Seasonal differences in xanthophylls cycle characteristics and antioxidants in *Mahonia repens* growing in different light environments / B.A. Logan, S.C. Grace, W.W. Adams III et al. // *Oecologia*. 1998. Vol. 116. P. 9-17.
20. (Martz F.) Effects of ultraviolet (UV) exclusion on the seasonal concentration of photosynthetic and UV-screening pigments in scots pine needles / F. Martz, M.-L. Sutinen, K. Derome et al. // *Global Change Biol.*, 2007. Vol. 13. P. 252-265.
21. Neuner G., Pramsohler M. Freezing and high temperature thresholds of photosystem 2 compared to ice nucleation, frost and heat damage in evergreen subalpine plants // *Physiol. Plant*, 2006. № 126. P. 196-204.
22. Ottander C., Campbell D., Oquist G. Seasonal changes in photosystem II organization and pigment composition in *Pinus sylvestris* // *Planta*, 1995. Vol. 197. P. 176-183.
23. (Rintamaki E.) Regulation of D1-protein degradation during photoinhibition of photosystem II in vivo: phosphorylation of the D1 protein in various plant groups / E. Rintamaki, R. Salo, E. Lehtonen et al. // *Planta*, 1995. Vol. 195, № 3. P. 379-386.
24. Robakowski P. Species-specific acclimation to strong shade modifies susceptibility of conifers to photoinhibition // *Acta Physiol. Plant*, 2005. Vol. 27, № 3A. P. 255-263.
25. Schindler C., Lichtenthaler H.K. Photosynthetic CO₂-assimilation, chlorophyll fluorescence and zeaxanthin accumulation in field grown maple trees in the course of a sunny and cloudy day // *J. Plant. Physiol.*, 1996. Vol. 148. P.399-412.
26. (Thiele A.) Increased xanthophyll cycle activity and reduced D1 protein inactivation related to photoinhibition in two plant systems acclimated to excess light / A. Thiele, K. Schirwitz, K. Winter et al. // *Plant Sci.*, 1996. Vol. 115. P. 237-250.
27. (Vogg G.) Frost hardening and photosynthetic performance of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) needles. I. Seasonal changes in the photosynthetic apparatus and its function / G. Vogg., R. Heiml, J. Hansenl et al. // *Planta*, 1998. № 204. P. 193-200.
28. Warren C.R., Adams M.A. Evergreen trees do not maximize instantaneous photosynthesis // *Trends in Plant Sci.*, 2004. Vol. 9, № 6. P. 270-274. ❖

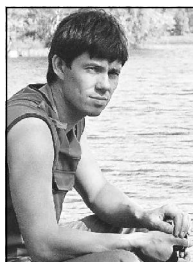
**ПРОДУКТИВНОСТЬ, ПИЩЕВАЯ ЦЕННОСТЬ И АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ
ЗЕЛЕННЫХ КУЛЬТУР ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА НА СЕВЕРЕ**



Т. Головки



Г. Табаленкова



И. Далькэ



И. Захойев



Е. Григорай



А. Буткин

Круглогодичное обеспечение населения северных регионов России свежими овощами и зеленой продукцией является важной социально-экономической задачей, решение которой невозможно без создания современного агропромышленного производства на базе защищенного грунта.

ОАО «Пригородный» в настоящее время является ведущим предприятием агропромышленного комплекса Республики Коми по производству овощей в закрытом грунте. Салатно-зеленная линия занимает около 20 % в структуре площадей, а ее экономическая эффективность в условиях данного тепличного хозяйства составляет 64 %. В структуре основных затрат расходы на досвечивание равняются 48 %. На предприятии функционирует технология капельного полива, дозирования CO₂, применяется автоматическая система управления микроклиматом. Это дает возможность проводить опыты по оптимизации режима выращивания растений непосредственно в производственных условиях [1].

Зеленные культуры издавна используются человеком как ценный источник витаминов, пектинов, пищевых волокон и других биологически активных веществ, в том числе, антиоксидантов. Употребление в пищу таких растений является одним из эффективных способов коррекции и профилактики повреждений биологических структур, вызываемых окислительным

стрессом [2]. Поэтому при подборе листовых овощей для выращивания в условиях светокультуры необходимо принимать во внимание не только их продуктивность, но и пищевые качества.

Целью работы было дать сравнительную характеристику продуктивности, пищевой ценности и антиоксидантной активности листовых овощей при культивировании в условиях защищенного грунта.

Опыты проводили в марте-апреле в условиях производственных теплиц ОАО «Пригородный» (г. Сыктывкар). Растения салата (сорт Афицион), базилика (сорт Рубин), рукколы (сорт Рокет), кинзы (сорт Бородинский), мяты перечной и шнит-лука культивировали на проточной линии в горшочках с известкованным торфом (рН 5.8) при температуре воздуха 20-24 °С. В качестве источника света использовали натриевые лампы высокого давления ДНаЗ-600Вт/REFLUX.

Нетто-фотосинтез листьев измеряли с помощью портативной фотосинтетической системы LCPro+ (ADC BioScientific Ltd., Англия). Концентрацию хлорофиллов и каротиноидов определяли в ацетоновой вытяжке из свежесобранных листьев спектрофотометрическим методом [6]. Содержание общего азота и углерода определяли на CHNS-O анализаторе итальянской фирмы «Карло Эрба». Элементный состав определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой после

минерализации проб по ПУ 01-05 [4]. Количественную оценку антиоксидантной активности спиртовых экстрактов из свежей биомассы растений проводили с применением стабильного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (ДФПГ) [7]. При обсуждении данных использовали параметр 1/EC₅₀ (г ДФПГ/г сухой биомассы). Определение суммы фенольных соединений и содержания аскорбиновой кислоты проводили согласно [3].

При ФАР на уровне растений около 220 мкмоль/м²с листья кинзы, базилика и мяты ассимилировали CO₂ в три-четыре раза интенсивней по сравнению с листьями салата и лука (рис. 1). На повышение освещенности в два раза сильнее реагировали листья базилика и рукколы, скорость ассимиляции которых возрастала на 40 %. У других культур интенсивность фотосинтеза практически не изменялась. Как показали измерения CO₂-газообмена листьев салата (рис. 2), это обусловлено насыщением фотосинтеза светом при ФАР свыше 200 мкмоль/м²с (50 Вт/м²). Не выявили прямой связи между урожайностью и ассимиляционной активностью листьев исследованных культур.

Фотосинтетические пигменты растений (хлорофиллы и каротиноиды) не только участвуют в процессе фотосинтеза, поглощая свет, но и являются биологически активными соединениями. Они стимулируют обмен веществ, улучшают деятельность сердечно-сосудистой системы и др. По нашим дан-

Головки Тамара Константиновна – д.б.н., зав. лабораторией экологической физиологии растений. E-mail: golovko@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *физиология и экология растений, производственный процесс.*

Табаленкова Галина Николаевна – д.б.н., в.н.с. этой же лаборатории. E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *продуктивность, донорно-акцепторные отношения.*

Далькэ Игорь Владимирович – к.б.н., н.с. этой же лаборатории. E-mail: dalke@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *фотосинтез, дыхание, адаптация.*

Захойев Илья Григорьевич – к.б.н., н.с. этой же лаборатории. E-mail: zakhozhiy@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *физиология и биохимия растений.*

Григорай Евгений Евгеньевич – главный агроном ОАО «Пригородный». Область научных интересов: *светокультура овощей закрытого грунта.*

Буткин Алексей Васильевич – зам. министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми. Область научных интересов: *светокультура овощей закрытого грунта.*

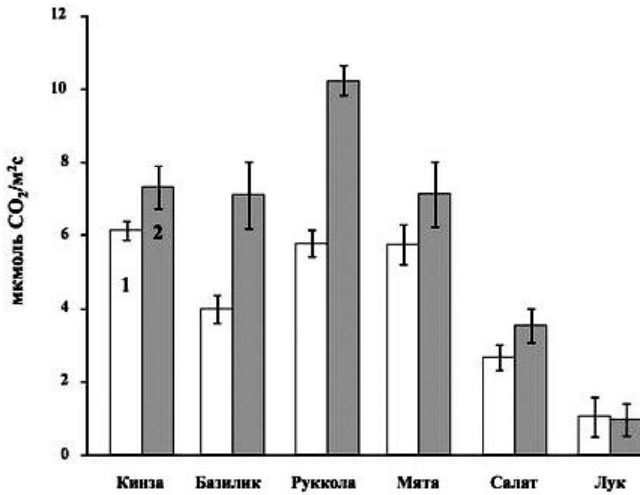


Рис.1. Фотосинтетическая активность зеленных культур при освещенности 220 (1) и 450 (2) мкмоль/м²с ФАР.

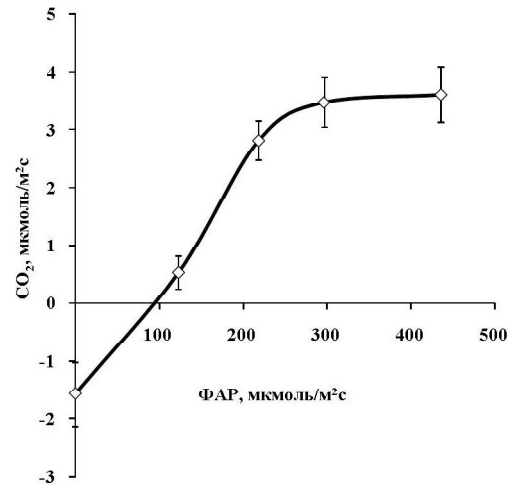


Рис. 2. Интенсивность CO₂-газообмена растений салата при разной освещенности.

ным, к уборке урожая сравнительно высоким накоплением хлорофиллов и каротиноидов характеризовались пряные растения – мята, кинза и базилик (табл. 1). Содержание пигментов в других культурах было заметно ниже.

Биохимический анализ показал, что содержание растворимых углеводов в биомассе большинства видов зеленных растений составляло 0.5-0.8 г/100 г сырой массы, основная их часть представлена моносахарами. Лишь у кинзы накапливалось больше дисахаров, чем моносахаров. Следует отметить, что и общее содержание растворимых сахаров у кинзы было в три-четыре раза выше по сравнению с другими культурами.

