



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 5
(151)

В номере

СТАТЬИ

- Маркаров А., Головкин Т.** Диатропизм как векторное свойство роста клеток и органов: эволюционный аспект 2
- Стенина А.** «Необъяснимые» пленки на лугах, что это? 4
- Железнова Г., Шубина Т., Панова В.** К флоре листостебельных мхов Национального парка «Югыд ва» 8
- Новаковский А., Новаковская И.** Возможности современных методов математической обработки данных на примере анализа флоры почвенных водорослей еловых лесов средней и южной подзон тайги 11
- Ширшова Т., Скупченко Л.** Микронутриенты в составе некоторых видов рода *Berberis* L. (*Berberidaceae* Juss.) 14
- Торлопова Н., Робакидзе Е.** Химический состав хвои сосны в условиях аэротехногенного загрязнения Сыктывкарского лесопромышленного комплекса 19
- Рачкова Н.** Деактивация радиоактивно загрязненных почв: современные методы решения проблемы и их эффективность 23
- Шубина В.** Зообентос водотоков бассейна р. Вымь в зоне влияния разработок бокситовых месторождений (Тиманский кряж) 27

КОНФЕРЕНЦИИ

- Загирова С., Патова Е., Каверин Д.** Заключительное рабочее совещание по проекту «Оценка баланса углерода в северной России: прошлое, настоящее и будущее (CARBO-NORTH)» и симпозиум «Пространственно-временные компоненты в углеродном балансе северных высокоширотных регионов» 30
- Валуйских О., Косолапов Д.** О проведении XVII Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» 32
- Плюснина С.** XI школьная конференция научно-исследовательских работ по экологии 34
- Герасименко Н.** Шагнули в будущее 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. Рапота
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

**ДИАТРОПИЗМ КАК ВЕКТОРНОЕ СВОЙСТВО РОСТА КЛЕТОК И ОРГАНОВ:
ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АСПЕКТ**

Значение эволюционного подхода для объяснения сложных феноменов жизнедеятельности растений было показано еще в работах Ч. Дарвина, К.А. Тимирязева, А.С. Фаминцина, И.Т. Бородина и других классиков биологической науки. К сожалению, позднее этот подход стал занимать более скромное место в фитофизиологии, хотя им по-прежнему пользуются биохимики и хемосистематики [10]. Современные тенденции развития физиологии растений, базирующиеся на использовании сложных физико-химических методов и подходов для изучения молекулярных основ жизнедеятельности растений, по нашему мнению, несомненно нуждаются в дополнении эволюционной и экологической составляющими.

Растительный организм представляет собой целостную систему специализированных органов. По мнению В.В. Полевого [4], целостность растительного организма обеспечивается взаимодействием его частей и возникновением доминирующих центров (верхушка побегов и кончик корней), а И.И. Шмальгаузен [9] рассматривает интеграцию как результат и как предпосылку дальнейшего развития биологических систем. Вместе с тем, нельзя не отметить, что в пределах растительного организма как целостной системы органы растения сохраняют определенную автономность и специфичность физиолого-биохимических процессов [1, 2]. Яркими примерами, иллюстрирующими данное положение, могут служить явления фото- и гравитропизма. Как известно, побеги отрицательно грави- и положительно фототропны. Они растут вертикально, против силы земного притяжения по направлению к свету. У корня грави- и фототропизмы имеют противоположное направление. Ростовые ориентации осевых органов позволяют растению оптимизировать свое положение в пространстве для эффективного использования ресурсов среды [5]. Согласно современным представлениям, тропизмы побегов связаны с перераспределением гормонов – ауксинов [4]. Апекс побегов воспринимает внешние стимулы и перераспределяет ауксины. Концентрация ауксинов повышается на теневой стороне, что приводит к более интенсивному росту клеток в субапикальной зоне. Рост растяжением у клеток, расположенных на теневой стороне, больше, чем у клеток, находящихся на освещенной стороне. В результате возникает изгиб верхушки побега в сторону света (фототропизм). Если побег изменил положение в пространстве (на-



А. Маркаров



Т. Головко

клонен, повален ветром и т.д.), ауксины перераспределяются на физически нижнюю сторону. Субапикальная зона стремится вновь направить рост по вертикали (отрицательный грави- или геотропизм).

В природе среди разнообразия травянистых многолетних растений широко представлены виды с подземными горизонтально растущими (гипогеоагравитропными) побегами – столонами и корневищами, а также ползущие травы с надземными горизонтально растущими (эпигеоагравитропными) побегами – столонами, усами, плетями [3, 8]. Горизонтально растущие корневища и столоны, как правило, являются боковыми метамерами базальной части главного надземного ортотропного побега [1].

В данной статье на основе характеристики морфоструктуры представителей различных филогенетических линий и таксонов обосновывается идея о том, что диагравитропизм (рост перпендикулярно оси гравитации Земли) является одним из древнейших механизмов ростовых ориентаций.

Эволюционный анализ показывает, что горизонтальная ориентация роста части тела распространена не только у высших растений, но встречается также в царстве низших (слоевцовых) растений. Так, например, тело сухопутной водоросли *Fritschella tuberosa* состоит из подземного слоевища (горизонтальный ряд клеток) с гипогеоагравитропным ростом (рис. 1). От него к поверхности почвы формируются вертикальные ряды клеток. Данную водоросль можно рассматривать как прототип растений суши с гипогеоагравитропно функционирующими частями организма. Исходными предками высших растений считаются риниофиты. К настоящему времени сохранились в ископаемом состоянии с мельчайшими деталями строения целые растения *Rhinia major* (рис. 2). Гаметофит этого растения был подземным, спорофит имел выраженную подземную горизонтальную часть – ризоид, – который дихотомически ветвился. От ризоида к поверхности почвы поднимались стебли-теломы. Риниофиты были мало приспособлены к жизни в воздушной среде (на суше), так как имели несовершенную стелу. То, что у представителя исходной предковой группы высших растений *Rhinia major* выражена гипогеоагравитропная часть тела, вполне закономерно. Переход из водной среды в наземные условия существования мог произойти только при выработке различных приспособлений.

Маркаров Амбарцум Макарович – д.б.н., проф., зав. кафедрой ботаники Коми государственного педагогического института. E-mail: kspi@kspi.komi.ru. Область научных интересов: *морфофизиология, ростовые ориентации, подземные побеги*.

Головко Тамара Константиновна – д.б.н., проф., зав. лабораторией экологической физиологии растений Института биологии Коми НЦ УрО РАН. E-mail: golovko@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *физиология растений, фотосинтез, дыхание, рост, адаптация*.

Морфофизиологическая дифференциация тела является приспособлением, обеспечивающим ориентацию роста в окружающей среде. Повидимому, изначально (в эволюции) у отдельных видов растений гипогеодиатропность вегетативно репродуцирующей оси тела являлась адаптивной необходимостью. Часть тела спорофита функционировала в относительно гомогенной по водному фактору среде – почве. Это предположение подтверждается тем, что древнейший представитель отдела риниофитов – *Coosopia* – не имел горизонтальной подземной оси – ризомоида. Как отмечал А.Л. Тахтаджян [6], изучение риниофитов позволило выявить эволюционную последовательность происхождения органов растений и обосновать, что первым из органов сформировался стебель. У высших растений гипогеодиатропность является эволюционно древним свойством органа, сформировавшимся на основе адаптивной необходимости.

У ископаемых плауновидных от подземных горизонтальных корневищ отходят ортотропные надземные побеги. У вымершего травянистого представителя плауновидных *Asteroxylon* (порядок *Asteroxylales*) надземные стебли отходили от подземного горизонтального ризомоида (рис. 3). Гипогеодиатропный ризомоид нарастал апикально. Следовательно, апикальная часть ризомоида ископаемых плауновидных обладала механизмами подземной ориентации и диатропного роста. Выраженное подземное горизонтальное корневище имеют и представители хвощей. Особый интерес вызывают фазы формирования особи из зародыша у хвощей рода *Equisetum* (рис. 4). Базальный узел первичного побега проростка образует боковой побег. У основания второго побега формируются третий и последующий побеги. Их апикальная часть изгибается, углубляется в почву с переходом в горизонтальное положение и образует корневище под поверхностью почвы. Таким образом, на примере формирования побеговой системы древними представителями высших растений – хвощей – можно наблюдать выраженный отрицательный фото- и положительный геотропизм. Большое разнообразие представителей с гипогеодиатропной ориентацией корневища встречается среди травянистых папоротниковидных [7]. Рассмотрим гипогеодиатропное корневище вида-космополита *Pteridium aquilinum* из сем. *Syatheaceae* (рис. 5). На апикальной части корневища ежегодно возникают две «почки». Одна из них (материнская) продолжает горизонтальный рост под поверхностью почвы без формирования листьев – вай, другая (дочерняя) – формирует укороченную горизонтальную ветвь корневища. Вайи формируются при очередном ветвлении укороченной боковой части и возникают на значительном расстоянии (более 3 м) от апикальной зоны главного гипогеодиатропного корневища.

В филогенетическом аспекте интерес представляет возникновение гипогеодиатропных побегов у травянистых форм покрытосеменных растений. По А.Л. Тахтаджяну [6] возникновение травянистых

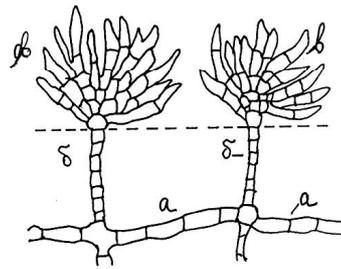


Рис. 1. Подземная диа- (а), ортотропная (б) и надземная (в) части слоевища *Fritschiella tuberosa*.

форм у цветковых происходило независимо, разными путями, в разных линиях и на разных уровнях их эволюции. Различались также условия среды. Анализируя эволюцию жизненных форм растений, А.П. Хохряков [8] пришел к выводу, что у покрытосеменных существует эволюционный ряд: плотно-дерновинные, коротко-корневищные и длинно-корневищные. Этот эволюционный ряд жизненных форм был детерминирован климатическими, эдафическими

и ценогенетическими условиями.

Таким образом, несмотря на разные условия среды и разнообразие путей трансформации травянистых многолетников, у большой группы видов растений в подземном осевом органе проявилось заложенное на начальных этапах эволюции свойство гипогеодиатропности. Воспроизведение этого свойства было индуцировано приспособительной необходимостью.

Для характеристики реакции побеговой системы биоморфологи используют термин «геофилия», что означает тягу побега расти к почве, вращать в нее [3, 5]. Анализируя отделы высших растений, мы пришли к важному заключению. У покрытосеменных в процессе приспособительной эволюции жизненных форм геофилия (положительный геотропизм), а в последующем гипогеофилия (уход в почву) и гипогеодиатропность (горизонтальный рост под поверхностью почвы) были воспроизведены из исторического прошлого как автономные (от ортотропного надземного побега) механизмы. Независимо от условий произрастания надземного побега, автономность физиологического механизма гипогеодиатропности обеспечивала сохранение под поверхностью почвы очагов меристемы побега (фонда вегетативного возобновления и репродукции). Для подземного существования побега необходимы ассимиляты. При гипогеодиатропном росте и симподиальном ветвлении побег непрерывно образует фотофильные надземные симподии (побеги). Основными функциями этих надземных побегов являются синтез ассимилятов и генеративная репродукция (при факторной возможности).

Итак, в процессе эволюции жизненной формы «травянистый многолетник» в осевой структуре

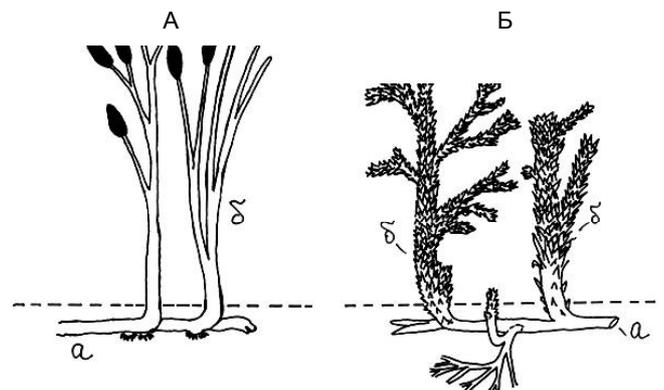


Рис. 2. Подземная диа- (а) и надземная ортотропная (б) части спорофитов *Rhinia major* (А) и *Asteroxylon elberfeldense* (Б).

сформировались две качественно различные по тропизмам апикальные зоны: 1) апикальная зона ортотропного надземного побега с отрицательным грави- и положительным фототропизмом; 2) апикальная зона диагравитропного подземного побега с отрицательным фото- и диагравитропизмом – типом роста, не реагирующим на одностороннее действие силы гравитации Земли. Общей функцией диатропных побегов является умножение, расселение и сохранение под поверхностью почвы вегетативного меристематического фонда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркаров А.М. Морфофизиология подземных побегов травянистых многолетних растений (рост, гео- и фототропизмы, развитие): Автореф. дис. ... докт. биол. наук. СПб., 1996. 47 с.
 2. Маркаров А.М., Головки Т.К. Роль света в ориентации роста корневищ и столонов // Физиология растений, 1995. Т. 42, № 4. С. 533-538.

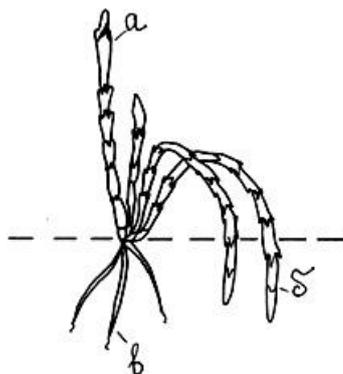


Рис. 3. Орто- (а) и гипогейотропный (б) побеги и корни (в) хвоща *Equisetum arvense*.

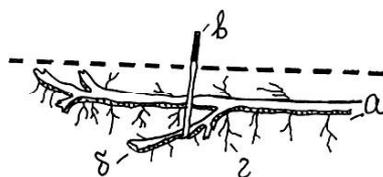


Рис. 4. Основная (а) и боковые укороченные (б) части корневища, основание листа – вайи (в) и корни (г) папоротника *Pteridium aquilinum*.

3. Михалевская И.С. Анатомические особенности корневищ некоторых многолетних трав // Жизненные формы, структура, спектры и эволюция. М.: Наука, 1981. С. 141-160. – (Тр. МОИП. Отд. биол.; Т. 56).
 4. Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 240 с.
 5. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высш. школа, 1962. 377 с.
 6. Тахтаджян А.Л. Основы эволюционной морфологии покрытосеменных М.-Л.: Наука, 1964. 235 с.
 7. Тахтаджян А.Л. Жизненные формы папоротников // Жизнь растений. М., 1978. Т. 4. С. 164-165.
 8. Хохряков А.П. Эволюция биоморф растений. М., 1981. 168 с.
 9. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции. М.: Наука, 1968. 451 с.
 10. Юсуфов А.Г. Лекции по эволюционной физиологии растений. М.: Высш. школа, 2009. 295 с. ❖

«НЕОБЪЯСНИМЫЕ» ПЛЕНКИ НА ЛУГАХ, ЧТО ЭТО?

Необъяснимые пленки – так иногда называют эти странные образования, которые обнаруживают весной жители некоторых населенных пунктов нашей республики на почве и кустарниках. Такие серовато-бурые сухие пленки иногда можно увидеть в прибрежной зоне рек или ручьев после окончания весеннего половодья. Они висят на ивняках, застилают поверхность пойменных лугов, озадачивая людей. Откуда берутся и что собой представляют эти пленки? То, что они имеют естественную природу, могут объяснить альгологи, изучающие низшие растения – водоросли; микробиологи, объекты исследования которых – бактерии; микологи, определяющие грибы, и другие специалисты-биологи.