Содержание общего азота в надземной массе листовых овощных культур находилось в пределах 280-580 мг/100 г сырой массы. Более половины этого количества было представлено азотом белковых аминокислот (табл. 2). В составе белков надземной массы зеленных культур выявлено 17 аминокислот. По сумме аминокислот культуры располагались в следующем порядке: шнит-лук > салат > руккола > мята > кинза > базилик. Содержание незаменимых аминокислот составляло 0.6-0.9 г на 100 г зеленой массы.

В наибольшем количестве обнаружены дикарбоновые (аспарагиновая, глутаминовая) и моноаминокарбоновые кислоты (лейцин, изолейцин, глицин, валин, аланин). В сумме они составляют около 60 % всех аминокислот. Следует отметить, что содержание пролина в биомассе рукколы было в два раза больше, чем в остальных культурах. Содержание нитратов в зеленой продукции не превышало предельно допустимой концентрации.

Таблица 1
Содержание биологически полезных веществ в зеленных растениях, выращиваемых в условиях защищенного грунта в ОАО «Пригородный», г/кг сырой массы

Культура	Хлорофиллы	Каротиноиды	Аскорбиновая кислота	Сумма фенолов
Салат	0.83	0.02	0.04	0.126
Мята	1.35	0.34	0.30	0.170
Шнит-лук	0.52	0.11	0.49	0.090
Кинза	1.39	0.32	1.00	0.404
Базилик	1.00	0.21	1.32	0.118
Руккола	0.82	0.18	2.67	0.288

Зеленные культуры накапливают необходимые человеку макро- и микроэлементы. Так, концентрация калия в сухой надземной массе составляла 50-70, кальция 5-20, фосфора 4-7, магния 3-6 мг/г. Максимальным содержанием калия и фосфора отличались растения базилика, кальция – рукколы, магния – мяты. По содержанию меди и бора выделяются мята, базилик и кинза, молибдена – руккола (табл. 3). Салат и базилик накапливали в 1.5 раза больше железа и марганца, чем другие культуры.

Растения и продукты их переработки являются незаменимым источником антиоксидантов в диете человека. К основным классам веществ растительного происхождения, проявляющих антиоксидантную активность, относят токоферолы, каротиноиды, аскорбиновую и липоевую кислоты, а также большое количество веществ, объединенных под общим названием растительные фенолы. Нарушение про/антиоксидантного равновесия в результате воздействия неблагоприятных внешних или внутренних факторов приводит к нарушению функционирования клеток и тканей организма, что может послужить причиной различных заболеваний. Употребление в пищу растений, накапливающих анти-

оксидантные вещества, является одним из эффективных способов коррекции и профилактики повреждений биологических структур, вызываемых окислительным стрессом [8]. Среди изученных видов высокой антиоксидантной активностью характеризуются мята и базилик, у салата этот показатель на порядок ниже (рис. 3). Анализ данных по содержанию фенолов в надземной массе зеленных культур выявил, что по этому показателю виды располагаются в следующем порядке: базилик > мята > кинза > салат > руккола > лук. Экстракты, отличающиеся высокой антиоксидантной активностью, содержали больше фенольных соединений. Выявлена прямая зависимость антиоксидантной активности

Таблица 2
Содержание общего азота (НоБ) и суммы аминокислот (АК) в надземной массе зеленных культур

Культура	НоБ	АК	Нак, % от НоБ.
	мг/100 г сырой массы		
Мята	580±28	2090±209	48.5
Шнит-лук	380±17	1710±145	61.0
Салат	280±13	1170±117	55.1
Базилик	330±17	1010±101	41.4
Руккола	430±22	1930±190	60.7
Кинза	360±21	1860±187	69.7

Таблица 3

Содержание макро- и микроэлементов в съедобной части зеленных культур, мг/кг сухой массы

Культура	Na	Zn	Fe	Mn	Cu	Mo	B
Салат	595±240	17±3	127±50	70±22	2.0±0.4	0.8±0.2	19±6
Руккола	900±400	13±2	58±14	29±9	1.7±0.3	2.4±0.9	22±7
Шнит-лук	230±90	18±4	63±17	32±9	1.9±0.4	1.2±0.4	16±5
Мята	525±210	25±5	92±25	51±15	3.6±0.7	1.6±0.6	17±5
Базилик	800±300	46±9	125±30	100±30	5.5±1.1	0.7±0.2	25±8
Кинза	535±210	23±5	62±15	53±16	3.3±0.7	1.7±0.7	34±10

Таблица 4

Содержание нутриентов в 100 г сырой надземной массы зеленных культур, % от рекомендованной суточной нормы

Нутриент	Суточная норма*	Базилик	Мята	Кинза	Руккола	Салат	Лук
Витамин С	90	147	33	107	297	4	54
Фенолы**	250	39	54	18	14	5	4
В-каротин	5	126	204	192	108	120	66
Кальций	1000	11	11	7	26	6	12
Фосфор	800	7	8	7	7	4	6
Магний	400	7	13	8	10	4	7
Калий	2500	17	22	27	20	17	15
Натрий	1300	0.3	0.4	0.6	0.8	0.3	0.1
Железо	10	7	8	8	7	8	5
Цинк	12	2.1	1.8	2.5	2.6	0.8	0.1
Медь	1	3.1	3.2	4.4	2.0	1.1	1.4
Марганец	2	28	22	35	17	21	11

* По: «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации». МР 2.3.1.2432-08 от 18 декабря 2008 г.

** Сумма фенолов, включая флавоноиды.

Оценивая листовые овощи как компонент функциональной диеты человека, следует отметить, что в условиях светокультуры большинство из них способно накапливать в значительных количествах биологически ценные вещества – каротиноиды, аскорбиновую кислоту, незаменимые аминокислоты и фенолы. Исходя из суточных норм физиологической потребности человека в пищевых веществах [5], мы проанализировали, в какой степени употребление зеленных культур способно удовлетворить потребность человека в биологически ценных соединениях. Потребление 100 г свежей зелени обеспечивает существенную часть суточной нормы человека в витамине С, каротиноидах, веществах фенольной природы, калии, кальции, марганце и некоторых других элементах (табл. 4).

Исследования показали, что за оборот (30-40 дней) в условиях светокультуры растения салата формировали хозяйственно полезной биомассы 6 кг/м², другие листовые овощи – 2-3 кг/м². Количественные данные по урожайности и содержанию биологически ценных веществ (антиоксиданты, витамины, минеральные элементы и др.) свидетельствуют о перспективности и экономической эффективности выращивания листовых овощей для пополнения диеты человека на Севере.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Буткин А.В.) Влияние интенсивности и продолжительности фотопериода на продуктивность салата / А.В. Буткин, Е.Е. Григорай, И.В. Далькэ, Я.Н. Яцко, Т.К. Головки, Г.Н. Табаленкова // Интенсификация и оптимизация продукционного процесса сельскохозяйственных растений: Матер. междунар. науч.-практ. конф. Орел, 2009. С. 52-54.

биомассы от содержания в ней фенольных соединений (рис. 4). Следовательно, именно фенольные соединения обуславливают большую часть антиоксидантной составляющей экстрактивных веществ из биомассы зеленных культур. Важно отметить, что пищевая ценность растительных фенолов не ограничивается их антиоксидантными свойствами. Они обладают адаптогенной, иммуномодулирующей, гепатопротекторной, противоопухолевой, Р-витаминной активностью и мно-

жеством других терапевтических свойств [8].

Доминирующее положение во внеклеточной и внутриклеточной антиоксидантной защите занимает аскорбиновая кислота (витамин С). Содержание аскорбиновой кислоты варьировало в зависимости от культуры (табл. 1). Высоким накоплением витамина С характеризовалась зеленая масса рукколы. Меньше всего витамина С сохранилось в биомассе салата.

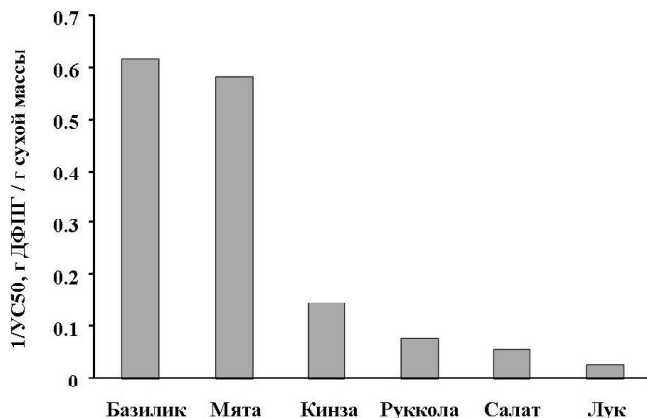


Рис. 3. Антиоксидантная активность надземной массы зеленных культур.

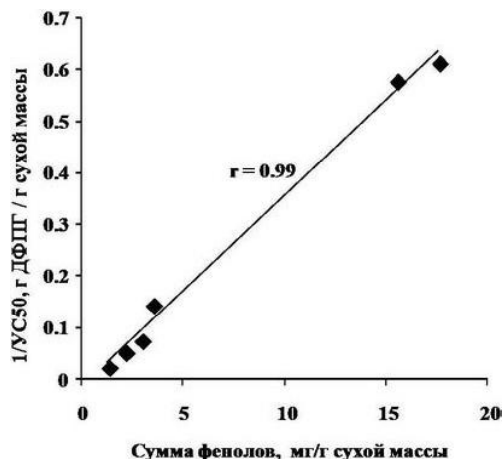


Рис.4. Связь антиоксидантной активности с содержанием фенолов в биомассе зеленных культур.

2. *Зенков Н.К., Ланкин В.З., Меньшикова Е.Б.* Окислительный стресс: биохимические и патофизиологические аспекты. М.: Наука, 2001. 343 с.

3. *Луковникова Г.А., Ярош Н.П.* Определение витаминов и других биологически активных веществ. Методы биохимического исследования растений. Л., 1972. С. 87-128.

4. Методические указания по проведению разрушения органических веществ в природных, питьевых, сточных

водах и пищевых продуктах на микроволновой системе «Минотавр-2». СПб., 2005. 20 с.

5. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. М., 2008. 39 с. – (MP 2.3.1.2432-08 от 18 декабря 2008 г.).

6. *Шлык А.А.* Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев. Биохимические ме-

тоды в физиологии растений. М.: Наука, 1971. С. 154-170.

7. *Molyneux P.* The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarín // J. Sci. Technol.*, 2004. Vol. 26, № 2. P. 211-219.

8. *Vermerris W., Nicholson R.* Phenolic compounds and their effects on human health. phenolic compound biochemistry. Netherlands: Springer, 2006. P. 235-255. ❖

РОЛЬ ГЕНОВ СТРЕСС-ОТВЕТА В ИЗМЕНЕНИИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ *DROSOPHILA MELANOGASTER* ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

Изменение длины светового дня, как и изменение любого другого экологического фактора, является стрессом для организма, способным привести к изменению продолжительности жизни (ПЖ) особей. Одним из первичных защитных механизмов в условиях стресса является активация белков теплового шока, белков сиртуинов, а также транскрипционных факторов семейства FOXO, которые регулируют широкий спектр реакций клетки и играют важную роль в детерминации ПЖ. Однако их участие в ответе на такой стресс-фактор, как изменение длины светового дня, ранее не изучалось. Наиболее удобным объектом для исследования генетических механизмов влияния светового режима на ПЖ, на наш взгляд, является плодовая мушка *Drosophila melanogaster*. Она имеет ряд преимуществ: короткий жизненный цикл, малая ПЖ (3-4 месяца), легкость содержания в лабораторных условиях, удобство проведения генетических экспериментов. Кроме того, имеются данные, свидетельствующие об эволюционной консервативности основных регуляторных путей, контролирующих ПЖ в ряду от дрожжей до млекопитающих [16, 23]. Таким образом, цель данной работы состояла в изучении роли генов белков теплового шока семейства 70, *dSir2* и транскрипционного фактора FOXO в регуляции продолжительности жизни *Drosophila melanogaster* в ответ на изменение длины светового дня.

В эксперименте использовали линии дикого типа *Canton-S* и *w¹¹¹⁸* в качестве контрольных линий, а также линию *Sir2¹⁷/+* (генотип: *w¹¹¹⁸; Sir2¹⁷/SM6a*), несущую в гетерозиготе гипоморфную аллель 17 гена *Sir2*; линию *Sir2^{2A-7-11}* (генотип: *w¹¹¹⁸; Sir2^{2A-7-11}*), которая содержит делецию гена *Sir2*; линию *Df(3R)Hsp70A, Df(3R)Hsp70B* (генотип: *w¹¹¹⁸; Df(3R)Hsp70A, Df(3R)Hsp70B*), которая содержит в гомозиготе делеции нескольких генов семейства *Hsp70* (*Hsp70Aa, Hsp70Ab, Hsp70Ba, Hsp70Bb, Hsp70Bbb* и *Hsp70Bc*); линию *Df(3R)Hsp 70A* (генотип: *w¹¹¹⁸; Df(3R)Hsp 70A*), которая несет делеции генов *Hsp70A* (*Hsp70Aa* и *Hsp70 Ab*); линию *FOXO²¹* (ге-



О. Шосталь



А. Москалев

нотип: *y, w; Sp/CyO; dFOXO²¹/TM6B Tb, Hu*), которая содержит в гомозиготе гипоморфную аллель 21 гена транскрипционного фактора FOXO и линию *FOXO²⁵* (генотип: *y, w; FRT 82 dFOXO²⁵/TM6B Tb, Hu*), которая содержит в гомозиготе гипоморфную аллель 25 гена транскрипционного фактора FOXO. Для получения особей с пониженной активностью

гена *FOXO* (с генотипом *FOXO²¹/FOXO²⁵*) производили скрещивание родительских линий *FOXO²¹* и *FOXO²⁵*. Исследуемые линии *Drosophila melanogaster* любезно предоставлены коллекцией Bloomington *Drosophila* Stock Center (университет штата Индиана, США) и Dr. Ernst Hafen (Институт биологии молекулярных систем, Швейцария).

Условия эксперимента

Культивирование родительских линий проводили в термостате при температуре 25 °С и стандартном 12-часовом режиме освещения в баночках объемом 100 мл, содержащих 25 мл дрожжевой питательной среды [7]. После появления имаго в течение суток производили отбор необходимого количества особей (50 шт. на баночку), предварительно наркотизировав их эфиром. Самцов и самок содержали отдельно. Общее количество баночек каждой линии было разделено на несколько групп. Одну часть индивидуумов каждой линии подвергали воздействию 12 ч освещения при интенсивности 120-130 лк, другая часть находилась в темноте в течение 24 ч на протяжении всей жизни. Подсчет числа умерших мух проводили ежедневно (за исключением субботы и воскресенья). Выживших мух ежедневно перемещали на свежую среду.

Статистическая оценка продолжительности жизни

Для оценки достоверности различий по ПЖ в опыте и контроле применяли непараметрические критерии Гехана-Бреслоу-Вилкоксона (для оценки различий медианной ПЖ) и Колмогорова-Смирнова (сравнение кривых выживаемости) [2]. Дополни-

Шосталь Ольга Андреевна – к.б.н., инж. 1-й категории отдела радиозкологии. E-mail: olash@list.ru. Область научных интересов: экологическая генетика, геронтология.

Москалев Алексей Александрович – д.б.н., доц., в.н.с. этого же отдела. Область научных интересов: радиационная генетика, продолжительность жизни, старение.

Таблица 1

Параметры продолжительности жизни особей лабораторных линий дрозофилы *w¹¹¹⁸*, *Sir2^{17/+}* и *Sir2^{2A-7-11}* при различных режимах освещения

Линия	Пол	Освещение, ч	M	СПЖ	90%	min	max	MRDT	N
<i>w¹¹¹⁸</i>	Самцы	12	36.0	33.9±0.7	44	9	50	5.9	237
		0	43.0*	39.8±0.8	51*	9	68	8.7	270
	Самки	12	43.0	43.5±0.7	56	15	65	7.1	259
		0	50.0*	48.4±0.9	66*	9	67	7.7	242
<i>Sir2^{17/+}</i>	Самцы	12	44.0	40.8±1.0	55	4	69	8.7	188
		0	50.0*	47.1±1.2	66*	9	78	11.6	214
	Самки	12	45.0	44.9±1.1	64	9	71	9.0	227
		0	45.0	46.1±1.0	61	9	69	8.1	176
<i>Sir2^{2A-7-11}</i>	Самцы	12	29.0	29.0±1.0	44	8	44	8.7	167
		0	43.0*	39.8±1.2	66*	9	69	11.7	185
	Самки	12	29.0	31.4±0.8	44	8	54	6.8	171
		0	43.0*	42.0±0.9	58**	15	63	7.4	213

Примечание. Различия эффектов освещения 0 ч и 12 ч статистически значимы: * $p < 0.001$; ** $p < 0.05$. Здесь и далее: M – медианная продолжительность жизни; СПЖ – средняя продолжительность жизни; 90% – время жизни 90% популяции; min и max – минимальная и максимальная продолжительность жизни в выборке; MRDT – время удвоения интенсивности смертности; N – количество особей в выборке. При сравнении медианной продолжительности жизни применяли критерий Гехана-Бреслоу-Вилкоксона, при анализе времени жизни 90% популяции – критерий Ванг-Аллисона.

но оценивали и другие характеристики ПЖ: минимальную, максимальную ПЖ популяции (смертность 100% всех особей) и время 90%-ной гибели. Для оценки статистической значимости различий 90%-ной гибели применяли метод Ванг-Аллисона (Wang-Allison test) [25]. Функции дожития оценивали с помощью процедуры Каплана-Мейера и представляли в виде кривых дожития в программе Statistica 6.1 (Statsoft, США).

что интенсификация метаболизма ведет к дополнительной продукции свободных радикалов, повреждающих митохондриальную и ядерную ДНК, мембраны и белки клетки [1, 19] и в результате приводящих к ускоренному старению и укороченной ПЖ. В настоящее время установлено, что в регуляции оксидативного стресс-ответа и ПЖ ключевая роль принадлежит белкам семейства сиртуинов [10]. Деацетилируя гистоны и различные транскрипционные факторы (p53, FOXO), сиртуины приводят к активации экспрессии генов стресс-ответа и инги-

бириванию апоптоза, способствуя выживаемости клетки и увеличению ПЖ организма [21, 25]. Согласно нашим результатам (табл. 1, рис. 1), у линии, несущей в гомозиготе делецию гена *dSir2*, разница в медианной продолжительности жизни в темноте и на свету была более значительна (24-33%), чем у гетерозиготной линии *Sir2^{17/+}* (0-12%) и контрольной линии дикого типа *w¹¹¹⁸* (3-17%). Таким образом, делеция гена *dSir2*, регулирующего устранение оксидативных повреждений [8], обеспечивает более значимое снижение ПЖ на свету, чем это ожидается, основываясь на эффектах у линии дикого типа или мутантов-гетерозигот.