Биопленками (англ. biofilms), а иногда матами (mats) чаще называют сообщества, образующиеся на подводных субстратах или на дне, т.е. в бентосе или перифитоне водоемов и реке – в планктоне [4, 13]. Основой биопленки могут быть многоклеточные водоросли – зеленые, синезеленые, желтозеленые или одноклеточные и колониальные диатомовые, приспособленные к определенным условиям обитания.

Они развиваются уже ранней весной в реках, ручьях, озерах и других водоемах даже при низкой температуре воды, но достаточно высокой освещенности. Конечно, для этого нужны дополнительные условия, например, повышенное содержание органических или биогенных веществ, таких как азот и фосфор. Водоросли интенсивно размножаются, образуя массу нитей сначала в виде скоплений рыхлого войлока. В процессе жизнедеятельности они выделяют различные вещества, пригодные для питания бактерий, которые интенсивно делятся в этих благоприятных условиях. Благодаря выделению различных слизистых веществ нитями и поселившимися на них бактериями образуется пленка, в толще которой начинают размножаться одноклеточные водоросли. В таких водорослево-бактериальных сообществах развиваются грибы, различные беспозвоночные: коловратки, нематоды, олигохеты, а также гидры, планарии, круглоресничные инфузории [4].



А. Стенина

В результате пленки представляют собой сложный комплекс из разнообразных живых организмов, объединенных матриком из полимеров, которые сами и выделяют. Большое значение в обогащении пленки биогенными соединениями имеют продукты жизнедеятельности животных. Часто на субстратах сначала образуется первичная пленка из колоний бактерий, которую затем заселяют различные растительные и животные организмы.

Биопленки в водоемах и водотоках могут образоваться непосредственно на поверхности воды, донных отложений, на камнях. Это зависит от основного вида, формирующего пленку. Если она зарождается на дне стоячего водоема, ручья или реки с замедленным течением, где даже образуются маты, то со временем может подняться на поверхность воды. Каков же механизм этого явления? Известно, что водоросли, которые составляют основу биопленки, – это в основном фото-

Стенина Ангелина Степановна – инженер отдела флоры и растительности Севера. E-mail: stenina@ib.komisc.ru. Область научных интересов: диатомовые водоросли, разнообразие, экология.

синтезирующие организмы. Органическое вещество тела они образуют за счет аккумуляции световой энергии и фиксации углерода в виде растворенной в воде двуокиси углерода, карбонатов и бикарбонатов. В дневное время особенно зеленые нитчатые водоросли [18] активно выделяют пузырьки кислорода, которые накапливаются в толще пленки и поднимают ее к поверхности воды. Появляется такая пленка довольно быстро. В эксперименте установлено, что уже на третий день она видна невооруженным глазом, а на пятый день появляются пузырьки кислорода [21]. В естественных условиях это явление часто наблюдают альгологи, особенно в мелководных временных водоемах. Отрыв пленок от субстрата зависит от ее структуры и толщины, а также от скорости течения и текстуры поверхности субстрата [14, 19]. Всплывать могут и клетки диатомовых водорослей, под пленкой поверхностного натяжения они так же размножаются, как и на дне [6]. Био пленки могут быть результатом скопления организмов фитопланктона, например, синезеленых водорослей в период «цветения».

Такие сложные биологические образования могут дрейфовать в водоемах или оставаться в затишных участках рек при малой скорости течения или его отсутствии. Когда половодье идет на спад, био пленки остаются в прибрежной заливаемой полосе в виде отдельных кусков или целых плотниц. Под действием солнца и ветра они высыхают и теряют свою естественную окраску, обычно желтоватобурую или синевато-зеленоватую. Что с ними происходит в дальнейшем? Повидимому, часть из них под влиянием дождей и тепла разлагается, при этом образующиеся органические и минеральные вещества переходят в почву, а при последующем половодье – в водные объекты. Однако известна устойчивость некоторых видов к неблагоприятным условиям среды (замораживание и высушивание) путем образования покоящихся акинет. Оставшиеся на почве пленки, особенно в условиях влажных лугов, сохраняют зачатки микробных компонентов, в том числе водорослей, и при последующем разливе попадают в воду, где размножаются. Водоросли могут сохраняться особенно хорошо в малых водоемах и озерах, которые река затопливает во время весеннего половодья. Они также становятся источниками зачатков различных видов водорослей.

Значение этих сложнейших сообществ биопленок в жизни водоемов неоднозначно. Известно, что весеннее половодье способствует обогащению водоемов и водотоков минеральными, органическими и другими веществами, которых много в воде тающего снега. Некоторые желтозеленые водоросли из рода *Трибонета*, например, *T. monochloron* растут очень быстро и образуют высокую биомассу в период разлива рек [16]. При этом они играют важную роль в затопляемой зоне, выполняя очищающую функцию. Клетки водоросли ассимилируют неорганический углерод и поглощают азот и фосфор, удаляя их из водной среды. В донных отложениях, особенно в илах, также достаточно много биогенных веществ. Большую роль в снижении их концентрации в небольших реках играют донные биопленки. Однако со временем масса этих пленок разлагается, выделяя в окружающую среду органические и минеральные вещества. Например, виды рода *Трибонета*, диатомовые и другие водоросли содержат такие соединения, как карбогидраты, аминокислоты, полисахариды [12], которые накапливаются в воде и донных отложениях. Встречается явление токсического воздействия биопленок диатомовых водорослей на беспозвоночных животных [15]. Разрастание таких биопленок в мелководных водоемах и водотоках превращается в серьезную экологическую проблему [4]. Распространение их в виде матов «оказывает многовекторное воздействие на функционирование речной экосистемы, влияя на кислородный и биогенный режим водотока, проникновение солнечной радиации в толщу воды, свойства поверхностной пленки, биоразнообразие в водной массе» [4, с. 65]. Кроме того, сухие плотные пленки на прибрежных лугах затормаживают рост травянистых растений, затрудняя доступ света и нарушая газовый обмен.

Каковы причины образования таких пленок и о чем может свидетельствовать их появление? Для того, чтобы правильно ответить на этот вопрос, необходимо знать основные компоненты этих образований. Одна из основных причин – обогащение воды органическими и биогенными веществами, которые приводят к эвтрофированию водной среды. Поэтому био пленки нередко встречаются в рыбо-водных удобряемых прудах, прудах очистительных систем, водоемах-охладителях, отстойниках, эвтрофных

озерах [4]. Известно, например, что большинство представителей рода *Трибонета*, участвующих в образовании биопленок, обитают в воде, умеренно загрязненной легко растворимыми органическими веществами. Мы наблюдали развитие видов этого рода весной в ручье под склоном, куда стекали поверхностные воды с удобряемого поля в окрестностях пос. Воргашор (бассейн р. Воркута); масса нитей была обнаружена и во временном водоеме непосредственно на поле. При этом состав диатомовых водорослей в ручье показывал признаки его эвтрофирования [9]. Причиной появления биопленок может быть загрязнение водоемов минеральными удобрениями, в результате которого возрастает концентрация основных ионов в воде и ее удельная электропроводность. Появление биопленок может быть также результатом попадания в воду углеводов. Массовое развитие представителей рода *Трибонета* наблюдалось в водоемах, испытывающих влияние нефтеразведочных работ [8]. Однако не всегда углеводороды имеют антропогенное происхождение, загрязнение ими водной среды может происходить и за счет естественных процессов, например, разложения отмирающих водорослей.

Можно ли избавиться от биопленок? Этот вопрос требует ответа целого ряда специалистов. В первую очередь важно знать, из каких организмов состоят пленки, так как поведение и физиология видов, например, диатомовых водорослей в пределах даже одной пленки отличаются [22]. Необходимы также знания о том, как они изменяются по сезонам, сохраняются ли во вневодной среде; каким образом можно воздействовать на компоненты пленки с тем, чтобы если не остановить, то хотя бы затормозить рост, т.е. найти ингибиторы этого процесса. Есть данные о том, что на практике применяется уничтожение пленок, в частности массы кладофоры, с помощью сульфата меди, арсенита натрия, гербицидов [7]. Однако, как справедливо отмечают авторы, необходимо предотвращать эвтрофирование водоемов, а не бороться с водорослями.

Данных о биопленках и матах немало, их состав и особенности большей частью описаны на примере термальных и минеральных источников, приморских биотопов, соленых водоемов. Причем до недавнего времени в справочной литературе [2, 7] сведения о таких сообществах отсутствовали.

ли. В настоящее время этот ценоз рассматривается как самостоятельный (метафитон), который является временной формой существования основных экологических группировок в водоеме [4].

Биопленки в континентальных водоемах известны, например, для Крыма [5]. В соленых озерах, имеющих морское происхождение, они образуют придонное покрытие и плавучие маты размерами в сотни квадратных метров. При pH 8-10 автотрофный компонент таких сообществ представлен кладофорой, синезелеными и диатомовыми водорослями; их биомасса достигает 800 г/м². Основное значение имеют разнообразные диатомовые (74 таксона), среди которых преобладают морские и солоноватоводные виды, много алкалифилов. Периодически наблюдается выброс пленок выше уреза воды. «Цветение» кладофоры (*Cladophora glomerata*) отмечено в весенний и осенний периоды, при этом биомасса ее может превышать 400 г/м² сухого вещества на глубинах 0.5-3.0 м [7]. Отрываясь от места прикрепления, она попадает на берег и засоряет пляжи. Для водоемов нашей республики имеются единичные данные о строении матов в сероводородных источниках бассейна Печоры [1]. Толстые кальцинированные биопленки могут покрывать туфовые строматолиты. Состоят они в основном из диатомовых и синезеленых водорослей, выделяющих большое количество экзополимеров [11]. В формировании пленки участвуют бесшовные диатомеи – *Staurisira*, *Ulnaria*, *Diatoma*,

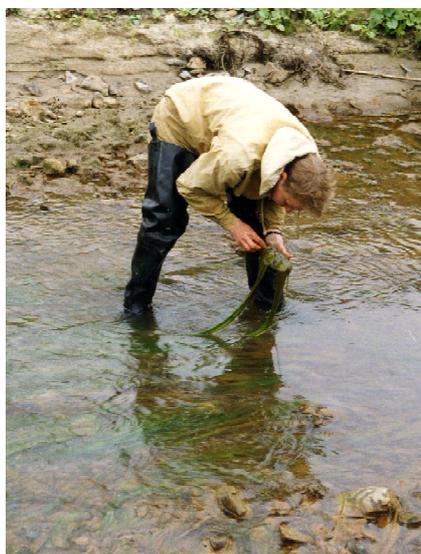
шовные – *Amphora*, *Gomphonema*, *Lyrella*, *Achnanthisidium*, *Eolimnia*, *Navicula*, *Nitzschia* и другие. Доминирующий вид – *Fistulifera pelliculosa* (Breb. ex Kutz.) Lange-Bert. Биопленки могут формироваться и в струйных биофильтрах [17], когда в воде накапливается много органических веществ. Ими питаются бактерии, выделяя при этом слизь и образуя микробальную пленку, на поверхности и внутри нее селятся прочие организмы. Встречаются эти сложные сообщества также в пресных водоемах и водотоках (см. фото). Пленки и нитевидные скопления покрывают дно в мелководных реках с заводьями [10]. В составе таких пленок найдены диатомовые: *Ceratoneis*, *Meridion*, *Diatoma hiemale*, *Gomphonema angustatum*, *Cymbella ventricosa*, *Synedra ulna*, *S. vaucheriae*, *Amphora ovalis*; нитчатые желтозеленые – *Tribonema viride*; зеленые – *Spirogyra*, *Mougeotia*, *Zygnema*, *Ulothrix*; синезеленые – *Phormidium* и другие. Образования в виде агрегаций – «плюшек» – из комплекса водорослей разных систематических групп наблюдались нами на поверхности воды в р. Воркута [3] и других водоемах.

Недавно у меня появилась возможность исследовать состав небольшого кусочка пленки, взятой с поверхности пойменного луга в Ижемском районе республики. К сожалению, она была сухой, и ответить на вопрос, какие нитчатые водоросли ее образуют, точно мы не можем. Предположительно это *Tribonema*. В пленке обнаружена масса диатомовых, створки которых прекрасно сохраняются в любом виде – сухом, замороженном, без фиксации специальными реактивами. Состав диатомовых водорослей оказался довольно разнообразен. Найдено 44 вида с внутривидовыми таксонами, которые принадлежат 17 родам, 12 семействам, пяти порядкам и двум классам. Класс *Centrophyceae* содержит большей частью планктонные центрические диатомовые с радиальной симметрией, их в пленке найдено всего три. Наибольшим разнообразием таксонов представлен класс *Pennatophyceae*, а в нем порядок *Raphales* (девять родов, 27 таксонов рангом ниже рода), которые объединяют диатомеи с двусторонней симметрией клеток, имеющих шов. Среди них по-прежнему представлены подвижные водоросли, обычная среда обитания которых – дно водоемов (11 таксонов), и прикрепляющиеся к различным субстратам эпифиты (10 таксонов). Шесть

видов одинаково хорошо развиваются в двух биотопах. В порядке *Araphales*, включающем бесшовные неподвижные диатомеи в количестве 13 таксонов, почти все представители – обитатели дна, обрастаний камней и растений прибрежной зоны водоемов. Такая экологическая структура подтверждает бентосное происхождение рассматриваемой биопленки. Наиболее обильны представители шести родов: доминант *Diatoma tenuis* с оценкой обилия 6 баллов (по шестибальной шкале); субдоминанты *Meridion circulare*, *Fragilaria gracilis*, *F. ulna* (по 4 балла); сопутствующие виды *Achnanthes lanceolata*, *Fragilaria rumpens*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula minima* (по 3 балла).

Анализ состава диатомовых в пленке показал преобладание по числу таксонов индифферентной группы по отношению к солености воды (52 %) при значительной доле галофильного компонента (43 %). Очень мало видов-галофобов, свойственных маломинерализованным водам (5 %). Такое соотношение практически сохраняется и при учете суммарного обилия видов: индифференты составляют 54, галофилы – 42, галофобы – 4 %. По приуроченности видов к определенному уровню pH выявленный состав диатомовых водорослей распределяется следующим образом. Основу пленки составляют алкалифильные виды, предпочитающие слабощелочную или нейтральную среду обитания (79 %), в слабокислой среде живут 7 % ацидофилов и безразличных, индифферентных к этому фактору представителей – 14 %. По суммарному обилию первая группа составляет еще большую часть – 85 %, доля ацидофилов, а также индифферентов несколько меньше – 5 и 10 % соответственно. Опираясь на эти данные, мы можем предположить, что вода в реке, где образовалась эта пленка, слабощелочная и степень ее минерализации средняя или незначительно повышена. Это подтверждается и экологическими характеристиками основных видов.

Доминант *Diatoma tenuis* – галофильный, алкалифильный вид, бетамезосапроб, при массовом развитии показывает умеренное загрязнение воды легко окисляемыми органическими веществами и повышенное содержание биогенных веществ, являясь биоиндикатором эвтрофных вод. Этот вид отмечен как один из доминантов в перифитоне тундрового ру-



Образование биопленки в нефтезагрязненном ручье. Усинское месторождение.

чья под склоном удобряемого поля [9], озерах на территории нефте-газоконденсатного месторождения [8], в некоторых участках р. Тенойоки (Тенойоки) в Финляндии [13]. Высокое обилие *D. tenuis* отмечено также на загрязненном нефтепродуктами участке р. Колва [20], где клетки этого вида составляли 50.6 % относительного обилия. Субдоминанты *Fragilaria ulna*, *F. gracilis* и *Meridion circulare* относятся к индифферентам по отношению к солености воды, алкалифилам, бетамезосапробам. При этом первый вид – индикатор эвтрофных вод, два других могут развиваться в олиготрофных и эвтрофных водах. Это широко распространенные диатомеи, большинство из них характерны для водотоков с малой скоростью течения. В числе сопутствующих видов бетамезосапроб *Gomphonema parvulum*, альфамезо-полисапроб *Navicula minima*, бета-альфамезосапроб *Achnanthes lanceolata*, олиго-бетамезосапроб *Fragilaria rumpens*. Все они – алкалифилы, два первых вида – галофилы, индикаторы эвтрофных вод, два последних – индифференты, обитающие как в олиготрофных, так и эвтрофных водоемах и водотоках. Таким образом, основные виды с заметным обилием являются в основном биоиндикаторами умеренного загрязнения воды легко растворимыми органическими и биогенными веществами.

Систематический список выявленных видов диатомовых водорослей – основных компонентов исследованной биопленки: *Cyclotella meneghiniana* Kutzling, *Achnanthes hungarica* (Grunow) Grunow, *A. lanceolata* (Brebisson) Grunow, *A. lanceolata* f. *ventricosa* Hustedt, *A. minutissima* Kutzling, *Aulacoseira subarctica* (O. Muller) Haworth, *Caloneis bacillum* (Grunow) Cleve, *Diatoma moniliformis* Kutzling, *D. tenuis* Agardh, *D. vulgaris* Bory, *Eunotia bilunaris* var. *mucophila* Lange-Bertalot et Norpel, *E. septentrionalis* Oestrup, *Fragilaria acus* (Kutzling) Lange-Bertalot, *F. gracilis* Oestrup, *F. pinnata* Ehrenberg, *F. rumpens* (Kutzling) Grunow, *F. ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot var. *ulna*, *F. ulna* var. *aequalis* (Kutzling) Pankow, Haendel et Richter, *F. vaucheriae* (Kutzling) J.B. Petersen, *Gomphonema angustatum* (Kutzling) Rabenhorst var. *angustatum*, *G. angustatum* var. *linearis* Hustedt, *G. clavatum* Ehrenberg, *G. parvulum* (Kutzling) Grunow, *G. productum* (Grunow) Lange-Bertalot et E. Reich., *Han-*

naea arcus (Ehrenberg.) Patrick, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow, *Melosira varians* Agardh, *Meridion circulare* Agardh var. *circulare*, *M. circulare* var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck, *Navicula cryptocephala* Kutzling, *N. elginensis* (Gregory) Ralfs, *N. gregaria* Donkin, *N. minima* Grunow, *N. pupula* var. *pseudopupula* (Krasske) Hustedt, *N. seminulum* Grunow, *Nitzschia acicularis* W. Smith, *N. frustulum* (Kutzling) Grunow, *N. gandersheimiensis* Krasske, *N. palea* (Kutzling) W. Smith, *N. recta* Hantzsch, *Pinnularia dispar* Metzeltin et Krammer, *Suriella angusta* Kutzling, *S. linearis* W. Smith, *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kutzling.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биоминералообразование на сероводородных источниках гряды Чернышева / Т.П. Митюшова, Е.Н. Патова, А.С. Стенина и др. // Минералогия и жизнь: происхождение биосферы и коэволюция минерального и биологического миров. Биоминералогия: Матер. IV междунар. семинара. Сыктывкар, 2007. С. 119-120.
2. Водоросли: справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Мясук и др. Киев: Наук. думка, 1989. 608 с.
3. Гецен М.В., Стенина А.С., Патова Е.Н. Альгофлора Большеземельской тундры в условиях антропогенного воздействия. Екатеринбург, 1994. 148 с.
4. Макаревич Т.А., Остапеня А.П., Савич И.В. Закономерности трансформации метафитонных матов // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер. 2, 2006. № 2. С. 65-69.
5. Неврова Е.Л., Шадрин Н.В. Донные диатомовые водоросли соленых озер Крыма // Морський екологічний журн., 2005. Т. IV, № 4. С. 61-71.
6. Роцин А.М. Некоторые особенности роста и всплывание клеток в культурах бентосных диатомовых водорослей // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки, 1984. № 6. С. 49-56.
7. Сайт П., Умтук А. Основы альгологии. М.: Мир, 1990. 597 с.
8. Современное состояние водоемов на территории нефтегазоконденсатного месторождения в бассейне р. Седуйяха (Коровинская губа Печорского моря) / А.С. Стенина, Л.Г. Хохлова, Е.Н. Патова и др. // Водные ресурсы, 2004. Т. 31, № 5. С. 591-598.
9. Стенина А.С. Оценка состояния водных объектов г. Воркута с использованием диатомовых водорослей // Эколого-экономические и социальные проблемы Воркутинского промышлен-

ного района (поиск путей решения и обеспечение стабильности). Воркута-Сыктывкар, 2000. С. 50-63.

10. Флора и растительность Уссурийского заповедника. М.: Наука, 1978. 271 с.
11. Assessing the diversity of pennate benthic diatoms in calcifying biofilms of hard water creeks / N. Brinkmann, A. Behnke, S. Bruns et al. // Proceedings of the 1st Central European Diatom Meeting. Berlin, 2007. P. 11-14.
12. Cleare M., Percival E. Carbohydrates of the fresh water alga *Tribonema aequale* I. Low molecular weight and polysaccharides // Brit. phycol. J., 1972. Vol. 7. P.185-193.
13. Ecological state of the River Tenojoki – Periphyton, Makrozoobenthos and fish communities. Rovaniemi: Univ. Lapland Print. Centre, 2006. 125 p.
14. Francoeur S.N., Biggs B.J.F. Short-term effects of elevated velocity and sediment abrasion of benthic algal communities // Hydrobiologia, 2006. Vol. 561. P. 59-69.
15. Juttner F. Evidence that polyunsaturated aldehydes of diatoms are repellents for pelagic crustacean grazers // Aquatic Ecol., 2005. Vol. 39. P. 271-282.
16. Machova K., Elster J., Adamek L. Xanthophyceae assemblages during winter-spring flood: autecology and ecophysiology of *Tribonema fonticolum* and *T. monochloron* // Hydrobiologia, 2008. Vol. 600. P. 155-168.
17. Mack W.N., Mack J.P., Ackerson A.O. Microbial film development in a trickling filter // Microbial ecology, 1975. Vol. 2. P. 215-226.
18. Nakamoto N., Nakazawa J., Miyazawa A. High photosynthetic activity in a continuous culture system of filamentous diatom caused by continuous harvest // Rep. Res. Education. Centre Inlandwat. Environm., 2004. № 2. P. 53-56.
19. Okada H., Watanabe Y. Factors affecting the tearing-off process of benthic algae in shallow river // Intrn. Ass. Theor. Appl. Limnol., 2005. Vol. 29, № 2. P. 694-697.
20. Stenina A. The application of diatom ecology to investigate the influence of oil pollution in the Usa River basin (Russia) // Acta Botanica Warmiae et Masuriae, 2003. № 3. P. 135-143.
21. Tolhurst T.J., Consalvey M., Paterson D.M. Changes in cohesive sediment properties associated with the growth of a diatom biofilm // Hydrobiologia, 2008. Vol. 596, № 1. P. 225-239.
22. Underwood G.J. Microalgal (microphytobenthic) biofilms in shallow coastal waters: How important are species? // Proc. Calif. Acad. Sci., 2005. Vol. 56, № 1-17. P. 162-169. ❖

К ФЛОРЕ ЛИСТОСТЕБЕЛЬНЫХ МХОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «ЮГЫД ВА»

Национальный парк «Югыд ва» является одним из крупнейших природоохранных объектов федерального значения на территории Республики Коми, включен в 1995 г. в список Всемирного наследия ЮНЕСКО. Парк расположен на западном склоне Уральского хребта, с наиболее высокой вершиной в пределах Приполярного Урала – горой Народа (1896 м н.у.м.), охватывая горную, предгорную и равнинную зоны. Предгорная полоса имеет увалистый характер, большая часть ее поднимается над уровнем моря всего на 200-300 м, с низкорослыми грядами, достигающими высоты 700 м [1]. На северной границе парка, по рекам Косью и Кожым, вскрыты многочисленные отложения силуритской системы, включающие кварциты и карбонатные породы [7]. Река Косью пересекает антиклинали хребтов Саледы и Обезиз и расположенную между ними синклиналь р. Дурная, вскрывая кварциты и конгломераты. Весь комплекс карбонатных отложений наблюдается на р. Кожым, которая огибает с востока и северо-востока склоны Санаиз, Саледы и Обезиз.

Территория национального парка «Югыд ва» в ботаническом отношении до сих пор исследована неравномерно, нет полных сведений о видовом составе мохообразных. В настоящий момент нами обобщены данные о листостебельных мхах только северной части парка (бассейны рек Кожым и Косью). В 1943 г. растительность этого района изучали геоботаники А.А. Дедов, О.С. Полянская, собравшие небольшие коллекции бриофитов. В 1966 г. в бассейне Кожыма побывали А.Н. Лащенко, С.А. Токаревских и Н.И. Непомилуева. Наиболее полные сборы (около 400 образцов) были сделаны А.Н. Лащенко (1971-1972, 1976 гг.) и Н.И. Непомилуевой (1973 г.). Специальные бриологические исследования в окрестностях станций Кожым и Косью проводили в 1971 г. И.Д. Кильдюшевский и Г.В. Железнова. В 1998 г. Б.Ю. Тетерук, изучая водную растительность в верховьях р. Вангыр и среднем течении р. Косью, собрал некоторые виды прибрежноводных мхов. В 2009 г. в северной части национального парка, в бассейне р. Кожым бриологические сборы провел М.В. Дулин (130 образцов листостебельных мхов). В результате обработки этого материала два (*Codriophorus aquaticus* и *Racomitrium aquaticum*) из 40 видов выявленных листостебельных мхов были впервые обнаружены в парке. В том же году на одной из необследованных территорий национального парка «Югыд ва» – у подножья горы Сундук, в окрестностях озер Базовых – была собрана коллекция мохообразных Т.Н. Пыстиной. По итогам ее сборов определено 19 видов мхов.

Таким образом, в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (СУКО) хранится коллекция из



Г. Железнова



Т. Шубина



В. Панова

600 экз. мохообразных из северной части национального парка. Помимо собственных гербарных данных при составлении сводного списка мхов северной части национального парка «Югыд ва» нами были также использованы сведения о коллекции мхов, собранной на территории парка и хранящейся в гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), и статья И.Д. Кильдюшевского о бриофлоре Приполярного Урала, опубликованная в 1956 г. [5]. Все латинские названия видов мхов, приводимые в этом сообщении, даны в соответствии с последними номенклатурными изменениями [4], а объем семейств – согласно сводке листостебельных мхов бывшего СССР [3].

В северной части национального парка «Югыд ва» насчитывается 166 видов листостебельных мхов. В районе горных хребтов с карбонатными породами по р. Кожым отмечено в 1.5 раза больше видов мхов, чем в равнинных частях в долине р. Косью (табл. 1). Для сравнения следует указать, что всего для горных массивов Приполярного Урала известно 299 видов и 13 подвидов листостебельных мхов [2].

Состав и расположение ведущих семейств, формирующих флоры мхов северной части национального парка «Югыд ва» и Приполярного Урала, имеют как общие черты, так и некоторые отличия. В представленных флорах мхов наибольшим разнообразием обладают такие семейства, как Sphagnaceae, Amblystegiaceae, Dicranaceae, Bryaceae (табл. 2). В рассматриваемых бриофлорах они попадают в четверку лидирующих. Наличие в первой десятке семейств Grimmiaceae и Pottiaceae во всех флорах мхов за исключением флоры бассейна р. Косью обусловлено более широким распространением каменистых

Таблица 1
Таксономический состав листостебельных мхов северной части национального парка «Югыд ва»

Таксон	Северная часть парка	Бассейн реки		Приполярный Урал [2]
		Кожым	Косью	
Семейство	32	26	22	42
Род	77	63	43	123
Вид, включая подвид	166	130	84	312

Железнова Галина Виссарионовна – д.б.н., в.н.с. отдел флоры и растительности Севера. E-mail: zheleznova@ib.komisc.ru; тел. (8212) 24 50 12. Область научных интересов: *бриология, включая экологию, географию, систематику мохообразных. Выявление редких видов мхов, нуждающихся в охране.*

Шубина Татьяна Павловна – к.б.н., ученый секретарь Института биологии. E-mail: tshubina@ib.komisc.ru; тел. (8212) 24 52 02. Область научных интересов: *бриология, флора листостебельных мхов, систематика, география, экология, охрана.*

Панова Вера Дмитриевна – ведущий инженер этого же отдела. Область научных интересов: *бриология, классификация местообитаний, систематика, гербарное дело.*

Таблица 2

Ранг ведущих семейств и родов (число видов, включая подвиды) листостебельных мхов северной части национального парка «Югыд ва»

Таксон	Северная часть парка	Бассейн реки		Приполярный Урал [2]
		Кожым	Косью	
Семейство				
Sphagnaceae	1 (24)	1 (20)	1 (15)	4 (28)
Amblystegiaceae	2 (19)	2-3 (14)	2 (12)	2 (32)
Dicranaceae	3-4 (15)	То же	5 (5)	1 (34)
Bryaceae	(15)	4-5 (10)	3 (10)	3 (29)
Grimmiaceae	5 (10)	То же	0 (0)	9 (15)
Brachytheciaceae	6-7 (8)	7-9 (5)	4 (6)	7-8 (17)
Polytrichaceae	То же	6-7 (7)	6 (4)	То же
Bartramiaceae	8-9 (6)	8-9 (5)	10 (2)	10-11 (9)
Plagiotheciaceae	То же	10-14 (3)	7-9 (3)	16-19 (5)
Hypnaceae	10-11 (5)	То же	То же	6 (19)
Pottiaceae	То же	8-9 (5)	0 (0)	10-11 (9)
Род				
Sphagnum	1 (24)	1 (20)	1 (15)	1 (28)
Dicranum	2-3(9)	2 (9)	3-6 (4)	3 (13)
Bryum	То же	3 (7)	2 (5)	2 (17)
Polytrichum	4-6	4-5 (6)	7-9 (3)	5-6 (10)
Racomitrium	То же	То же	0 (0)	11-18 (5)
Brachythecium	» »	6-7 (4)	3-6 (4)	4 (12)
Plagiomnium	7 (5)	10 (2)	То же	7-8 (9)
Pohlia	8-10 (4)	8-9 (3)	7-9 (3)	5-6 (10)
Plagiothecium	То же	10 (1)	То же	11-18 (5)
Calliergon	» »	6-7 (4)	3-6 (4)	22-32 (3)

субстратов в бассейне р. Кожым и на Приполярном Урал в целом. Представители этих семейств предпочитают скальные и каменные обнажения и характерны для горных моховых флор. В составе родов всех бриофлор к наиболее крупным принадлежат *Sphagnum*, *Dicranum* и *Bryum* (табл. 2). Во флоре листостебельных мхов бассейна р. Косью усиливаются позиции родов *Brachythecium*, *Plagiomnium* и *Calliergon*, а во флоре Приполярного Урала – *Pohlia*. В то же время, на Приполярном Урале отмечается снижение роли родов *Racomitrium* и *Calliergon*. Более низкий или высокий ранг перечисленных таксонов обусловлен местной спецификой почвенного и растительного покрова.