Не менее важное значение в реакциях стресс-ответа клетки имеют белки теплового шока (*Hsps*), участвующие в процессах восстановления нативной конформации и протеолиза поврежденных белков [6, 14]. Кроме того, более высокая активность *Hsps* сопряжена с долгожительством у различных модельных животных [15, 20]. Было показано, что экспрессия гена *Hsp70* усиливается при окислительных повреждениях [11, 23], что

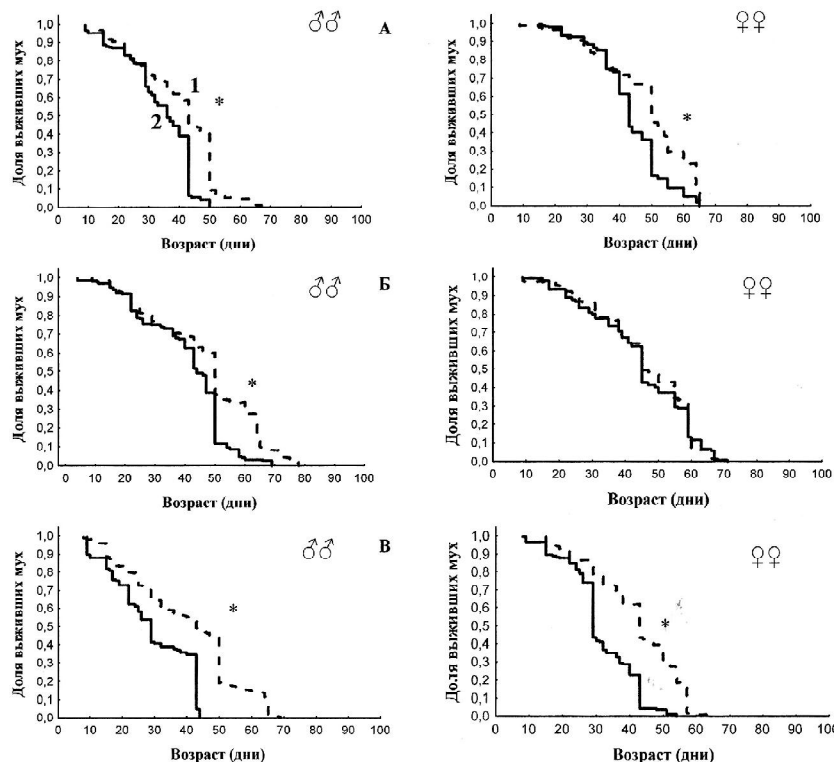


Рис. 1. Кривые выживаемости самцов (♂) и самок (♀) линий *w¹¹¹⁸* (А), *Sir2^{17/+}* (Б), *Sir2^{2A-7-11}* (В) при различных режимах освещения (1 – 0 ч; 2 – 12 ч). * Различия достоверны при $p < 0.001$ (по критерию Колмогорова-Смирнова).

способствует улучшению окислительно-восстановительного состояния клетки и увеличению активности антиокислительных ферментов (глутатионпероксидазы, глутатионредуктазы). Мы предположили, что делеции генов семейства *Hsp70* у линий дрозофил, содержащихся при 12-часовом режиме освещения, могут усугубить снижение продолжительности жизни по сравнению с затемнением. Действительно, в наших экспериментах у линий с мутациями в генах семейства *Hsp70* при содержании на свету мы наблюдали более выраженную тенденцию к снижению параметров ПЖ по сравнению с содержанием в темноте, чем у линии дикого типа *Canton-S*. Так, при содержании особей контрольной линии дикого типа *Canton-S* в условиях стандартного режима освещения время 90%-ной гибели особей в зависимости от пола снизилось на 4-10 % ($p < 0.001$), тогда как у особей линии с мутациями генов белков теплового шока семейства 70 время 90%-ной гибели особей на свету снизилось на 23-29 % в зависимости от пола и генотипа линий (табл. 2).

Ранее в наших работах было показано, что линии с мутациями в других генах, участвующих в борьбе с окислительным стрессом, в частности, гена *Sod*, отвечающего за детоксификацию свободных радикалов, и *mus210*, осуществляющего репарацию ДНК, характеризуются более выраженной разницей между продолжительностью жизни в темноте и на свету по сравнению с линией дикого типа [3-5]. Таким образом, предыдущие и представленные в настоящей работе результаты подтверждают предположение, согласно которому снижение ПЖ при увеличении длины светового дня напрямую связано с дополнительной выработкой свободных радикалов.

Согласно второму предположению, в ответ на укорочение длины светового дня, которое в естественных условиях местообитаний предвещает скорое наступление холодов, у животных подавляется активность инсулин/IGF-1 сигнального механизма, но деблокируются процессы стресс-ответа с участием транскрипционного фактора FOXO [4]. Известно, что транскрипционные факторы семейства FOXO играют важную роль в регуляции стрессоустойчивости и ПЖ животных [16-18]. В ответ на стресс FOXO запускает экспрессию генов ферментов детоксикации свободных радикалов и репарации ДНК,

Таблица 2

Параметры продолжительности жизни особей лабораторных линий дрозофилы *Canton-S*, *Df(3R)Hsp70A*, *Df(3R)Hsp70B* и *Df(3R)Hsp70A* при различных режимах освещения

Линия	Пол	Освещение, ч	М	СГЖ	90%	min	max	MRDT	N
<i>Canton-S</i>	Самцы	12	52.0	48.3±0.8	60	10	72	6.3	248
		0	52.0	53.7±0.8	67*	10	80	7.1	236
	Самки	12	59.0	56.6±0.7	67	11	73	5.5	250
		0	59.0	59.5±0.6	70*	10	84	5.7	220
<i>Df(3R)Hsp70A</i> , <i>Df(3R)Hsp70B</i>	Самцы	12	24.0	24.7±0.4	32	5	49	5.5	292
		0	31.0*	30.5±0.6	45*	10	57	7.2	259
	Самки	12	38.0	33.5±0.8	49	4	59	8.0	210
		0	38.0	36.4±0.8	53	4	59	8.7	246
<i>Df(3R)Hsp70A</i>	Самцы	12	44.0	39.7±0.9	56	5	59	8.3	254
		0	52.0*	47.4±0.8	60*	10	66	7.1	255
	Самки	12	52.0	48.1±0.8	62	10	68	6.9	241
		0	52.0	51.1±0.9	69*	10	73	8.6	261

Примечание. Различия эффектов освещения 0 ч и 12 ч статистически значимы: * $p < 0.001$.

Таблица 3

Параметры продолжительности жизни самцов и самок дрозофилы разных генотипов при различных режимах освещения

Линия	Пол	Освещение, ч	М	СГЖ	90%	min	max	MRDT	N
Повторность 1									
<i>Canton-S</i>	Самцы	12	33.0	34.7±0.8	52	8	54	7.5	203
		0	51.0*	46.7±0.7	56*	8	58	4.2	203
	Самки	12	35.0	36.3±0.9	52	8	58	8.6	206
		0	43.0*	42.5±0.8	52	8	68	6.6	201
<i>FOXO²¹</i>	Самцы	12	50.0	42.7±0.8	55	8	71	6.6	273
		0	52.0*	49.0±1.3	67*	15	93	12.4	196
	Самки	12	51.0	47.2±1.2	67	10	87	11.6	206
		0	54.0*	56.2±1.2	80*	11	99	11.3	195
<i>FOXO²⁵</i>	Самцы	12	37.0	37.3±0.9	55	4	58	7.9	229
		0	44.0*	47.9±0.9	65*	8	87	9.4	212
	Самки	12	36.0	37.8±1.1	58	4	80	11.6	207
		0	57.0*	47.5±1.2	65	8	79	9.9	213
<i>FOXO²¹/FOXO²⁵</i>	Самцы	12	22.0	22.0±1.0	36	4	50	7.2	201
		0	24.0*	30.6±1.0	52*	4	64	10.6	267
	Самки	12	34.0	32.4±0.8	52	8	52	9.1	272
		0	38.0**	34.6±1.0	53**	8	64	11.1	218
Повторность 2									
<i>Canton-S</i>	Самцы	12	37.0	38.7±0.5	49	9	61	5.7	211
		0	50.0*	50.5±0.8	65*	6	77	7.9	236
	Самки	12	57.0	54.0±0.5	65	4	78	4.9	282
		0	60.0*	57.2±0.6	69*	8	78	5.3	288
<i>FOXO²¹</i>	Самцы	12	46.0	46.1±1.1	68	6	96	12.2	227
		0	60.0*	56.9±1.1	75*	9	86	8.6	168
	Самки	12	53.0	55.6±.9	86	6	95	15.2	124
		0	71.0*	68.0±0.9	89*	15	103	9.5	350
<i>FOXO²⁵</i>	Самцы	12	47.0	44.2±0.9	58	9	71	7.8	195
		0	50.0*	51.9±1.0	69*	8	77	8.3	195
	Самки	12	39.0	40.0±1.4	69	8	81	15.4	146
		0	50.0*	48.4±1.7	79**	8	89	17.3	190
<i>FOXO²¹/FOXO²⁵</i>	Самцы	12	21.0	20.0±0.6	30	6	36	6.5	210
		0	22.0	22.6±0.6	37*	8	50	7.5	237
	Самки	12	29.0	27.1±0.6	40	6	47	6.3	237
		0	29.0	29.4±0.8	48*	8	50	8.7	198

Примечание. Различия эффектов освещения 0 ч и 12 ч статистически значимы: * $p < 0.001$; ** $p < 0.01$.

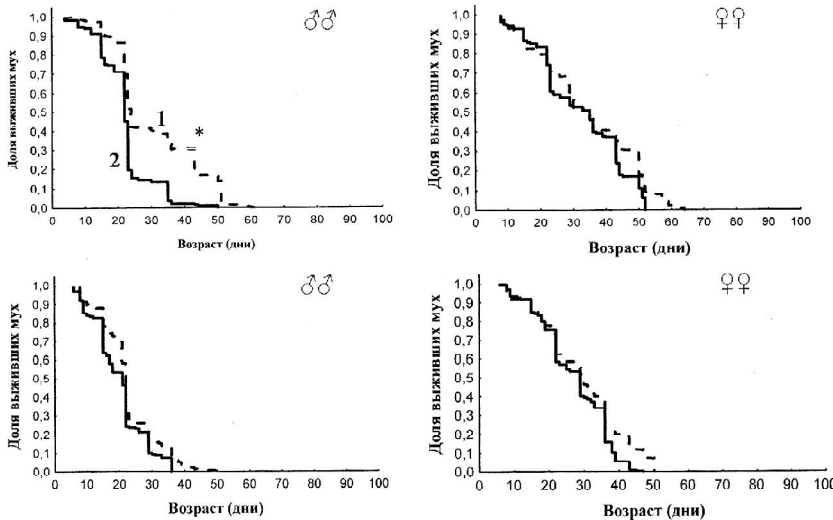


Рис. 2. Кривые выживаемости самцов (♂♂) и самок (♀♀) *FOXO²¹/FOXO²⁵* при различных режимах освещения (1 – 0 ч; 2 – 12 ч) в двух экспериментальных повторностях (сверху и снизу). * Различия достоверны при $p < 0.001$ (по критерию Колмогорова-Смирнова).