Формирование бриофлоры национального парка «Югыд ва» происходит в большей степени за счет представителей бореального элемента (табл. 3). Наиболее типичными из них являются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune*, *Ptilium crista-castrensis*, *Dicranum scoparium*, *Warnstorfia exannulata*, *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum angustifolium*, *S. capillifolium*, *S. girgensohnii*, *S. magellanicum*, *S. russowii*.

Среди гипоарктогорных видов (18), распространение которых связано с Арктикой, северной частью таежной зоны и горами более южных широт, часто регистрируются *Pseudobryum cinctidioides* и *Rhizomnium pseudopunctatum*. Другие представители этого элемента встречаются в пределах исследованной территории реже, их местообитания связаны с избыточным увлажнением. Так, например, на низинных и переходных болотах произрастают *Paludella squarrosa*, *Helodium blandowii*, *Calliergon richardsonii*. Последний из перечисленных мхов характерен преимущественно для Арктики и Субарктики. На территории Республики Коми он встречается спорадически, в основном в северных и центральных областях. Закономерно участие в бриофлоре национального парка горных видов (*Abietinella abietina*, *Fontinalis antipyretica*, *Palustriella decipiens*, *Niphotrichum canescens*), а также представителей северных широтных элементов – арктогорного и гипоарктического. Арктогорный вид *Polytrichastrum alpinum* распространен в приполярных областях обоих полушарий, а также в высокогорьях всех континентов. В европейской части России встречается в основном на Урале, где довольно обычен как выше границы леса в горных тундрах, так и в пределах лесного пояса на выходах скальных пород. Гипоарктический мох *Sphagnum jensenii* почти не заходит в Арктику, имеет спорадическое распространение по всей бореальной зоне Голарктики. Растет обычно в сильно обводненных местах, часто по сплавидам озер. В Республике Коми он хотя и отмечен во многих районах, в том числе и на юге, но, как правило, не является широко распространенным. Виды южного распространения – неморальные *Mnium marginatum*, *Plagiomnium rostratum*, *Plagiothecium nemorale* и *Pylaisia polyantha* – в национальном парке отмечены очень редко

и только на коре лиственных деревьев в пойменных ивняках и березняках. Если на юге Республики Коми эти виды листостебельных мхов встречаются широко, то на север они продвигаются только по речным поймам. Из космополитных видов наиболее часто регистрировался *Ceratodon purpureus*. Его можно было встретить не только на луговинных тундрах и в ерниковых зарослях вдоль дорог, но и на болотах, сухих кочках. Анализ географического распространения мхов в долготном направлении выявил значительное преобладание видов, представленных во всех секторах Голарктики. Таким образом, бриофлору национального парка можно охарактеризовать как бореальную со значительным участием горных видов, а также представителей северных географических элементов.

Разнородность рельефа и почвенных условий местообитаний выявила значительный разброс видов по отношению к увлажненности (табл. 3). Большинство листостебельных мхов тяготеет к средне- (29 % видового состава мхов) и избыточно увлажненным экотопам (26 %). Сухие каменные местообитания и склоны южных экспозиций с постоянно или периодически недостаточным водоснабжением, распространенные в бассейне р. Кожым, способствуют заметному увеличению числа ксеромезофитных и мезоксерофитных видов. Мезофиты и гигрофиты нередко выступают в роли доминантов и эдификаторов напочвенного покрова исследованных лесных и болотных сообществ национального парка. Среди них особенно часто встречаются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Aulacomnium palustre*, *Sphagnum russowii*. В пойменных березняках отмечены виды, не характерные как для Северного и Приполярного

Таблица 3

Число видов листостебельных мхов в северной части национального парка «Югыд ва»

Наименование	Число видов
Широтный элемент	
арктоальпийский	36 (21.7)
арктический	4 (2.4)
гипоарктический	7 (4.2)
гипоарктогорный	18 (10.8)
бореальный	72 (43.4)
горный	20 (12.0)
неморальный	4 (2.4)
аридный	1 (0.6)
космополитные виды	4 (2.4)
Долготный элемент	
циркумполярный	164 (98.8)
евросибирско-американский	1 (0.6)
сибирско-американский	1 (0.6)
Экологическая группа	
гидрофит	11 (6.6)
гигрогидрофит	7 (4.2)
гидрогигрофит	6 (3.6)
гигрофит	44 (26.5)
мезогигрофит, гигромезофит	22 (13.3)
мезофит	49 (29.5)
ксеромезофит, мезоксерофит	27 (16.3)

Примечание: в скобках указана доля видов в распределении по географическим элементам и экологическим группам.

Урала, так и в целом для северной тайги – *Dicranum montanum*, *Myrinia pulvinata*, *Pyloisia polyantha*. На переходных и верховых болотах произрастают изредка встречающиеся в Республике Коми представители семейства Sphagnaceae – *Sphagnum aongstroemii*, *S. lenense*. Индикаторами ключевого питания болот, расположенных в долинных экотопах национального парка, являются *Paludella squarrosa*, *Helodium blandowii*, *Tomentypnum nitens*.

На скальных обнажениях были обнаружены достаточно редкие на территории европейского Северо-Востока листостебельные мхи *Hedwigia ciliata*, *Encalypta ciliata*, *Ochyræa duriuscula*. На выходах горных пород произрастают многие специфические, в том числе единично встречающиеся виды. Из-за труднодоступности подобные местообитания в национальном парке были обследованы не в полной мере, поэтому пока список видов листостебельных мхов, несомненно, еще далеко не полный.

В северной части парка «Югыд ва» обнаружены три вида листостебельных мхов (*Stereodon plicatulus*, *Bryum rutilans*, *Pseudocalliergon lycopodioides*), занесенных в Красную книгу мохообразных Европы

[8], и семь видов, включенных во второе издание Красной книги Республики Коми [6]. Все они имеют различные категории статуса редкости. К категории статуса редкости 2 отнесены *Grimmia unicolor* и *Codriophorus fascicularis*. К этой группе относятся бриофиты с узкой экологической амплитудой и произрастающие на определенных субстратах, часто – временных. В категорию статуса редкости 3 вошли *Codriophorus acicularis*, *Cnestrum schisti*, *Myurella tenerrima*, *Pohlia elongata*. var. *greenii* *Stereodon plicatulum* – редкие виды, имеющие немногочисленные популяции в природе. Группа видов, рекомендуемых для биологического надзора, объединяет шесть видов мхов, которые являются редкими на европейской части северо-востока России и произрастают в местах, подверженных повышенной антропогенной нагрузке, – *Bryum rutilans*, *B. neodanense*, *Conostomum tetragonum*, *Encalypta ciliata*, *Plagiopus oederianus*, *Pseudocalliergon lycopodioides*.

Таким образом, флора листостебельных мхов северной части национального парка «Югыд ва» является довольно богатой. На территории парка зарегистрировано 166 видов, что составляет около 40 % всей бриофлоры Республики Коми. Находки редких, охраняемых видов мхов, немногочисленных в природе, подчеркивают ее самобытные и оригинальные черты. Наличие множества еще необследованных участков на огромной территории парка требует дальнейшего проведения бриологических исследований, итогом которых станет пополнение списка видов, в том числе не только редкими, но, возможно, и видами, ранее не известными на европейском Севере.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гладкова И.Г. Рельеф // Природный парк Коми АССР. Сыктывкар, 1977. С. 5-16.
2. Дьяченко А.П. Флора листостебельных мхов Урала. Екатеринбург, 1997. Ч. 1. 264 с.
3. (Игнатов М.С., Афонина О.М.) Ignatov M.S., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR // Arctoa, 1992. Vol. 1-2. P. 1-86.
4. Список мхов Восточной Европы и Северной Азии / М.С. Игнатов, О.М. Афонина, Е.А. Игнатова и др. // Арктоа (Бриол. журн.), 2006, № 15. С. 1-130.
5. Кильдюшевский И.Д. К флоре мхов Приполярного Урала // Труды Ботанического института АН СССР. Сер. 2. Спорывые растения. М.-Л., 1956. Вып. 11. С. 313-332.
6. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар, 2009. 792 с.
7. Производительные силы Коми АССР. Геологическое строение и полезные ископаемые. М., 1953. Т. 1. 464 с.
8. Red Data Book of European Bryophytes. Trondheim, 1995. 291 p. ❖

ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР

Вышли в свет следующие издания:

Биоразнообразие водных и наземных экосистем бассейна реки Кожым / Редкол.: Е.Н. Патова (отв. редактор), С.В. Дегтева, А.И. Таскаев. – Сыктывкар, 2010. – 192 с.

Видякин А.И. Методические основы выделения фенотипов лесных древесных растений (на примере сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.). – Сыктывкар, 2010. – 28 с. – (Сер. Новые науч. методики и информ. технологии; Вып. 65).

Татаринев А.Г., Долгин М.М. Видовое разнообразие и методы его оценки: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по направлению 510600 – биология. – Сыктывкар, 2010. – 44 с.

Заказы можно направлять по адресу: www.ib.komisc.ru/books.

ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ФЛОРЫ ПОЧВЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕЙ И ЮЖНОЙ ПОДЗОН ТАЙГИ

Анализ данных, нахождение статистически достоверных зависимостей, определение трендов и создание корректных математических моделей, отражающих взаимосвязи между исследуемыми объектами, является одной из наиболее актуальных задач современной биологической науки в целом и альгологии в частности. Использование вычислительных средств, получивших широкое распространение, позволяет существенно ускорить решение этих задач, визуализировать полученные закономерности и проводить верификацию результатов на статистическую достоверность. На сегодняшний день существует множество программных средств, разработанных для автоматической обработки ботанических данных. Однако специалисты зачастую слабо информированы о них. Трудности вызывает как этап подготовки данных, так и интерпретация полученных результатов.

Цель работы – познакомить специалистов с существующими математическими подходами для обработки данных, их возможностями и недостатками на примере анализа альгогруппировок еловых лесов подзон средней и южной тайги.

В качестве объекта исследования были взяты почвенные водоросли фоновых и подверженных аэротехногенному загрязнению еловых лесов в подзонах средней и южной тайги Республики Коми (влияние эмиссий целлюлозно-бумажного комбината и объездной автомобильной дороги) и Кировской области (выбросы городов Киров и Слободской, Кирово-Чепецкого химического комбината, объекта хранения и уничтожения химического оружия «Марадыковский», бумажной фабрики). В разные периоды вегетационного сезона с июня по октябрь в течение трех полевых сезонов 2003-2005 гг. на стационарных пробных площадках были проведены почвенно-альгологические сборы. Изучены 104 смешанные пробы с 17 ключевых участков в разных еловых ассоциациях. Отбор проб проводили общепринятыми в почвенной альгологии методами



А. Новаковский



И. Новаковская

[3]. Для выявления видового состава использовали культуральные методы, включающие чашечные, водные и агаровые культуры. Всего в почвах исследованных еловых лесов обнаружено 112 видов водорослей (121 разновидность, включая номенклатурный тип вида) из шести отделов: Cyanophyta – 7, Euglenophyta – 4, Eustigmatophyta – 3, Xanthophyta – 8 (11), Bacillariophyta – 25 (27), Chlorophyta – 65 (69).

В ельниках, не испытывающих антропогенного воздействия, обнаружено 93 вида, в зонах с высокой степенью аэротехногенного загрязнения – 71 вид. Для четырех отделов (Cyanophyta, Euglenophyta, Eustigmatophyta, Xanthophyta), содержащих наименьшее число видов, не наблюдается существенных различий в количестве видов для фоновых и загрязненных участков. Для отделов Bacillariophyta и Chlorophyta отмечается заметное изменение этого показателя (рис. 1). Для корректной интерпретации среднего значения необходимо дополнительно учитывать ошибку среднего. В нашем случае для отдела Bacillario-

phyta интервалы, отражающие ошибку среднего, пересекаются, что говорит о недостоверности различия в среднем количестве видов между фоновыми и загрязненными участками. Это вполне объяснимо, поскольку для этого отдела только в одном описании фонового участка наблюдается существенное увеличение числа видов (22), для других же площадок эти значения находятся на уровне антропогенно-нарушенных территорий. Таким образом, статистически значимо различаются средние значения только для числа видов отдела Chlorophyta.

Следующим этапом обработки данных является сравнение ключевых участков друг с другом, выявление существующих закономерностей и трендов. Чаще всего основой такого анализа является матрица сходств между описаниями (рис. 2). Для ее построения используют разнообразные коэффициенты (Жаккара, Сьеренсена и др.). Однако анализировать саму таблицу сходств достаточно сложно и трудоемко, поэтому применяются различные методы для визуального отображения этой информации. Одним из таких решений является представление полученной матрицы в виде графов [1, 6, 8], где рассматриваемым объектам соответствуют вершины графа, коэффициенты сходства – ребра (рис. 3). Наиболее простым представлением (рис. 3, 1) являются плеяды Терентьева (вершины графа располагаются по кругу, в зависимости от коэффициента сходства изменяется тол-

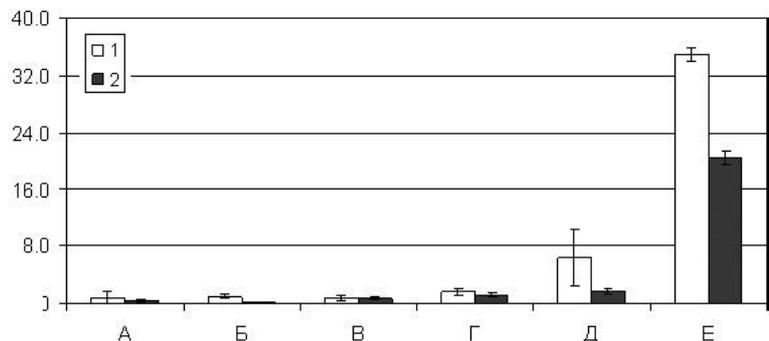


Рис. 1. Соотношение видового разнообразия почвенных водорослей фоновых (1) и загрязненных (2) еловых лесов по отделам: Cyanophyta (А), Euglenophyta (Б), Eustigmatophyta (В), Xanthophyta (Г), Bacillariophyta (Д), Chlorophyta (Е). Интервалом показана ошибка среднего.

Новаковский Александр Борисович – к.б.н., м.н.с. отдела компьютерных систем, технологий и моделирования. E-mail: novakovsky@ib.komisc.ru. Область научных интересов: теория графов, кластерный анализ, программирование, классификация растительности.

Новаковская Ирина Владимировна – к.б.н., м.н.с. отдела флоры и растительности Севера. E-mail: novakovskaya@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 52 98. Область научных интересов: почвенная альгология, зеленые, желтозеленые и эустигматофитовые водоросли.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1		1																
2	1		41	35	48	40	42	47	46	48	44	44	32	33	36	29	39	35
3	2			48	52	55	59	50	62	52	55	51	55	62	54	42	63	50
4	3				75	42	57	52	56	53	50	53	57	48	50	51	44	43
5	4					47	62	53	60	62	53	61	61	48	50	46	50	45
6	5						51	51	50	52	47	39	39	46	48	33	48	40
7	6							56	55	53	52	60	56	57	55	45	58	47
8	7								50	49	52	59	45	47	49	45	49	42
9	8									72	62	55	51	56	54	45	60	55
10	9										57	53	42	48	55	43	52	48
11	10											60	53	54	55	39	55	48
12	11												60	60	58	46	55	43
13	12													57	47	48	63	48
14	13														65	52	63	65
15	14															55	66	64
16	15																55	51
17	16																	66

Рис. 2. Таблица коэффициента сходства Сьеренсена-Чекановского между 17 ключевыми участками.

щина ребер). Другой формой представления является построение дендритов. Дендрит строят на основе графа сходств, из которого выбирают ребра с максимальными значениями коэффициента до тех пор, пока все вер-

шины графа не будут связаны между собой, но при этом не должно возникать замкнутых циклов (рис. 3, II). Такое представление данных, с одной стороны, показывает все связи между исследуемыми объектами, с другой –

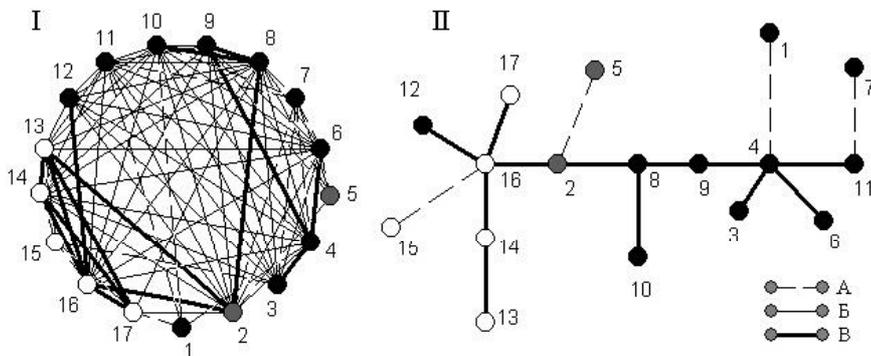


Рис. 3. Представление данных в виде графов: плектра Терентьева (I), дендрит – дерево максимального корреляционного пути (II). Цветом выделены фоновые (белый), условно фоновые (серый) и подверженные антропогенному загрязнению (черный) ключевые участки. Стили ребер соответствуют разным диапазонам коэффициентов сходства: 0-50 (А), 51-60 (Б), 61-100 (В).

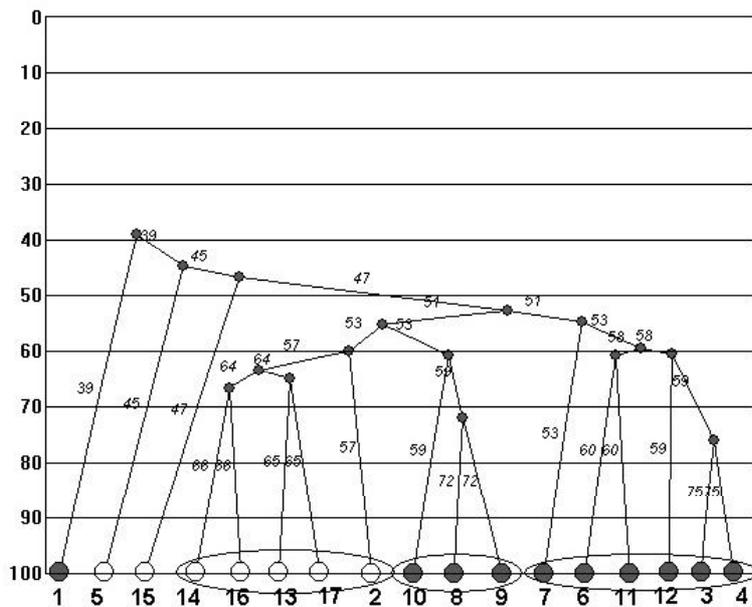


Рис. 4. Дендрограмма сходства видового состава водорослей исследованных еловых лесов. Белым цветом выделены участки 2, 5, 13-17, не испытывающие антропогенного влияния.

По горизонтали: 1-17 – номера обследованных участков.

По вертикали – коэффициент Сьеренсена-Чекановского, %.

не позволяет одновременно отображать большое количество данных (более 30-40 объектов). Другим методом обработки, позволяющим анализировать большие по объему наборы данных, является кластерный анализ. Под кластерным анализом (кластеризацией) понимается задача разбиения всей совокупности рассматриваемых объектов на отдельные группы (классы) со сходными характеристиками и определение взаимных отношений между ними [2, 4, 7]. Основой кластеризации в большинстве существующих методов является уже упоминавшаяся ранее таблица сходств.

Кластерный анализ, проведенный для исследуемых альгогруппировок, показал (рис. 4), что для всех обследованных сообществ фоновых и антропогенно загрязненных участков наблюдается относительно невысокое сходство систематического состава (коэффициент Сьеренсена-Чекановского составил около 40 %). Первый кластер включает группировки почвенных водорослей фоновых и условно фоновых участков (№ 2, 13, 14, 16, 17) с достаточно высоким сходством видового состава (коэффициент Сьеренсена-Чекановского достигает 60 %). Ключевые участки, испытывающие антропогенное загрязнение, разбились на две группы. Отдельно выделилась группировка водорослей на площадке № 1, подверженная наибольшему антропогенному загрязнению. Результаты, полученные при помощи кластерного анализа, достаточно хорошо согласуются с построенными выше графами (рис. 3).

Существенным недостатком кластерного анализа является невозможность наложения экологических факторов, оказывающих влияние на альгогруппировки. Кроме того, чем выше ранг объединения, тем сильнее усредняются значения коэффициента сходства между группами. Поэтому результаты, полученные с помощью кластерного анализа, требуют проверки другими методами.

Одним из таких методов, получивших наибольшее распространение в последнее время и лишенных этих недостатков, является ординация [5, 10]. Точнее говоря, ординация – это совокупность множества различных методов, предназначенных для отображения взаимного расположения исследуемых объектов на плоскости или в пространстве. Можно выделить методы прямой и непрямой ординации. Прямая ординация опирается на определенные факторы среды (темпе-

ратура, влажность, уровень грунтовых вод, содержание тяжелых металлов, pH и т.п.). Однако измерение экологических факторов в полевых условиях является достаточно трудоемкой задачей, кроме того, не всегда ясно, какие именно экологические характеристики оказывают наиболее существенное влияние на видовой состав. Методы непрямой ординации избавлены от этих недостатков, поскольку они опираются не на выбранные исследователем экологические факторы, а непосредственно на видовой состав описаний. В этом случае в качестве осей ординации берутся некие абстрактные параметры, связанные с максимальной изменчивостью видового состава, и уже в этих осях отображаются исследуемые объекты. Для определения степени «похожести» между описаниями используется уже не раз упоминавшаяся таблица сходств. Существенным достоинством методов ординации является возможность наложения на ординационные диаграммы дополнительных экологических факторов, которые отображаются в виде векторов. Если вектор параллелен какой-либо ординационной оси и при этом имеет высокий уровень корреляции, то можно предполагать наличие взаимосвязи между изменением видового состава и этим фактором среды.

Проведенная непрямая ординация ключевых участков (рис. 5) показала, что участки хорошо разделяются по своему видовому составу на три группы по местам сбора и степени антропогенной нагрузки: фоновые, территорию Кирово-Чепецкой агломерации и окрестности г. Сыктывкар. Первую ось ординации мы интерпретировали как видовое богатство ключевых участков. Наложение векторов тяжелых металлов на ординационную диаграмму показало, что максимальная отрицательная корреляция наблюдается между видовым разнообразием почвенных водорослей и содержанием тяжелых металлов Cd, Co, Ni в верхних горизонтах почв.

Существенным недостатком непрямых методов ординации являются

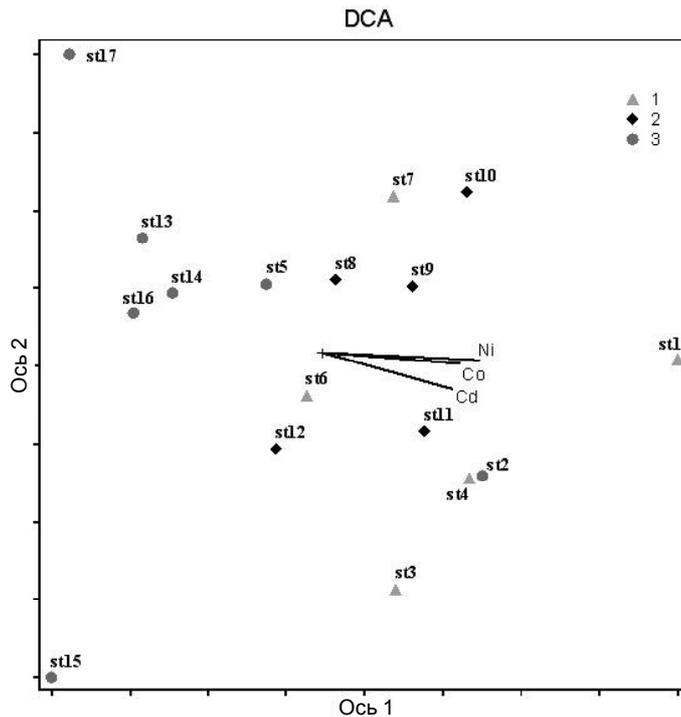


Рис. 5. Ординация исследованных участков по видовому составу водорослей с векторами, отражающими корреляцию между осями ординации и содержанием тяжелых металлов. Районы исследования: 1 – Киров–Кирово-Чепецкая промышленная агломерация; 2 – объездная автомобильная дорога (окрестности г. Сыктывкар); 3 – заказник «Былина». Номера st1-17 – ключевые участки. Длина векторов Cd, Co, Ni отражает значение коэффициента корреляции (Cd – 0.643; Co – 0.664; Ni – 0.708). Ось 1 – видовое разнообразие. Ось 2 – не интерпретирована.

сложности с интерпретацией полученных осей. Кроме того, методы ординации не позволяют четко разделять группы рассматриваемых объектов между собой. Все это не дает опираться только на этот метод, поэтому желательно использовать все перечисленные подходы в комплексе.

Одним из интересных алгоритмов анализа ботанической информации является определение индикаторных свойств видов [9, 11]. Первоначально пользователь задает разбиение всей совокупности описаний на группы. В нашем случае ключевые участки были разделены по принципу сбора материала. На основании этого разбиения рассчитывается коэффициент индикаторных свойств вида, который есть произведение средней встречаемости вида в каждой группе и среднего обилия. Кроме самого индикаторного значения, рассчитывается и его статистическая достоверность. Использование этого индекса позволило выделить индикаторные виды для участков с различной степенью антропогенного воздействия. Пять (*Chlamydomonas gelatinosa* Korsch. in Pasch., *Tetracystis aggregata* Brown et Bold, *T. dissociata* Brown et Bold, *Pseudopleurococcus botryoides* Snow, *Myrmecia bisecta* Reisigl)

среди всех видов водорослей, обнаруженных в исследуемых пробах, показали высокое и статистически значимое индикаторное значение для фоновой территории. Для зоны влияния автомагистрали было выявлено два вида (*Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. in Cl. et Grun. и *Actinochloris sphaerica* Korsch.). Эти виды ранее были выявлены на нефтезагрязненных и механически нарушенных участках в нефтедобывающих районах. Один вид (*Characiopsis borziana* Lemm.) имеет индикаторное значение для еловых лесов в зоне Киров–Кирово-Чепецкой промышленной агломерации.

Таким образом, совместное использование методов ординации, кластерного анализа и теории графов позволило избежать недостатков, свойственных каждому из методов по отдельности, и показало, что в условиях изменения физико-химических параметров почв и накопления тяжелых металлов и нефтепродуктов в структуре альгогруппировок еловых лесов отмечаются изменения, свидетельствующие о трансформации экосистем исследованных нами ельников в зонах антропогенного влияния. В первую очередь, это связано с уменьшением видового разнообразия водорослей и изменением таксономической структуры альгогруппировок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980. 142 с.
2. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969. 232 с.
3. Голлербах М.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 228 с.
4. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
5. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М., 2004. 416 с.
6. Теоретико-графовые методы в биогеографических исследованиях /

Отв. ред. Б.И. Семкин, В.В. Суханов. Владивосток, 1983. 135 с.

7. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти, 2003. 463 с.

8. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 287 с.

9. Dufrene M., Legendre P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical ap-

proach // Ecol. Monographs, 1997. Vol. 67, № 3. P. 345-366.

10. Legendre L., Legendre P. Numerical ecology. Amsterdam, 1983. 419 p.

11. McCune B., Grace J.B., Urban D.L. Analysis of ecological communities. Oregon, 2002. 285 p. ❖

МИКРОНУТРИЕНТЫ В СОСТАВЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА BERBERIS L. (BERBERIDACEAE JUSS.)

Проблемы микронутриентной обеспеченности организма человека с каждым годом приобретают все большую актуальность. По мере развития науки, современных методов исследования, усовершенствования инструментальной базы знания о роли микронутриентов для нормального функционирования человеческого организма углубляются и позволяют создавать препараты, корректирующие обменные процессы, тормозящие или предотвращающие развитие различных заболеваний [8]. Мнение о том, что пища по существу является комплексом многих сотен и тысяч веществ, каждое из которых обладает определенной мерой биологической активности, и ее можно рассматривать не только как источник энергии и пластических веществ, но и как сложный фармакологический комплекс, было высказано многими учеными, начиная с древних времен. С точки зрения биохимии питания набор веществ, в которых нуждается организм, включает широкий спектр различных соединений, оказывающих разностороннее физиологическое действие. Основными источниками этих веществ для человека являются растения и растительная пища, отличительная особенность которых состоит в способности избирательно накапливать отдельные микроэлементы или их группы.

Одним из интересных представителей флоры, обладающих уникальным комплексом пищевых, фармакологических и декоративных свойств, является род *Berberis* L. (сем. Berberidaceae Juss.), включающий от 175-200 [5] до 500 видов [6]. Большое разнообразие видов барбариса отмечено в Японии, Китае, Турции, Иране, на Балканах, в Северной Америке. На территории бывшего Советского Союза (средняя и южная зоны европейской части, Сибирь, Алтай, Саяны, Дальний Восток, Тянь-Шань) около 20 видов произрастают в естественных условиях, 45 видов интродуцированы ботаническими садами [4, 14, 16].

Во флоре Республики Коми (РК) виды барбариса отсутствуют. В коллекционном фонде дендрария ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН (БС) в настоящее время имеются 28 так-



Т. Ширшова



Л. Скупченко

сонов, включающих 24 вида и четыре культивара барбариса, выращенных из семян, полученных по делектусам из других ботанических садов и интродукционных центров России и зарубежья, а также саженцев, завезенных из экспедиционных поездок. Виды этого рода представлены в основном листопадными и вечнозелеными кустарниками [4, 11, 12]. Многолетние исследования, проводимые в БС, показали, что при выращивании барбариса, прошедшего преадаптацию к условиям севера в Архангельской области, его виды сохранились и проходят полный цикл развития [13]. Было установлено, что виды барбариса из восточноазиатской флоры (*B. aristata* DC, *B. lycium* Royle, *B. thunbergii* DC) раньше других переходят в генеративный возрастной период и формируют достаточное число плодов на кусте, что является предпосылкой для рассмотрения данного флористического района донором при интродукции древесных растений. Виды барбариса способны пополнить культурную флору южных районов РК и найти широкое применение в озеленении, перспективны для лесоразведения и создания сырьевых плантаций по производству пищевых продуктов и лекарственных средств. На основе интродукционной устойчивости такие виды, как *B. aristata*, *B. dasistachya*, *B. canadensis*, *B. circumscissata*, *B. × emarginata*, *B. intergerrima*, *B. kansuensis*, *B. lycium*, *B. × notabilis*, *B. poiretii*, *B. tibetica*, *B. vulgaris* были отнесены к перспективным для озеленения и декоративного садоводства РК [13].