белков теплового шока, ингибиторов циклин-зависимых киназ [9, 13]. Клетка становится более устойчивой к стрессам, лучше справляется со спонтанными повреждениями, что снижает скорость старения организма в целом. В нашем эксперименте особи, гетерозиготные по гипоморфным аллелям гена *FOXO*, а также особи линии дикого типа отличались существенным изменением ПЖ при разных условиях освещения (табл. 3), однако у особей-гомозигот с гипоморфным генотипом (*FOXO²¹/FOXO²⁵*) в двух повторностях эксперимента различия ПЖ в темноте и на свету были незначительными – кривые выживаемости достоверно различались лишь в одном из вариантов экспериментов у самцов (рис. 2). По-видимому, минимальные различия сохранялись по той причине, что индукция *FOXO*-зависимых механизмов стрессоустойчивости может осуществляться не только в ответ на подавление выработки инсулиноподобных пептидов в темноте, но и в ответ на окислительный стресс при освещении, что в отсутствие *FOXO* усугубило эффект снижения продолжительности жизни при освещении.

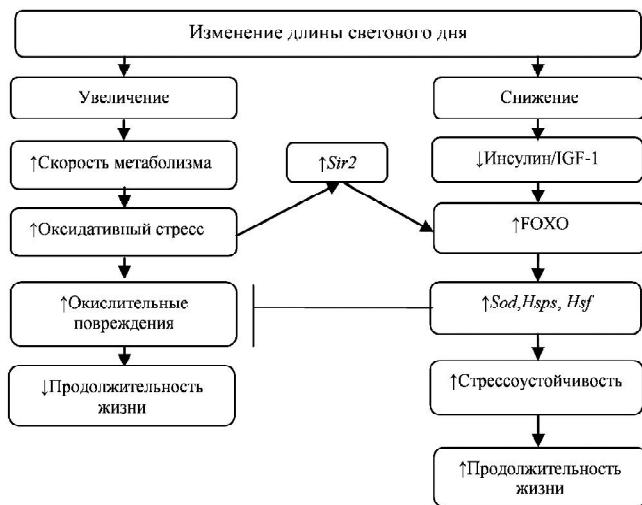


Рис. 3. Механизмы влияния изменения длины светового дня на продолжительность жизни дрософилы. Условные обозначения: → – индукция; ⊖ – ингибирование; ↑ – увеличение; ↓ – снижение.

Таким образом, мы доказали существование двух путей регуляции ответа на изменение режимов освещения (рис. 3): с одной стороны, увеличение длины светового дня через интенсификацию метаболизма и более активную выработку свободных радикалов оказывает повреждающее действие и снижает ПЖ дрософилы. Действительно, у линии с делецией гена *dSir2* разница в ПЖ в темноте и на свету значительно увеличивается по сравнению с контрольной и гетерозиготной линиями, а у линий с мутациями в генах белков теплового шока наблюдается тенденция к снижению ПЖ на свету. С другой – снижение длины светового дня, не приводя к повреждающим эффектам, вызывает стресс-ответ и увеличивает ПЖ: в то время как у контрольной линии дикого типа и

линий, гетерозиготных по транскрипционному фактору *FOXO*, сохранялась значительная разница ПЖ при содержании в темноте и на свету, у гомозигот ПЖ в темноте и на свету в трех случаях из четырех не изменялась.

Проведенные исследования поддержаны грантом РФФИ на 2008-2010 гг. (08-04-00456-а), грантом президента РФ для молодых докторов наук, грантом «Молекулярная и клеточная биология» на 2009 г., грантом по целевой программе «Фундаментальные науки – медицине» президиума РАН на 2009 г., молодежным научным грантом УрО РАН на 2009 и 2010 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анисимов В.Н., Соловьев М.В. Эволюция концепций в геронтологии. СПб., 1999. 130 с.
2. Ермаков С.П., Гаврилов Н.С. Первичная статистическая обработка данных по выживаемости организмов // Итоги науки и техники. Общие проблемы биологии. М., 1987. С. 230-276. – (ВИНИТИ; Т. 6).
3. Москалев А.А., Кременцова А.В., Малышева О.А. Влияние мелатонина на продолжительность жизни *Drosophila melanogaster* при различных режимах освещения // Экол. генетика, 2008. Т. 6, № 3. С. 22-30.
4. Москалев А.А., Малышева О.А. Роль светового режима в регуляции продолжительности жизни // Экология, 2009. № 3. С. 221-226.
5. Москалев А.А., Шосталь О.А., Зайнуллин В.Г. Генетические аспекты влияния различных режимов освещения на продолжительность жизни дрософилы // Усп. геронтол., 2006. Вып. 18. С. 55-58.
6. Arya R., Mallik M., Lakhota S.C. Heat shock genes – integrating cell survival and death // J. Biosci., 2007. Vol. 32. P. 595-610.
7. Ashburner M. *Drosophila: A laboratory handbook* // Cold Spr. Harb. Lab. Press, 1989. 1331 p.
8. Balaban R.S., Nemoto S., Finkel T. Mitochondria, oxidants and aging // Cell, 2005. Vol. 120. P. 483-495.
9. Giannakou M.E., Partridge L. The interaction between FOXO and SIRT1: tipping the balance towards survival // Trends in cell biology, 2004. Vol. 14. № 8. P. 408-412.
10. Guarente L., Kenyon C. Genetic pathways that regulate ageing in model organisms // Nature, 2000. Vol. 409. P. 255-262.

11. (Guo S.) Heat shock protein 70 regulates cellular redox status by modulating glutathione-related enzyme activities / S. Guo, W. Wharton, P. Moseley et al. // Cell stress and chaperones, 2007. Vol. 12, № 3. P. 245-254.
12. Harman D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry // J. Gerontol., 1956. Vol. 11, № 3. P. 298-300.
13. Huang C., Tindall D. J. FOXO factors: a matter of life and death // Future Oncol., 2006. Vol. 2, № 1. P. 83-89.
14. (Hunt C.R.) Genomic instability and enhanced radiosensitivity in Hsp70.1- and Hsp70.3-deficient mice / C.R. Hunt, D.J. Dix, G.G. Sharma et al. // Mol. Cell. Biol., 2004. Vol. 24, № 2. P. 899-911.
15. (Kimura K.) Knock-down of mitochondrial heat shock protein 70 promotes progeria-like phenotypes in *C. elegans* / K. Kimura, N. Tanaka, N. Nakamura et al. // J. Biol. Chem., 2006. Vol. 282, № 8. P. 5910-5918.
16. (Kramer J.M.) Expression of Drosophila FOXO regulates growth and can phenocopy starvation / J.M. Kramer, J.T. Davidge, L. Staveley et al. // BMC Developmental Biol., 2003. Vol. 3, № 5. P. 1-14.
17. Lam E.W.-F., Francis R.E., Petkovic M. FOXO transcription factors: key regulators of cell fate // Biochem. Soc. Transact., 2006. Vol. 34, № 5. P. 722-726.
18. (Lee S.S.) DAF-16 target genes that control *C. elegans* life-span and metabolism / S.S. Lee, S. Kennedy, A.C. Tolonen et al. // Sci., 2003. Vol. 300, № 644. P. 644-647.
19. Le Bourg E. Oxidative stress, aging and longevity in *Drosophila melanogaster* // FEBS Lett., 2001. Vol. 498. P. 183-186.
20. (Morrow G.) Overexpression of the small mitochondrial Hsp22 extends Drosophila life span and increases resistance to oxidative stress / G. Morrow, M. Samson, S. Michaud et al. // FASEB J., 2004. Vol. 18, № 3. P. 598-599.
21. Niedernhofer L.J., Robbins P.D. Signaling mechanisms involved in the response to genotoxic stress and regulating lifespan // Biochem Cell Biol., 2008. Vol. 40, № 2. P. 176-180.
22. (Sheeba V.) Developmental plasticity of the locomotor activity rhythm of *Drosophila melanogaster* / V. Sheeba, M.K. Chandrashekar, A. Joshi et al. // J. Insect Physiol., 2002. Vol. 48, № 1. P. 25-32.
23. Soti C., Csermely P. Protein stress and stress proteins: implications in aging and disease // J. Biosci., 2007. № 32. P. 511-515.
24. (Tanno M.) Nucleocytoplasmic shuttling of the NAD-dependent histone deacetylase SIRT1 / M. Tanno, J. Samkaoto, T. Miura et al. // J. Biol. Chem., 2007. Vol. 282, № 9. P. 6823-6832.
25. (Wang C.) Statistical methods for testing effects on «maximum lifespan» / C. Wang, Q. Li, D.T. Redden et al. // Mech. Ageing Develop., 2004. Vol. 125, № 9. P. 629-632. ❖

ЮБИЛЕЙ

В феврале отметил свой юбилей заведующий лабораторией экологии наземных позвоночных **Сергей Калистратович Кочанов**.

В 1983 г. Сергей Калистратович закончил химико-биологический факультет Сыктывкарского государственного университета по специальности «биолог, преподаватель биологии и химии». Его дипломная работа «Структура населения птиц района биостанции СГУ» была удостоена звания «Лауреата Всероссийского конкурса». После службы в армии (1983-1985 гг.) он начал трудовую деятельность в стенах нашего Института старшим лаборантом, в 1986 г. был переведен на должность младшего научного, а с 1992 г. — научного сотрудника лаборатории экологии позвоночных животных. В тяжелые для страны 1990-е годы Сергей Калистратович оказался среди тех специалистов, которые не оставили науку, а выбрали путь верного служения своей специальности. В 2000 г. защитил кандидатскую диссертацию по специальности «экология» на тему «Антропогенный и географический факторы в формировании орнитофауны городов европейского северо-востока России». В 2001 г. утвержден в должности старшего научного сотрудника.

За период работы в лаборатории Сергей Калистратович проявил себя как высокопрофессиональный ученый, способный к самостоятельной научной деятельности в области экологии, орнитологии и охраны природы. На основе многолетних исследований им проведена инвентаризация летней и зимней фауны и населения птиц естественных и антропогенных ландшафтов европейского северо-востока России. Определены основные особенности антропогенной трансформации населения птиц в связи с основными формами хозяйственной деятельности. Установлено, что изменения в фауне и населении птиц отражают характер хозяйственного освоения территории, из которых наиболее существенными являются лесопользование, урбанизация, сельское хозяйство, добыча и транспортировка полезных ископаемых. Проанализированы зоогеографические особенности сообществ птиц региона. Выявлены адаптивные черты в поведении и экологии птиц в урбанизированных ландшафтах в условиях севера.

Постепенно поднимаясь по служебной лестнице и приобретая ценнейшее качество — профессиональный опыт, в 2005 г. Сергей Калистратович возглавил лабораторию экологии наземных позвоночных отдела экологии животных, которой руководит по нынешний день. Теперь в сферу его научных интересов входят все группы наземных позвоночных. Кроме выполнения основных бюджетных тем отдела, он плодотворно и активно руководит и участвует в многочисленных российских и международных проектах, грантах, хозяйственных работах. Под его руководством работают молодые ученые, которым он передает свой неоценимый опыт и помогает в карьерном росте.

*Коллектив отдела экологии животных сердечно поздравляет
дорогого Сергея Калистратовича со знаменательной датой,
от души желает крепкого здоровья на долгие-долгие годы, неиссякаемой энергии,
новых научных свершений и большого семейного счастья!*



**ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО И МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВОВ
ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ НА МИГРАЦИЮ УРАНА, РАДИЯ И ТОРИЯ**

Развитие ядерных технологий, рост объемов добычи и переработки урановых руд и углеводородного сырья приводят к повышению содержания тяжелых естественных радионуклидов в окружающей среде. С 1993 по 2002 г. мировое потребление урана возросло на 34 %, вследствие чего увеличилось количество радиоактивных отходов (РАО) – одного из наиболее опасных потенциальных источников загрязнения окружающей среды [5, 11]. В равновесных условиях 90.5 % всех загрязнителей, поступающих в окружающую среду, аккумулирует в себе почва [4].

Являясь центральным звеном ландшафта, а также первичным звеном многих миграционных цепочек, почва регулирует поведение химических элементов, определяет их поступление в грунтовые и поверхностные воды, растительность и в конечном итоге – к человеку [2, 14, 15]. Предупреждение негативных последствий радиационного воздействия на окружающую среду возможно при условии долгосрочного прогнозирования миграции радиоактивных элементов в экосистемах.

Особую значимость эти исследования приобретают в случае необходимости разработки мероприятий по реабилитации территорий, загрязненных в результате прошлой деятельности предприятий оборонной и атомной промышленности. Долгое время их функционирование происходило при отсутствии необходимой информации для организации экологически безопасной работы, а захоронение отходов проводилось без обустройства могильников. Одним из районов, где отходы производства ^{226}Ra в 1930-1950 гг. сбрасывали в окружающую среду и складировали без специального захоронения, является пос. Водный Республики Коми.

Цель работы заключалась в изучении функциональных связей физико-химических характеристик радиоактивно загрязненных почв с содержанием в них ^{238}U , ^{226}Ra и ^{232}Th , а также оценке роли тонкодисперсных гранулометрических почвенных фракций в процессах миграции ^{226}Ra .



Л. Носкова



И. Шуктомова

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в Ухтинском районе Республики Коми, где существуют территории с повышенным техногенным фоном естественной радиации, образованные в результате деятельности с 1931 по 1957 г. предприятия по добыче и производству ^{226}Ra из пластовых вод и отходов урановой руды. В зависимости от содержания дозообразующих радионуклидов в почвах исследуемые участки подразделены на радиевый и урано-радиевый.

Урано-радиевый участок расположен в пределах автономного ландшафта, загрязнен твердыми отходами производства ^{226}Ra из пластовых вод. Впоследствии происходило активное зарастание участка. В настоящее время почвенный покров здесь представлен техноподзолистой почвой [2]. По результатам исследований одного из разрезов почвенный профиль характеризуется наличием подстилки A_0 (0-4 см), под которой находится слой РАО (4-22 см). Ниже идентифицированы горизонты A_2 (22-27 см), В (27-51 см), B_1 (51-73 см), ВС (73-120 см). Растительный покров участка представлен сосново-березово-еловым кустарничково-зеленомошным лесом.

Радиевый участок расположен в поймах рек Чуть и Ухта, загрязнен вследствие сброса на поверхность дерново-луговой почвы жидких отходов радиевого производства, в результате чего образовалась химически загрязненная почва без нарушения естественного профиля. В 1962 г. участок для снижения радиационного фона был частично засыпан песчано-гравийной смесью (ПГС). В настоящее время почвенный профиль данной части участка отличается наличием горизонта A_d (0-7 см), под которым при-

сутствует слой ПГС толщиной 10-30 см. Растительность участка представлена луговым разнотравьем.

Полевые работы включали отбор почвенных образцов для определения физико-химических характеристик, радионуклидного, гранулометрического и минералогического составов. ^{238}U в объектах окружающей среды определяли люминесцентным [9], ^{226}Ra – эманационным [13], ^{232}Th – фотоколориметрическим [10] методами. Определение физико-химических характеристик почвы проводили по методикам, изложенным в руководствах [1, 3]. Выделение гранулометрических фракций осуществляли методом декантации [5]. Фазовый состав глинистой фракции образцов определяли при помощи рентгендифрактометрического анализа ориентированных образцов (дифрактометр Shimadzu XRD-6000, излучение – $\text{CuK}\alpha$, Ni фильтр, 30kV, 20mA), подвергнутых стандартным диагностическим обработкам. Обработка полученных данных выполнена общепринятыми методами вариационной статистики с использованием программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 6.1 (StatSoft Inc.). Связь концентрации радионуклидов с физико-химическими характеристиками почвы оценивали с помощью пошагового мультирегрессионного анализа.

Обсуждение результатов

Известно, что поведение радионуклидов в почве определяется целым рядом миграционных процессов. Перемещение радионуклидов в почвенном профиле определяется прежде всего механическим составом и физико-химическими свойствами почвы.

Роль физико-химического состава техногенных почв в процессах миграции ^{238}U , ^{226}Ra и ^{232}Th . Как показали результаты анализа, исследуемые почвы различны по своему физико-химическому составу. Верхние горизонты техноподзолистой почвы урано-радиевого участка по сравнению с химически загрязненной дерново-луговой почвой радиевого участка обогащены фосфором и калием, обменными Ca^{2+} и Mg^{2+} и органическим углеродом. Значения pH в обоих типах почв близки к нейтральным (табл. 1). Уста-

Носкова Любовь Михайловна – к.б.н. вед. инж.-химик отдела радиоэкологии. E-mail: lmn06@mail.ru. Область научных интересов: радиоэкология, техногенные загрязнения, миграция радионуклидов в компонентах экосистем.

Шуктомова Ида Ивановна – к.б.н., с.н.с. этого же отдела. E-mail: shuktomova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: радиоэкология, миграция радионуклидов в компонентах экосистем.

Таблица 1

Физико-химический состав техногенно загрязненных почв

Физико-химическая характеристика	Техноподзолистая почва (урано-радиевый участок)	Химически загрязненная дернов о-луговая почва (радиевый участок)
Гигроскопическая влажность, %	0.53-10.6	0.3-4.6
pH _{вод}	4.7-7.6	5.6-7.7
pH _{соп}	3.6-7.1	4.4-7.1
C _{орг} , %	0.07-40.1	0.2-11.0
C _{P₂O₅} , мг/100 г	3-210	0.3-23.3
C _{K⁺} , мг/100 г	3-207	0.9-44
C _{Ca²⁺} , ммоль/100 г	0.4-109	2-47.3
C _{Mg²⁺} , ммоль/100 г	2-47.3	0.1-8.4

новлено, что вертикальное распределение ²³⁸U и ²²⁶Ra в профиле техноподзолистой почвы урано-радиевого участка имеет сходный характер. Коэффициент корреляции между их содержанием в почвенных горизонтах составил 0.80, p ≤ 0.001. Распределение ²³²Th отличается иллювируванием его в нижние горизонты почвенного профиля. Коэффициент корреляции между концентрациями ²³²Th и ²²⁶Ra составил 0.67 (p ≤ 0.001), ²³²Th и ²³⁸U – 0.59 (p ≤ 0.01). Учитывая одинаковый характер распределения радионуклидов, можно предположить, что зависимость их распределения от физико-химических свойств почвы сходная.

Для выявления связи между составом, свойствами почв и содержанием в них ²²⁶Ra, ²³⁸U и ²³²Th был использован пошаговый мультирегрессионный анализ. Результаты показали (табл. 2), что удельные активности ²²⁶Ra и ²³²Th в профиле техноподзолистой почвы более всего зависят от уровня ее обеспеченности фосфором. На распределение ²³⁸U в почвенном профиле влияет совокупность физико-химических свойств почвы – обогащение почвы кальцием и фосфором повышает, а калием – снижает сорбцию урана в поглощающем комплексе. Кроме того, удельная активность ²³⁸U в почве обратно пропорционально зависит от pH.

В химически загрязненной дерново-луговой почве наблюдали достоверную зависимость между распределением в почвенной толще удельной активности ²²⁶Ra и содержанием органического углерода. Так же, как и в предыдущем случае, содержание ²³⁸U в почве зависит от значения водородного показателя. Зависимость содержания ²³²Th от физико-химических характеристик данной почвы выявить не удалось (табл. 2).