Химический состав барбариса изучен довольно обстоятельно. Установлено, что все его органы содержат дубильные вещества, эфирное масло, органические кислоты, в том числе яблочную, винную, лимонную, до 7.7 % сахаров, от 20 до 55 мг/% витамина С. Листья и плоды барбариса содержат каротиноиды, витамин К [2, 9, 12, 15]. В традиционной и народной медицине используют отвары корней, коры и цветков, настойки и настои из листьев, сок плодов. Лекарственные свойства барбарисовых приписывают высокому содержанию алкалоидов [3, 7]. Однако согласно современным тенденциям развития науки, лечебные свойства растений могут быть

Ширшова Татьяна Ивановна – к.х.н., в.н.с. лаборатории биохимии и биотехнологии. E-mail: shirshova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: химия биологически активных природных соединений, фармаконутриентология.

Скупченко Людмила Алексеевна – к.б.н., с.н.с. отдела Ботанический сад. E-mail: mishurov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биоразнообразие и интродукция растений.

обусловлены наличием широкого спектра различных биологически активных веществ (БАВ) и микронутриентов, действие которых на человека может давать суммарный (синергический) эффект, что позволит отнести их к одному из важных объектов фармаконутриентологии. Комплексное изучение химического состава интродуцированных в условия РК видов барбариса позволило нам расширить ассортимент входящих в них биологически активных веществ и микронутриентов и дополнить список растений этого рода малоизученными видами барбариса с полезными для человека пищевыми и лекарственными свойствами.

Одним из основных продуктов биосинтеза растений, которые в зависимости от состава и структуры компонентов обладают разного рода биологической активностью, являются липиды. Липиды лекарственного сырья, используемого для приготовления экстрактов и настоек, в том числе из листьев и плодов барбариса, до настоящего времени практически не изучены. Полиненасыщенные высшие жирные кислоты, входящие в состав липидов, называют незаменимыми и относят к группе витаминов F. Не менее интересным представляется нам и состав протеиногенных аминокислот, о содержании которых в барбарисе сведений в научной литературе нет. Целью нашей работы является изучение количественного содержания и компонентного состава нейтральных липидов и содержащихся в них высших жирных кислот, а также протеиногенных аминокислот в некоторых видах рода *Berberis L.* из дендрокolleкции ботанического сада. Эта работа является частью комплексного исследования химического состава представителей этого рода на содержание БАВ и других микронутриентов.

Для изучения содержания нейтральных липидов из дендрокolleкции БС были взяты пять видов и один культивар из рода *Berberis L.*, выращенные из семян, полученных по делектусам из Архангельска, Хабаровска и Липецкой опытно-селекционной станции (табл. 1). Исследовались листья, семена и плоды. Листья собирали в июле 2007 г., сушили в хорошо проветриваемом помещении и тщательно измельчали. Плоды и семена собирали в октябре 2007 г., сушили и измельчали на мельнице. Нейтральные липиды (НЛ) извлекали трехкратной экстракцией гексаном при комнатной температуре и постоянном перемешивании на магнитной мешалке. Гексановые экстракты объединяли, фильтровали через слой безводного сульфата натрия и упаривали в вакууме при температуре не выше 40 °С до исчезновения запаха растворителя. Определяли массу полученных липидных фракций (табл. 2). Качественный состав НЛ устанавливали при помощи метода тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках фирмы Merck (Германия), используя систему растворителей гексан-диэтиловый эфир-ледяная уксусная кислота 73:25:5 (v/v/v). Высушенные на воздухе пластинки обрабатывали 10% -ным раствором фосфорно-молибденовой кислоты в этаноле с последующим выдерживанием в сушильном шкафу при температуре 100 °С до появления темно-синих пятен. В качестве стандартов для идентификации НЛ использовали Lipid Standard, Sigma (Швейцария), содержащие хо-

Таблица 1

Виды рода *Berberis L.*, исследуемые на содержание нейтральных липидов и входящих в них высших жирных кислот

Вид	Откуда получен образец (год)	Назначение
<i>B. vulgaris L.</i>	Архангельск (1937, 1997)	Пищевое, декоративное, лекарственное
cv <i>Atropurpurea</i>	Липецкая опытно-селекционная станция (1946)	То же
<i>B. amurensis Maxim</i>	Хабаровск (1957, 1996)	» »
<i>B. aristata DC</i>	Архангельск (1997)	Декоративное, лекарственное
<i>B. lycium Royle</i>	Архангельск (1997)	То же
<i>B. thunbergii DC</i>	Липецкая опытно-селекционная станция (1946, 1995)	» »

лестерин, олеиновую кислоту (C18:1, cis-9), метиловый эфир олеиновой кислоты, триолеин, олеат холестерина. Для компонентов НЛ рассчитывали коэффициенты подвижности R_f . Жирнокислотный состав устанавливали методом газо-жидкостной хроматографии метиловых эфиров [1] на газовом хроматографе «Кристалл 2000 М» (Россия) с пламенно-ионизационным детектором. Метиловые эфиры разделяли в изотермическом режиме при температуре термостата колонок (200 °С) на кварцевой капиллярной колонке 30 м × 0.2 мм (TR-WAX, Thermo). Газ-носитель – гелий, чистота 99.99 %. Скорость потока газа-носителя через колонку 0.6 мл/мин., деление потока – 1:50. Расход вспомогательных газов: водород – 20, воздух – 200 мл/мин. Температура испарителя и детектора 250 °С. Регистрацию и обработку хроматограмм осуществляли с помощью системы сбора и обработки хроматографических данных «Хроматэк» (Кристалл, Россия). Идентификацию метиловых эфиров высших жирных кислот проводили методом хромато-масс-спектрометрии на приборе TRACE-DSQ (Thermo). Количественный анализ проводили по методу внутреннего стандарта (2,4,5-трихлорфенол).

Содержание азота и протеиногенных аминокислот определяли в экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Азот определяли с использованием газовой хроматографии (газ-носитель – гелий) на элемент-

Таблица 2

Доля нейтральных липидов в воздушно-сухой массе растений рода *Berberis L.*, %

Вид	Часть растения	
	лист	семена
<i>B. vulgaris</i>	0.9	7.5
cv <i>Atropurpurea</i>	1.1	7.3
<i>B. amurensis</i>	1.6	7.6
<i>B. aristata</i>	1.0	10.4
<i>B. lycium</i>	0.9	5.6
<i>B. thunbergii</i>	–	–

Примечание: прочерк – содержание не определяли.

ном анализаторе 1110 (CO). Содержание протеино-генных аминокислот устанавливали методом количественного химического анализа гидролизатов белков, полученных при гидролизе изучаемых образцов хлороводородной кислотой в запаянных ампулах при температуре 110 °С в течение 24 ч в термостате. Разделение смеси на отдельные компоненты осуществляли на хроматографической колонке, заполненной ионообменной смолой «Ostion». Количество каждой аминокислоты определяли фотометрическим методом по поглощению ($\lambda = 520$ нм) окрашенного в желтый цвет соединения, образующегося в результате постколоночной реакции аминокислоты с нингидрином. Хроматографирование аминокислот осуществляли на анализаторе ААА 339 с использованием буферных растворов (рН 2.90, 4.25 и 7.90). Содержание аминокислотного азота в общем азоте рассчитывали по общепринятой методике.

В основном барбарис используется для декоративных целей. Нами для исследований были выбраны виды, представляющие интерес не только своими декоративными качествами, но и ценными пищевыми и лекарственными свойствами. Наиболее изученным представителем этого рода является *B. vulgaris* L. – барбарис обыкновенный, из корней которого получают препарат «Берберин», снижающий кровяное давление. В БС он выращивается с 1937 г. Культивар *B. vulgaris* cv *Atropurpurea* – барбарис обыкновенный пурпурнолиственный – впервые был получен в 1946 г. с Липецкой опытно-селекционной станции. Растения барбариса обыкновенного и его культивара успешно размножаются семенами. В настоящее время в дендрарии БС культивируется много видов растений собственной репродукции. *B. vulgaris* cv *Atropurpurea* – красивый декоративный кустарник с пурпурными листьями. Химический состав его мало изучен. *B. amurensis* Maxim – барбарис амурский, полученный впервые в 1957 г. из Хабаровска, распространен в Приморье,

Приамурье и на Сахалине, также относится к хорошо изученным лекарственным растениям этого рода. Как и барбарис обыкновенный, он содержит берберин и другие алкалоиды и широко применяется в медицинской практике в виде настоек. В народной медицине плоды использовались как противоглистное средство. Виды *B. aristata* DC – б. остистый (Гималаи), *B. lycium* Royle – б. лиций и *B. thunbergii* DC – б. Тунберга (Япония) являются декоративными и лекарственными растениями, химический состав которых мало изучен.

Содержание НЛ в листьях, семенах и плодах изучаемых видов барбариса (табл. 2) довольно высокое. При помощи тонкослойной хроматографии в гексановых экстрактах листьев всех видов обнаружено семь пятен, основными из которых являются моно-, ди- и триацилглицериды, стерин и их эфиры, свободные жирные кислоты и их эфиры. Жирнокислотный состав НЛ листьев всех образцов представлен восемью кислотами с цепями C₁₂–C₂₀ и четным числом углеродных атомов (табл. 3). Основными по содержанию являются линолевая (C18:2) и линоленовая (C18:3) кислоты. Линолевая и γ -линоленовая кислоты относятся к полиненасыщенным высшим жирным кислотам ω -6 ряда, которые содержатся в растительных маслах (кукурузном, подсолнечном и т.п.). В организме человека линолевая кислота, полученная с пищей, образует весь набор ω -6 эссенциальных полиненасыщенных высших жирных кислот, которые включаются в липидный бислой клеточных мембран, регулируя их вязкость, проницаемость, электрические свойства, снижая возбудимость, формируя соответствующее липидное окружение мембранных белков и ферментов. Как антиатеросклеротический фактор, полиненасыщенные высшие жирные кислоты способствуют метаболизму холестерина в печени и его элиминации из организма, а также выступают как ингибиторы фермента (ГМГ-редуктаза), контролирующего биосинтез холестерина [16]. В растениях

продуктами перекисного окисления линоленовой кислоты являются фитогормоны – жасмоновая кислота и ее многочисленные производные. Характерным для листьев изучаемых видов барбариса является отсутствие олеиновой кислоты и наличие пальмитолеиновой. Для листьев всех видов характерно высокое содержание насыщенной пальмитиновой кислоты (C16:0), которая в растениях совместно со стеариновой кислотой (C18:0) участвует в биосинтезе полиненасыщенных высших жирных кислот. Остальные насыщенные кислоты – лауриновая, миристиновая, стеариновая и арахиновая – присутствуют в незначительных количествах.

В семенах, как и следовало ожидать, содержание НЛ значительно выше, чем в листьях (табл. 2). НЛ семян представляют собой прозрачные маслообразные жидкости золотисто-желтого цвета со специфичес-

Таблица 3

Содержание высших жирных кислот (доля их общей массы, %) в нейтральных липидах некоторых видов рода *Berberis* L.

Вид	Кислота							
	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:2	C18:3	C20:0
	Листья							
<i>B. vulgaris</i>	1.2	2.6	38.5	2.2	2.7	17.4	34.0	1.5
cv <i>Atropurpurea</i>	1.0	2.7	26.9	2.0	2.4	20.1	44.0	1.0
<i>B. amurensis</i>	0.8	2.4	33.7	1.7	2.3	17.9	39.9	1.4
<i>B. aristata</i>	1.0	2.1	31.8	1.5	2.4	14.4	45.7	1.1
<i>B. lycium</i>	0.7	1.8	31.9	2.1	2.4	15.7	44.7	0.9
	Семена							
<i>B. vulgaris</i>	0.04	0.2	6.9	–	2.4	39.2	50.8	0.6
<i>B. amurensis</i>	0.08	0.3	6.6	–	1.9	37.4	53.4	0.4
<i>B. aristata</i>	0.05	0.2	6.7	–	2.3	37.4	53.0	0.4
<i>B. lycium</i>	0.03	0.2	6.4	–	1.9	38.9	52.1	0.4
	Плоды							
<i>B. vulgaris</i>	0.1	0.5	10.0	–	1.9	36.1	51.0	0.4
<i>B. thunbergii</i>	0.9	1.4	10.0	–	1.8	49.3	36.3	0.3

Примечание: C12:0 – лауриновая, C14:0 – миристиновая, C16:0 – пальмитиновая, C16:1 – пальмитолеиновая, C18:0 – стеариновая, C18:2 – линолевая, C18:3 – линоленовая, C20:0 – арахиновая кислоты. Прочерк – отсутствие кислоты.

ким запахом. Как все растительные масла, НЛ семян в основном состоят из триацилглицеридов. Жирнокислотный состав всех образцов семян представлен семью кислотами с длиной цепи C₁₂-C₂₀ и четным числом углеродных атомов (табл. 3). Как и в НЛ листьев, основными по содержанию являются линолевая и линоленовая кислоты. Преобладающей и в этом случае является линоленовая кислота, содержание которой, однако, значительно выше, чем в листьях, и превышает 50%. Содержание линолевой кислоты достигает 39%. В отличие от листьев семена не содержат пальмитолеиновую кислоту, отличаются очень низким содержанием пальмитиновой кислоты (в пределах 6-7%), а остальные насыщенные кислоты составляют десятые и сотые доли процента (табл. 3).

Плоды *B. vulgaris* и *B. thunbergii*, высушенные и перемолотые вместе с семенами, содержат значительно меньшее количество НЛ, чем семена, и сопоставимы с содержанием НЛ в листьях (2.0 и 1.8% соответственно). Основным компонентом являются триацилглицериды. Компонентный состав высших жирных кислот такой же, как в семенах. В обоих случаях максимальными по содержанию являются линолевая и линоленовая кислоты. Однако в *B. vulgaris* преобладающей является линоленовая кислота, а в *B. thunbergii* – линолевая. Содержание насыщенных ВЖК такое же низкое, как в семенах, за исключением пальмитиновой кислоты, количественное содержание которой в плодах ощутимо выше, чем в семенах (табл. 3). Надо полагать, что в основном содержание НЛ, их компонентный и жирнокислотный состав обусловлены присутствием семян, а не плодовой мякоти.

Таким образом, нами показано, что листья и особенно семена исследованных нами видов барбариса имеют высокое содержание нейтральных липидов, в состав которых входят ценные эссенциальные (линолевая и линоленовая) кислоты, играющие важ-

ную физиологическую роль как в растительных, так и в животных организмах. Наличие таких ценных компонентов, несомненно, повышает как пищевую, так и лекарственную ценность этих видов барбариса.