Таким образом, физико-химический состав радиоактивно загрязненных почв неодинаково влияет на подвижность радионуклидов. На участке, загрязненном твердыми РАО, обнаружена достоверная связь между удельными активностями ²²⁶Ra, ²³⁸U и ²³²Th и содержанием фосфора, концентрации которого в РАО повышены. Одной из форм прочного поглощения радионуклидов в составе отходов могут являться малорастворимые фосфатные комплексные соединения указанных радионуклидов. В дерново-луговой почве, загрязненной жидкими РАО, ²²⁶Ra связывается с органическим веществом, вследствие чего его подвижность снижается. В почвах обоих ти-

пов наблюдали сходную зависимость удельной активности ²³⁸U от кислотности почвенного раствора. В диапазоне pH_{вод} от 4.5 до 7.7, характерном для исследуемых почв, отмечали снижение концентрации урана с ростом величины pH. Вероятно, это связано с тем, что в области pH >5 и в присутствии уголекислоты уран находится преимущественно в составе растворимых карбонатных комплексных соединений.

Роль гранулометрического и минералогического составов техногенных почв в миграции ²²⁶Ra. Распределение ²²⁶Ra по гранулометрическим фракциям в техноподзолистой и химически загрязненной дерново-луговой почвах имеет сходный характер (рис. 1). Так, наибольшей удельной активностью ²²⁶Ra обладает физическая глина (частицы размером <0.01 мм). В техноподзолистой почве содержание радионуклида в этих частицах выше.

Известно, что минералы, входящие в состав фракции физической глины, играют важную роль в аккумуляции микроэлементов почвообразующими породами и почвами [8, 12].

Наиболее широко распространены в почвах и почвообразующих породах глинистыми минералами являются каолиниты, слюды и гидрослюды (иллиты), вермикулиты, монтмориллониты (сметкиты), хлориты, почвенные хлориты и смешанослойные минералы. Роль глинистых минералов в перераспределении химических элементов в почвах связана в основном с их способностью поглощать из водной среды и удерживать элементы в не-обменном и обменном состояниях. Большую емкость поглощения имеют трехслойные минералы группы монтмориллонита, наименьшую – двуслойные каолиниты. Иллиты занимают промежуточное положение. Максимальной емкостью поглощения обладают иллиты и коллоиды, связанные с органическим веществом, образующим с минеральной частью почв различные химические связи.

Для выявления роли состава гранулометрических фракций в распределении ²²⁶Ra в профиле почв мы определили содержание органического вещества в выделенных фракциях и минералогический состав частиц физической глины, характеризующихся

Таблица 2

Результаты пошагового мультирегрессионного анализа распределения радия, урана и тория в профиле техногенных почв в зависимости от физико-химических характеристик почвы

Переменные		b	R ²	S _r	F	P _f
Техноподзолистая почва						
C _{Ra} , Бк/г	C _{P₂O₅} (мг/100 г)	0.839	0.885	0.22	5.85	0.002
C _U , мБк/г	C _{Ca²⁺} (моль/100 г)	1.211	0.985	0.39	54.1	0.000
	C _{P₂O₅} (мг/100 г)	0.596		0.08		0.000
	C _{K⁺} , мг/100 мг	-0.696		0.25		0.016
	pH _{вод}	-0.398		0.16		0.031
C _{Th} , мБк/г	C _{P₂O₅} (мг/100 г)	0.690	0.600	0.21	5.37	0.014
Химически загрязненная дернов о-луговая почва						
C _{Ra} , Бк/г	C _{орг} , %	0.715	0.870	0.30	6.23	0.001
C _U , мБк/г	pH _{вод}	-0.410	0.413	0.17	5.35	0.029

Примечание: b – коэффициент регрессии, R² – коэффициент детерминации, S_r – стандартное отклонение коэффициента регрессии, F – критическое значение критерия Фишера, P_f – уровень значимости для вычисленного значения критерия Фишера, C_{P₂O₅}, C_{K⁺}, C_{Ca²⁺}, C_{орг} – содержания фосфора, калия, кальция и органического вещества.

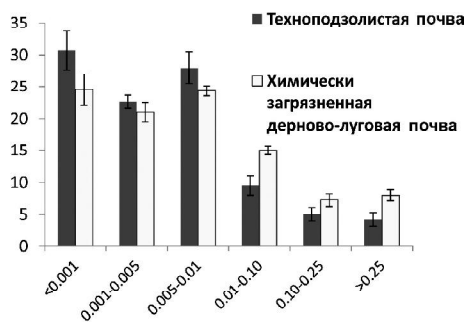


Рис. 1. Относительное содержание (%) ²²⁶Ra в гранулометрических фракциях разных типов почв. По горизонтали – размер фракции, мм.

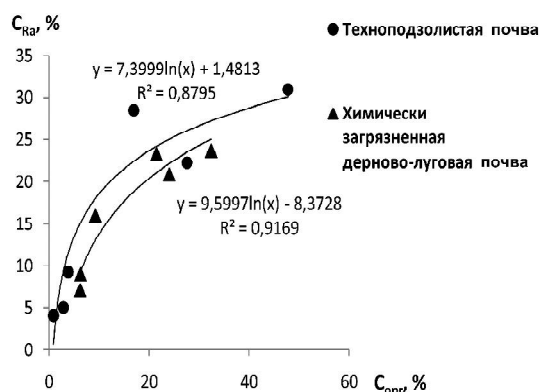


Рис. 2. Зависимости между концентрациями ²²⁶Ra и органического вещества в гранулометрических фракциях исследуемых почв (p ≤ 0.05).

наибольшей удельной активностью радионуклида.

Согласно результатам исследований, с увеличением размера гранулометрических фракций происходит снижение концентрации органического вещества. Зависимости между содержаниями ²²⁶Ra и органического вещества в почвенных фракциях наилучшим образом аппроксимируются уравнениями логарифмического типа, о чем свидетельствуют данные регрессионного анализа (рис. 2).

Содержание минералов в тонкодисперсных фракциях техноподзолистой и химически загрязненной дерно-

во-луговой почв представлено на рис. 3. Результаты корреляционного анализа между содержанием ²²⁶Ra и относительным количеством глинистых минералов показали прямую корреляционную связь (r = 0.66, p ≤ 0.05) с содержанием минералов группы смектита во фракции 0.005-0.01 мм химически загрязненной дерново-луговой почвы. Для органического вещества наблюдали прямую корреляционную связь с содержанием смектита во фракции 0.005-0.01 мм техноподзолистой (0.71, p ≤ 0.05) и во фракции 0.005-0.01 мм дерново-луговой почв (0.69, p ≤ 0.05), а также с содержанием иллита во всех фракциях последней (0.50, p ≤ 0.05). Минералы группы смектита характеризуются огромной удельной поверхностью и высокой емкостью катионного обмена. Благодаря низкой величине заряда и слабой электростатическому взаимодействию между трехслойными пакетами и межпакетными катионами эти минералы способны к межпакетной сорбции.

Отрицательную корреляцию наблюдали между содержаниями ²²⁶Ra и минералов группы хлорита во фракциях 0.001-0.005 мм техноподзолистой (r = -0.67, p ≤ 0.05) и 0.005-0.01 мм химически загрязненной дерново-луговой (-0.56, p ≤ 0.05) почв. Содержание органического вещества отрицательно коррелирует с содержанием хлоритов во фракциях с размером частиц 0.001-0.005 и 0.005-0.01 мм техноподзолистой (-0.75 и -0.78 соответственно, p ≤ 0.01) и 0.005-0.01 мм дерново-луговой почв (-0.61, p ≤ 0.05). Хлориты характеризуются низкими ве-

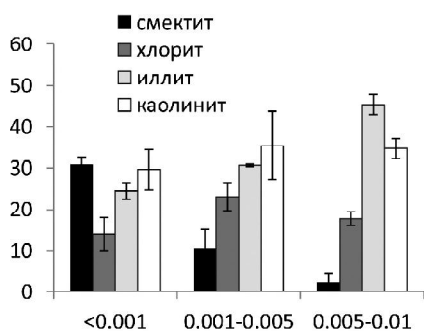
личинами емкости катионного обмена и удельной поверхности. Благодаря присутствию добавочного октаэдрического слоя между трехслойными пакетами минералы этой группы не имеют химически активной внутренней поверхности и не способны к межпакетной сорбции вещества. Минимальные количества хлорита во фракциях ила (<0.001 мм) исследуемых почв, содержание ²²⁶Ra и органического вещества в которых максимально, только подтверждают, что минерал не участвует в их поглощении.

Таким образом, наблюдается сходный характер распределения ²²⁶Ra и органического вещества в составе гранулометрических фракций. Чем выше содержание минералов группы смектита и иллита, способных к межпакетной сорбции вещества, тем больше в них содержание органического вещества и ²²⁶Ra. Напротив, присутствие в составе тонкодисперсных гранулометрических фракций минералов группы хлорита, не имеющих химически активной внутренней поверхности, приводит к снижению в них количества органического вещества и радионуклида. Полученные нами функциональные связи между содержаниями органического вещества и ²²⁶Ra непосредственно в почве, а также гранулометрических фракциях, могут свидетельствовать о вхождении радионуклида в почвенно-поглощающий комплекс в составе органических соединений, сорбированных в межпакетном пространстве глинистых минералов. С этим фактом связана более высокая удельная активность радионуклида в тонкодисперсных гранулометрических фракциях техноподзолистой почвы, содержание минералов группы смектита и органического вещества в которых выше, чем в химически загрязненной дерново-луговой почве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. (Алексахин Р.М.) Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяцию и биогеоценозы / Р.М. Алексахин, Н.П. Архипов, Р.М. Бархударов и др. М.: Наука, 1990. 368 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1962. 491 с.
4. Блюм В. Проблемы и задачи почвоведения в XXI веке // Почвоведение, 2001. № 8. С. 901-908.
5. (Воробьев Е.А.) Состояние минерально-сырьевой базы и добычи урана в Российской Федерации / Е.А. Воробьев, Г.А. Машковцев, С.С. На-

Техноподзолистая почва



Химически загрязненная дерново-луговая почва

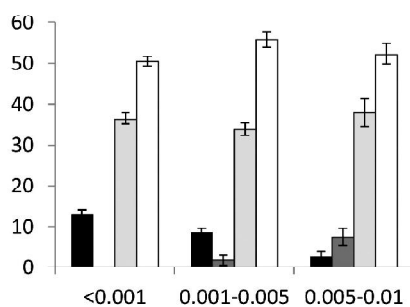


Рис. 3. Содержание минералов в тонкодисперсных фракциях исследуемых почв, % от общего количества глинистых минералов во фракции. По горизонтали – размер фракции, мм.

умов и др. // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Матер. II междунар. конф. Томск, 2004. С. 125-129.

6. (Герасимова М.И.) Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Н.В. Можарова и др.; под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск, 2003. 268 с.

7. Горбунов Н.И. Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1972. С. 5-16.

8. Горбунов Н.И. Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука, 1978. 293 с.

9. Добролюбовская Т.С. Люминесцентный метод // Аналитическая химия урана. М.: Наука, 1962. С. 143-165.

10. Кузнецов В.И., Саввин В.Б. Чувствительное фотометрическое определение тория с реагентом арсеназо III // Радиохимия, 1961. Т. 3, № 1. С. 79-86.

11. Куриленко В.В., Хайкович И.М. Месторождения полезных ископаемых как источник радиоактивного загрязнения // Радиоактивность и радиоактив-

ные элементы в среде обитания человека: Матер. II междунар. конф. Томск, 2004. С. 307-311.

12. Соколова Т.Я., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах. Тула, 2005. 336 с.

13. Старик И.Е. Основы радиохимии. Л.: Наука, 1969. 247 с.

14. Тутаева Н.А. Геохимия природных радиоактивных рядов распада. М., 2005. 226 с.

15. Baker A. C., Toque C. A review of the potential for radium from luminising activities to migrate in the environment // J. Radiol. Protection, 2005. Vol. 25, № 2. P. 127-140. ❖

ЮБИЛЕЙ

Юбилейную дату, 60 лет со дня рождения, отметил в феврале **Леонид Григорьевич Мартынов**, кандидат биологических наук, ведущий инженер отдела Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН. На работу в отдел Ботанический сад он поступил в 1974 г. после окончания плодовоощного факультета Ленинградского сельскохозяйственного института (ныне Санкт-Петербургский аграрный университет) и службы в армии. По специальности агроном-плодоовощевод Л.Г. Мартынов в отделе с самого начала работы специализировался в области интродукции древесных растений. Коллекция большого разнообразия древесных видов местной флоры и экзотов в качестве солидного наследия большого энтузиаста и основателя дендрария М.М. Чарочкина стали отныне и его объектом исследований, и его судьбой. Надо сказать, он стал достойным преемником, увлеченным и деятельным. Леонид Григорьевич с большим интересом и любовью познавал все коллекционные виды древесных, их биологические и декоративные достоинства, плодово-ягодное значение отдельных видов, с годами пополняя ассортимент перспективных для декоративного садоводства и озеленения на Севере. Так, за период его работы с 1974 по 1994 г. в дендрокolleкцию ботанического сада было привлечено более 100 новых видов древесных растений. В дендрарии были проведены групповые посадки деревьев из лиственницы, кедра, дуба черешчатого, вяза гладкого, туи западной, которые сейчас разрослись и являются объектами повышенного интереса у посетителей сада. Воплощаются многие задумки ландшафтно-дизайнерского плана с участием древесных видов, очень актуальные на сегодняшний день. Л.Г. Мартынов проводит большую работу по внедрению и распространению видов-интродуцентов в озеленение городских и сельских территорий, любительское садоводство. С разнообразием мира древесных растений различных природных зон, способных произрастать в северном климате, Леонид Григорьевич охотно знакомит многочисленных посетителей, студентов и учащихся, специалистов и любителей во время экскурсий по саду. По итогам многолетней научно-исследовательской работы Л.Г. Мартынова в 1982 г. была защищена кандидатская диссертация на тему «Интродукция древесных растений в Коми АССР» (ГБС, г. Москва). В работе выявлены закономерности поведения значительного числа интродуцентов в новых условиях произрастания, рекомендован озеленительный ассортимент древесных растений для всей территории Республики Коми, включающий 179 видов и форм.

Л.Г. Мартынов является автором и соавтором более 40 публикаций, в том числе двух монографий. Награжден почетными грамотами Коми НЦ УрО РАН и Института биологии.

Леонид Григорьевич уважаем в коллективе отдела и Института за трудолюбие, творчество, стремление двигаться вперед, преданность профессии. И сегодня юбиляр полон идей в плане научного творчества, преобразований во внешнем облике дендрария, создания новых художественно-архитектурных экспозиций из высокодекоративных растений и убежден, что ботанический сад должен быть образцом высокой культуры и академичности.

В жизни Леонид Григорьевич человек очень доброжелательный, щедрый, но и взыскательный ко всем, кому хочет внушить свое трепетное отношение к живому прекрасному миру растений.

Коллектив отдела Ботанический сад и Института биологии сердечно поздравляет Л.Г. Мартынова с 60-летием и от души желает ему здоровья, творческой неуспокоенности и личного благополучия.





ЮБИЛЕЙ

Юбилейную дату, 75 лет со дня рождения, отметила в феврале **Вера Антоновна Мартыненко**, доктор биологических наук.

Вся трудовая биография Веры Антоновны связана с Институтом биологии, где она начала свой путь исследователя со скромной должности лаборанта и стала известным и всеми признанным специалистом в области геоботаники и флористики. Ею внесен весомый вклад в развитие российской науки. География научных изысканий Веры Антоновны охватывает почти всю территорию Республики Коми — от Летки на юге до Инты на Севере, от Кослана на западе до Троицко-Печорска на востоке. Такой же широтой

отличается и тематика научных исследований, внесших значительный вклад в изучение флоры европейского северо-востока России: оценено состояние запасов ресурсных растений, влияние нефтяных разработок и горно-рудной промышленности на природные экосистемы Севера, выявлены закономерности антропогенной трансформации флоры региона, разработан метод многолетнего мониторинга растительного покрова. Результаты этих интереснейших исследований представлены в многочисленных публикациях, в том числе 15 монографиях. Многие из них стали настольными книгами для учителей, преподавателей ВУЗов, специалистов-биологов. Доклады Веры Антоновны всегда вызывают интерес на научных мероприятиях любого ранга — от региональных до международных, а научные работы имеют большое практическое значение — используются при формировании системы особо охраняемых природных территорий, создании Красной книги Республики Коми, разработке рекомендаций для народного хозяйства.

Все это воплотилось благодаря трудолюбию и огромной работоспособности Веры Антоновны. Ее всегда отличает активная жизненная позиция: многие годы она возглавляла лабораторию геоботаники и систематики растений, входила в состав Ученого совета Института биологии. Активно работая по тематике исследований, Вера Антоновна большое внимание уделяла обучению молодых специалистов, принимала активное участие в общественной жизни коллектива. Сегодня она вкладывает творческую энергию в деятельность Совета по защите диссертаций, редакционно-издательского совета Института. Многолетняя плодотворная научная деятельность Веры Антоновны отмечена почетными грамотами Совета Министров Коми АССР, Республики Коми, РАН, званием лауреата премии Главы Республики Коми в области науки.

Веру Антоновну коллеги знают и уважают как прекрасного, доброго, глубоко интеллигентного, щедрой души человека, поэтическую натуру. Ее мнение, всегда доброжелательное, тактичное, логичное, высказанное открыто и аргументировано, всегда ценилось нами, стимулировало нас к развитию и творчеству, давало ощущение поддержки.

*Коллектив отдела флоры и растительности Севера и Института биологии
поздравляет дорогую Веру Антоновну Мартыненко с юбилейной датой!
Горячо желают ей здоровья, бодрости, благополучия и долгих лет жизни!*

Стихи В.А. Мартыненко

Пора домой

Проходит время летних экспедиций,
Пора домой. Готовы рюкзаки.
В палатке тесной больше не сидится
И надоели спальные мешки.

Вас дома ждут, любимых, бородастых,
Пора домой, погашены костры.
Все позади, болота, перекаты,
И злые, как собаки, комары.

Вас дома ждут, усталых, загорелых,
Пора домой. Закаты, дневники.
На карте стало меньше «пятен белых».
Ждет вездеход. Готовы рюкзаки.

1966

Песня студентов СГУ на практике

Над Вычегдой мы жили,
На печке щи варили,
Ходили ночью птичек наблюдать.
А днем учили флору
И песни пели хором
И было не житье, а благодать!

Aedes без пощады
Создал подобье ада,
Не думали, что гада победим,
Но перед дихлофосом
Комар остался с носом,
А мы остались живы, как один.

Мы далеко от дома
Здесь все нам незнакомо,
Но мы не умирали от тоски.
С утра на водоемы
Водил нас неумный
Геннадий, тот, который Доровских.

Ну как нам Соловьева,
Друзья, не вспомнить снова,
Который, не жалея наших сил,
В любое время суток
Мышей, бобров и уток
Нас узнавать по внешности учил.

А вот Борис Иваныч
Не выводил нас на ночь.
С утра мы отправлялись
С ним в поход.
И не моргнув, отныне
Лишь только по латыни
Мы называем все, что здесь растет.

Нептун нам благоволил,
Русалок всех уволил,
Студентам он оказывал почет.
Его мы обучали тому, что сами знали
И он успешно сдал вчера зачет.

Вот практика к финалу
Идет у нас помалу.
И собран нами ценный материал.

Гербарий весь засушен,
Запас консервов скушан,
Завхозу каждый то, что надо, сдал.

1983

В экспедиции на Сойве

Мы собрались с утра,
Нам в дорогу пора,
Нас пьянит терпкий
Запах тимьяна.
Орхидеи растут,
Анемоны цветут
На скалистых
Отрогах Тимана.

Этот сказочный край
Для ботаников рай,
Для флористов
Район интересный.
Оказалось, что здесь
Виды новые есть,
Те, что не были
В Коми известны.

В речке Сойва водаё
Не молчит никогда,
Омывая Тиманские склоны.
За речной поворот
Нас тропа уведет,
Где в траве
Пламенеют пионы.