Содержание азота и протеиногенных аминокислот было определено в листьях пяти видов и плодах 12 видов барбариса (табл. 4). Количественное содержание азота как в листьях, так и в плодах исследуемых образцов барбариса колеблется в незначительных пределах. Азот аминокислот составляет довольно высокую долю в общем азоте. Все растения способны синтезировать 18 различных аминокислот и два амида аминокислот. Эти 20 соединений являются обычными компонентами почти всех белковых молекул. Определение триптофана – 18-й аминокислоты – в условиях данного метода не производится. Из 17 аминокислот, найденных в листьях и плодах изученных видов барбариса, максимальными по содержанию являются глутаминовая и аспарагиновая кислоты (табл. 4), что характерно для растений. Глутаминовая кислота является важнейшей заменимой аминокислотой, которая входит в состав практически всех природных белков и многих других БАВ (глутатион, фолиевая кислота, фосфатиды). В клетках центральной нервной системы глутаминовая кислота участвует в переносе ионов K⁺ и обезвреживает аммиак, связывая его в глутамин. В плодах большинства видов содержание глутаминовой кислоты выше, чем в листьях. Как правило, в листьях ее высокое содержание предполагает и более высокое содержание аспарагиновой кислоты. В плодах такой закономерности не наблюдается. У растений аспарагиновая кислота является предшественником в биосинтезе незаменимых аминокислот – метионина, треонина и лизина. Листья всех видов отличаются от плодов более высоким содержанием почти всех аминокислот. При этом листья *B. aristata* и *B. vulgaris* содержат наибольшие количества всех аминокислот по сравнению с

Таблица 4

Содержание протеиногенных аминокислот в листьях и плодах растений р. *Berberis* L., мг/г сухого вещества

Вид	Аминокислота																	Сумма
	Glu	Asp	Lys	Leu	Ile	Val	Gly	Pro	Ser	Tyr	Ala	Thr	Arg	Met	Cys	Phe	His	
	Лист																	
<i>B. aristata</i> DC	13.84	12.41	9.29	11.9	5.12	7.12	6.58	13.19	5.87	6.31	7.76	6.27	6.42	0.42	0.0	6.29	2.62	121.41
<i>B. amurensis</i> Maxim	10.52	9.02	7.53	9.18	4.49	6.02	5.17	6.64	4.30	4.48	5.92	4.52	4.82	0.07	0.0	4.55	1.72	88.95
<i>B. lycium</i> Royle	10.69	9.76	8.23	9.60	4.74	6.16	5.68	6.91	4.77	3.64	6.58	5.05	5.23	0.08	0.0	5.60	1.93	94.65
<i>B. vulgaris</i> L.	13.77	11.92	9.37	11.09	5.08	8.92	7.06	15.05	5.44	6.27	7.53	5.96	6.84	0.16	0.0	7.22	2.24	123.92
cv <i>Atropurpurea</i>	11.90	10.31	8.22	10.81	5.14	6.56	5.97	6.90	4.85	6.13	7.16	5.08	5.36	0.0	0.0	5.43	1.75	101.57
	Плод																	
<i>B. aristata</i> DC	18.13	8.75	5.54	4.94	3.06	4.2	4.99	6.41	3.37	3.44	3.67	2.88	7.09	0.0	0.26	2.84	1.75	81.32
<i>B. dasystachia</i> Maxim.	15.06	8.8	5.81	5.03	3.14	4.32	4.98	7.30	3.57	4.76	3.82	3.01	6.34	0.23	0.21	2.89	1.63	80.9
<i>B. x. emarginata</i> Willd.	15.31	7.86	5.16	4.90	3.01	4.18	4.90	8.04	3.70	4.43	3.69	3.26	6.16	0.20	0.0	2.88	1.56	79.24
<i>B. integerrima</i> Bunge	15.26	7.51	5.13	5.02	2.94	3.86	4.80	6.14	3.36	3.36	3.67	2.85	5.68	0.07	0.0	2.96	1.46	74.07
<i>B. kansyensis</i> Schneid	17.3	8.74	5.22	4.99	3.04	4.29	5.28	4.94	3.61	3.85	3.94	3.05	6.73	0.06	0.13	2.97	1.62	79.76
<i>B. lycium</i> Royle	21.53	11.6	5.79	5.08	3.26	4.60	5.63	6.00	4.24	4.1	4.17	3.56	9.04	0.0	0.0	3.09	1.83	93.52
<i>B. notabilis</i> Schneid.	21.11	10.55	6.9	6.82	3.97	5.13	6.74	5.21	4.58	6.37	4.75	3.99	8.79	0.09	0.0	4.34	1.97	101.31
<i>B. poiretii</i> Schneid.	19.83	10.42	6.21	5.75	3.42	4.89	6.08	6.48	4.48	4.89	4.71	3.83	7.63	0.0	0.0	3.40	1.81	93.83
<i>B. thunbergii</i> DC	13.24	8.69	5.52	4.02	2.53	3.37	4.56	11.07	3.36	3.12	3.38	3.00	6.15	0.05	0.0	2.47	1.53	76.06
<i>B. tibetica</i> Schneid.	15.99	7.45	5.41	4.80	2.98	4.03	4.97	5.46	3.36	3.85	3.66	3.02	6.80	0.15	0.23	2.79	1.53	76.48
<i>B. vulgaris</i> L.	12.18	6.28	4.17	4.10	2.38	3.09	3.94	3.68	2.54	3.10	2.97	2.21	4.88	0.11	0.0	2.33	1.15	59.11
cv <i>Atropurpurea</i>	16.20	11.05	4.34	4.67	2.72	3.73	4.27	6.18	2.90	3.58	3.29	2.76	5.77	0.0	0.0	2.46	1.33	75.25

Примечание: Glu – глутаминовая, Asp – аспарагиновая кислоты, Lys – лизин, Leu – лейцин, Ile – изолейцин, Val – валин, Gly – глицин, Pro – пролин, Ser – серин, Tyr – тирозин, Ala – аланин, Thr – треонин, Arg – аргинин, Met – метионин, Cys – цистин, Phe – фенилаланин, His – гистидин.

другими видами, включая такую редко встречающуюся в большинстве растений аминокислоту, как метионин. В листьях всех видов отсутствует цистин, который в незначительных количествах обнаружен в плодах *B. aristata*, *B. dasystachia*, *B. kansuensis* и *B. thibetica*. Надо отметить довольно высокое содержание всех аминокислот, за исключением метионина и цистина, как в листьях, так и в плодах. Таким образом, нами показано, что листья и плоды барбариса являются источником ценных для организма человека аминокислот.

Результаты комплексного изучения химического состава некоторых видов рода *Berberis L.*, интродуцированных в условия РК, показали, что наряду с уже известными классами БАВ и микронутриентов как листья, так и плоды являются источником ценных полиненасыщенных высших жирных кислот и незаменимых аминокислот, что позволяет дополнить список растений этого рода малоизученными видами барбариса с полезными для человека пищевыми и лекарственными свойствами.

Авторы благодарят сотрудников экоаналитической лаборатории И.В. Груздева, А.М. Естафьеву и Л.Р. Зубкову за выполнение анализов на содержание высших жирных кислот и протеиногенных аминокислот.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. 542932, СССР, G 01 N 1/28. Способ приготовления проб липидов / *К.М. Синяк, И.И. Даниленко, З.П. Васюренко* и др.; Киевский НИИ эпидемиологии, микробиологии и паразитологии; № 2138675; заявл. 26.05.75; опубл. 15.01.77. Бюл. № 2.

2. *Гаммерман А.Ф., Шупинская М.Д., Яценко-Хмелевский А.А.* Растения – целители. М.: Высш. школа, 1963. 423 с.

3. *Генри Т.А.* Химия растительных алкалоидов. М.: Госхимиздат, 1966. С. 339-355.

4. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР. М.: Наука, 1975. 544 с.

5. *Колесников А.И.* Декоративная дендрология. М., 1974. 703 с.

6. Лесная энциклопедия. М.: Сов. энциклопедия, 1985. Т. I. 563 с.

7. *Меженский В.Н.* Барбарис. Магония. Москва–Донецк, 2005. 60 с.

8. *Ноздрюхина Л.Р., Гринкевич Н.И.* Нарушение микроэлементного обмена и пути его коррекции. М.: Наука, 1980. 279 с.

9. *Носов А.М.* Лекарственные растения. М., 2005. С. 28-30.

10. Растения, применяемые в быту. М.: Изд-во МГУ, 1963. С. 12-13.

11. *Полякова А.Н.* Декоративные кустарники – украшение сада. СПб., 2003. 157 с.

12. *Сафонов Н.Н.* Полный атлас лекарственных растений. М., 2005. С. 19-20.

13. *Скупченко Л.А.* Онтогенетическое развитие видов барбариса при интродукции в Республике Коми // Лесоведение, 2010. № 1. С. 38-45.

14. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.

15. *Чиков П.С.* Лекарственные растения. М.: Лесная пром-сть, 1982. С. 52-55.

16. *Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г.* Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. М., 2003. 165 с. ❖

УТРАТЫ

23 мая ушел из жизни доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Коми **Вячеслав Пименович Мишуров**.



Научные интересы В.П. Мишурова были связаны с проблемой сохранения биологического разнообразия растительного мира, а именно, с созданием и сохранением генофонда полезных растений (кормовых, декоративных, лекарственных, плодово-ягодных) и выявлением их адаптационных возможностей в экстремальных условиях. За разработку теоретических основ интродукции высокоурожайных кормовых растений и внедрения их в сельскохозяйственное производство Вячеславу Пименовичу и его коллегам в 1984 г. была присуждена премия Совета Министров СССР. Он автор и соавтор свыше 200 работ, в том числе 20 монографий и брошюр, четырех патентов и четырех авторских свидетельств на сорта кормовых растений.

В.П. Мишуров уделял большое внимание подготовке кадров высшей квалификации. Под его руководством защищены девять кандидатских диссертаций, он являлся членом Диссертационного совета в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН по защите докторских диссертаций.

В.П. Мишуров возглавлял работу комиссии по интродукции кормовых растений Совета Ботанических садов России, входил в состав Президиума Совета Ботанических садов России и Совета Ботанических садов Урала и Поволжья.

Вячеслав Пименович всю свою жизнь посвятил интродукции разных групп полезных растений в условиях Севера. Он был талантливым ученым и организатором, вложившим всю свою энергию, знания и опыт в развитие научных и прикладных исследований в области интродукции в Республике Коми. Глубоко скорбим о невозможной утрате.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ХВОИ СОСНЫ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЫКТЫВКАРСКОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Исследования содержания химических элементов в различных органах растений показали его высокую изменчивость в зависимости от вида и возраста растения, региональных климатических особенностей, сезонного развития и лесорастительных условий места произрастания [1, 4, 5]. Кроме климатических и биотических факторов, на химический состав растительных тканей оказывают воздействие разнообразные вещества-загрязнители выбросов промышленных производств. Хроническое загрязнение лесных экосистем газообразными токсикантами и пылевыми выбросами, содержащими разнообразные соединения металлов, приводит к постепенному накоплению отдельных элементов в почве и в дальнейшем в органах растений [2, 3, 6]. В среднетаежной зоне Республики Коми крупнейшим источником промышленных выбросов в воздушный бассейн является ОАО «Монди Сыктывкарский ЛПК» (СЛПК). Его основными поллютантами являются оксиды углерода, азота, серы, сероводород, сероорганические соединения, минеральная пыль, содержащая карбонаты и сульфиды кальция и натрия. В последние годы суммарное количество выбросов колеблется около 20 тыс. т/год, что в 1.4 и 1.6 раза ниже, чем в 2004 и 1998 гг. соответственно [7].

Целью данной работы является оценка изменений химического состава хвои сосны за десятилетний период в условиях воздушного загрязнения СЛПК.

Исследования проводились на восьми постоянных пробных площадях (ППП): по четыре контрольных (фоновых), расположенных на расстоянии 48-52 км к северу от СЛПК, и загрязненных, расположенных к северо-востоку от источника загрязнения на расстоянии от 1.3 до 11.2 км от источника эмиссии в направлении доминирующей составляющей региональной розы ветров. Сосняки произрастают на иллювиально-гумусовых железистых подзолах. Древостои средневозрастные, приспевающие и спелые, послерубочного и послепожарного происхождения, средней и относительно высокой продуктивности. Древесный



Н. Торлопова



Е. Робакидзе

ярус состоит из сосны, осины, березы, редко встречается ель. В подлеске в незначительном количестве присутствуют можжевельник, рябина, ивы. подрост представлен в основном елью (500-1200 шт./га), редко встречаются сосна, береза и пихта. Травянокустарничковый ярус с общим проективным покрытием (ОПП) 40-70 % образуют 20-40 видов растений, среди которых доминирует черника. В мохово-лишайниковом ярусе (ОПП 60-90 %) преобладают зеленые мхи. Мониторинг показал устойчивую динамику улучшения состояния древостоев за последние десять лет. При этом сохраняется слабая степень пожелтения хвои, увеличивается количество деревьев с поврежденными вершинами.

Высокая вариабельность химического состава растительных тканей вследствие воздействия различных факторов природной среды затрудняет выделение степени влияния промышленных выбросов на количественные показатели содержания различных соединений в органах растений. Поэтому выявление изменений химического состава хвои сосны в сосняках черничных под воздействием загрязнения воздуха проводили с учетом ее возраста и условий места произрастания. Отбор образцов хвои (первого-четвертого года жизни) проводили в конце июля по несколько веток с одного модельного дерева на каждой ППП. Химический анализ проводили в аккредитованной экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН по аттестованным методикам количественного химического анализа (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257). Валовое содержание элементов минерального питания (калий, кальций, магний, фосфор, марганец, железо,

натрий, алюминий) в растительных образцах определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-анализатор, Германия). Валовое содержание углерода, азота и серы определяли методом газовой хроматографии на элементном анализаторе EA 1110 (CHNS-O).

Регрессионный анализ показал, что возрастная динамика концентрации исследуемых элементов в хвое сосен черничных сообществ, растущих на фоновой территории, с высокой степенью достоверности описывается логарифмической кривой (рис. 1). С увеличением возраста хвои в ней достоверно уменьшается содержание калия, фосфора и магния. Их максимальные концентрации наблюдаются в однолетней хвое. Концентрация кальция, марганца, алюминия, натрия и железа более высокая в хвое старших возрастов, что свидетельствует о незначительной подвижности этих элементов. Вместе с тем, в 1999 г. были отмечены нарушения возрастной динамики содержания магния, марганца и железа (рис. 1А).

Сравнительный анализ минерального состава хвои сосны, растущей в фоновом районе и зоне воздействия выбросов, показывает, что возрастная динамика содержания большинства исследуемых элементов имеет общие тенденции. Коэффициент корреляции возрастной динамики содержания калия в хвое сосны фоновых и загрязненных участков составил в 1999, 2007 и 2009 гг. соответственно 0.99, 0.98 и 0.99, кальция: 0.76, 0.94 и 0.99, фосфора: 0.68, 0.98 и 0.99, магния: 0.17, 0.98 и 0.98, марганца: 0.46, 0.93 и 0.94, алюминия: 0.16, 0.71 и 0.95, натрия: 0.68, 0.98 и 0.92, железа: 0.88, 0.12 и 0.98 соответственно. Видимо, нормализация возрастных трендов объясняется относительно благоприятными условиями увлажнения и почвенного питания черничных типов сообществ.

В 1999 г. среднее содержание калия в разновозрастной хвое сосны было примерно на одном уровне на фоновых и опытных участках. В 2007 г. выявлено более высокое содержание калия в однолетней хвое фонового участка. В 2009 г. не выявлено разли-

Торлопова Надежда Валерьяновна – к.б.н., с.н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: torlopova@ib.komisc.ru.
Робакидзе Елена Александровна – к.б.н., н.с. этого же отдела. E-mail: robakidze@ib.komisc.ru.
Область научных интересов: лесная экология, аэротехногенное загрязнение, мониторинг.

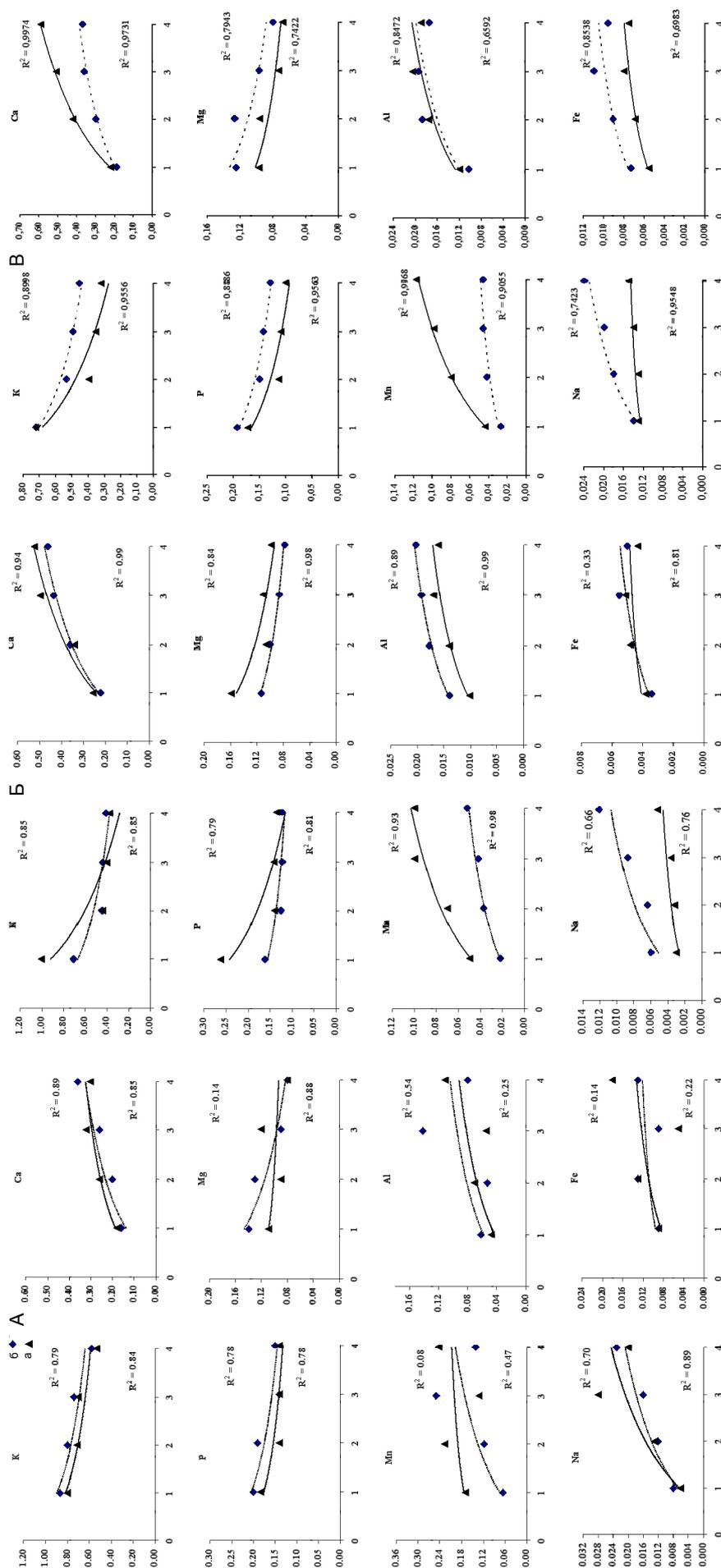


Рис. 1. Содержание химических элементов в хвое сосны на фоновой и загрязненной территории в 1999 (А), 2007 (Б) и 2009 гг. (В). Указаны логарифмический тренд, данных фонового района (а) и зоны воздействия выбросов (б), аппроксимация тренда контрольного (вверху) и загрязненного (внизу) участков (R^2). По оси абсцисс – возраст хвои, лет. По оси ординат – содержание химических элементов, % сухого вещества.

чий по содержанию калия в однолетней хвое на фоновой и загрязненной территориях. Вместе с тем, в загрязненном районе с увеличением возраста хвои содержание калия в ней увеличивается. Концентрация кальция в хвое с загрязненных и контрольных сосняков достоверно не отличается в 1999 и 2007 гг. В 2009 г. по мере увеличения возраста хвои различие в содержании кальция в хвое между контрольными и загрязненными участками достоверно увеличивается в хвое старших возрастов в 1.4-1.6 раза. Содержание фосфора в хвое сосны опытных и фоновых насаждений в 1999 и 2007 гг. также достоверно не отличается. Только в однолетней хвое сосен контрольных площадей в 2007 г. его концентрация в 1.6 раза выше. В 2009 г. содержание фосфора в хвое всех возрастов на фоновой территории на 30 % меньше, чем на загрязненной.

При изучении возрастной динамики магния, марганца и алюминия в 1999 г. не было выявлено четкой зависимости концентрации магния и марганца от возраста хвои на фоновой территории. В 2007 и 2009 гг. было выявлено, что содержание данных элементов четко зависит от возраста хвои: концентрация магния уменьшается с возрастом, а марганца и алюминия возрастает. Вместе с тем надо отметить, что содержание марганца и алюминия в хвое всех возрастов значительно меньше в 2007 и 2009 гг. Концентрация марганца достоверно выше в хвое всех возрастов фоновых участков как в 1999, так и в 2007, и в 2009 гг., а количество алюминия выше в хвое сосен на загрязненной территории только в 2007 г. Возрастные изменения в содержании натрия в 2009 г. идентичны таковым в 1999 и 2007 гг.: с увеличением возраста хвои концентрация его возрастает. Однако, если количество натрия в разновоз-

растной хвое сосен между фоновыми и опытными участками в 1999 г. достоверно не отличается, то в 2007 и 2009 гг. его содержание значительно выше в хвое всех возрастов, собранной на загрязненной территории (исключение в количестве натрия в однолетней хвое 2009 г.). По содержанию железа только в 2009 г. отмечена прямая зависимость от возраста хвои и на контрольных, и на опытных участках, причем концентрация железа достоверно выше на загрязненной территории. Надо отметить, что его количество значительно уменьшается в 2007 и 2009 гг.

Суммарное содержание химических элементов в 1999 г. в сосняках черничных не различалось ни по годам жизни хвои, ни по удалению от источника загрязнения (рис. 2). При исследовании в 2007 г. было выявлено, что суммарная концентрация элементов в однолетней хвое сосен значительно выше, чем последующих лет. По сравнению с 1999 г. в ней обнаружено более высокое содержание кальция, магния, калия, фосфора и марганца. Сумма химических элементов в хвое второго, третьего и четвертого года жизни деревьев в 2007 г. достоверно не отличается между фоновыми и опытными участками, но вместе с тем ниже, чем в 1999 г. в 1.2-1.4 раза. В 2009 г. в сосняках черничных, как и в 1999 г., не было обнаружено достоверных различий между суммарным содержанием химических элементов ни по годам жизни хвои, ни по удалению от источника загрязнения (рис. 2). Однако, по сравнению с 1999 г. содержание минеральных элементов в 2007 и 2009 гг. снизилось на 30 % в хвое сосны первого и второго года жизни и на 20 % в хвое третьего и четвертого года жизни.

Валовое содержание углерода в хвое сосны стабильно: на фоновых участках составляет в среднем 49.4 ± 2.6 , на загрязненных участках – 50.7 ± 2.5 % сухого вещества, что указывает на отсутствие влияния СЛПК на этот показатель (см. таблицу). Наблюдается тенденция к увеличению доли углерода в составе сухого вещества хвои сосны с увеличением ее возраста на 1 % каждый год. Подобные закономерности были отмечены и в прошлые года наблюдений. Анализ содержания валового азота в разновозрастной (первого-четвертого года жизни) хвое сосны показал типичную тенденцию к снижению концентрации азота в хвое с увеличением ее возраста в среднем на 4 % в год. Концентрация валового азота на фоновых участках варьирует от 0.83 ± 0.13 до 1.33 ± 0.20 и в среднем составляет 1.04 ± 0.16 % сухого вещества хвои. Содержание азота на загрязненных участках варьирует от 1.28 ± 0.19 до 1.73 ± 0.26 и в среднем составляет 1.49 ± 0.22 % сухого вещества. Отмечается постепенное уменьшение концентрации азота по мере удаления участков от источника эмиссии. Различия между контрольными и загрязненными участками по

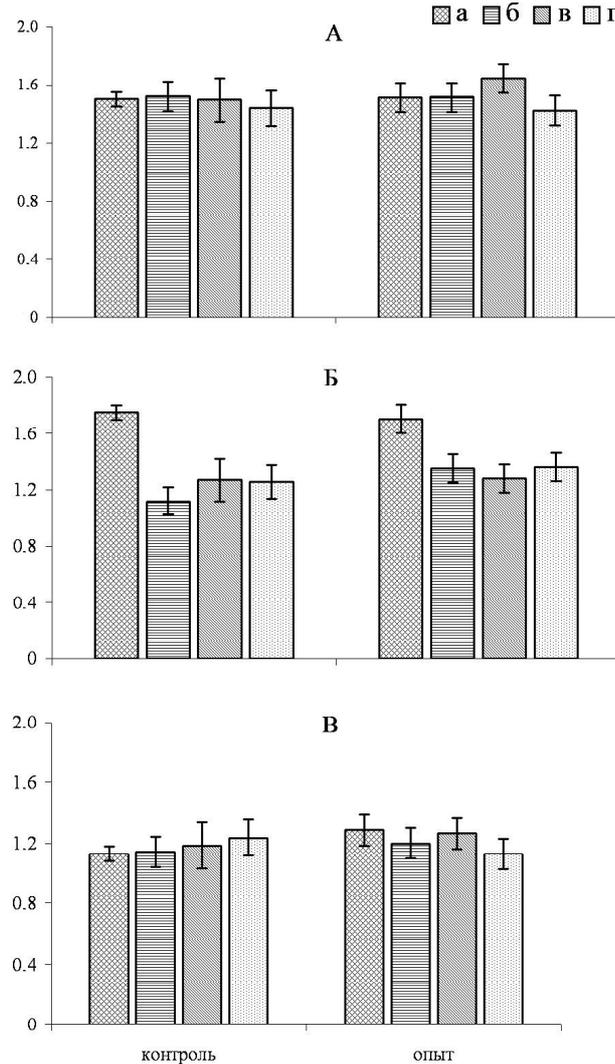


Рис. 2. Суммарное содержание химических элементов (% сухого вещества) в одно-четырёхлетней (а-г) хвое сосны на фоновой (контроль) и загрязнённой (опыт) территориях в 1999 (А), 2007 (Б) и 2009 гг. (В).

ста на 1 % каждый год. Подобные закономерности были отмечены и в прошлые года наблюдений. Анализ содержания валового азота в разновозрастной (первого-четвертого года жизни) хвое сосны показал типичную тенденцию к снижению концентрации азота в хвое с увеличением ее возраста в среднем на 4 % в год. Концентрация валового азота на фоновых участках варьирует от 0.83 ± 0.13 до 1.33 ± 0.20 и в среднем составляет 1.04 ± 0.16 % сухого вещества хвои. Содержание азота на загрязненных участках варьирует от 1.28 ± 0.19 до 1.73 ± 0.26 и в среднем составляет 1.49 ± 0.22 % сухого вещества. Отмечается постепенное уменьшение концентрации азота по мере удаления участков от источника эмиссии. Различия между контрольными и загрязненными участками по

содержанию валового азота достигает 1.8 раза. Не отмечено значимых различий в содержании валового азота в хвое сосны между годами наблюдений. Анализ содержания общей серы в хвое сосны показал небольшую вариативность этого показателя в 2009 г.: 0.12 ± 0.02 в загрязненном и 0.09 ± 0.01 % сухого вещества в фоновом районе. В естественных условиях содержание серы снижается с увеличением возраста хвои. На самом близком от СЛПК участке отмечено накопление серы в разновозрастной хвое сосны на 60 % выше, чем на остальных участках. В 1999 г. концентрация серы в хвое сосны была в два раза выше, чем в 2007 и 2009 гг.

К избыточному поступлению из окружающей среды углерода, азота, серы древесные растения приспосабливаются путем интенсификации обмена веществ, вовлечения этих элементов в обменные процессы, усиления оттока ассимилятов из листьев [6]. Некритическое увеличение поступления азота в древесные растения в условиях естественного недостатка азота в бореальных лесах европейского Севера может пойти им на пользу. Пониженное содержание марганца и повышенное – железа отмечено как реакция на присутствие поллютантов в растениях [3].

Мониторинг в сосновых сообществах черничных типов в условиях аэротехногенного воздействия СЛПК показал динамику изменений химического состава хвои сосны. Сравнительный анализ минерального состава хвои сосны показывает, что возрастная динамика содержания большинства исследуемых элементов для фонового района и зоны воздействия выбросов имеет общие тенденции. За период исследований в условиях за-

Валовое содержание углерода, азота и серы в хвое сосны за период 1999-2009 гг., $x \pm m$, % сухого вещества

Год наблюдений	Углерод	Азот	Сера
1999	–	1.42 ± 0.10	0.21 ± 0.01
2007	51.3 ± 0.7	1.30 ± 0.06	0.10 ± 0.01
2009	50.6 ± 0.7	1.29 ± 0.22	0.11 ± 0.02

Примечание. Прочерк – не измеряли.

грязнения по сравнению с фоновой территорией отмечается тенденция к снижению минерализации хвои сосны. В условиях техногенных выбросов в атмосферу оксидов азота, серы, соединений углерода как в 1998, так и в 2009 г. не отмечается накопления их в хвое сосны (за исключением импактного участка в 1.3 км).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Биологический круговорот азота и зольных элементов в

сосновых биогеоценозах // Эколого-физиологические основы продуктивности сосновых лесов европейского Севера. Сыктывкар, 1993. С. 127-148.

2. Бусько Е.Г. Трансформация сосновых лесов Беларуси под воздействием антропогенных факторов. М.: Наука, 1995. 88 с.

3. Лукина Н.В., Никонов В.В. Поглощение аэротехногенных загрязнителей растениями сосняков на северо-западе Кольского полуострова // Лесоведение, 1999. № 6. С. 34-41.

4. Морозова Р.М. Минеральный состав растений лесов Карелии. Петрозаводск, 1991. 97 с.

5. Прокушкин С.Г. Минеральное питание сосны. Новосибирск: Наука, 1982. 189 с.

6. Чуваев П.П., Кулагин Ю.З. Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений. Минск: Наука, 1973. 224 с.

7. Экологический отчет 2008. Mondi Сыктывкарский ЛПК / URL. – <http://www.mondigroup.com>. ❖



ЮБИЛЕЙ

В мае отметила юбилей доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела Ботанический сад **Надежда Васильевна Портнягина**. Свою трудовую деятельность в отделе она начала сразу после окончания химико-биологического факультета Сыктывкарского государственного университета в 1977 г. В первые годы работы Надежда Васильевна занималась интродукцией кормовых растений и разработкой вопросов их практического использования в сельском хозяйстве Республики Коми. Ее кандидатская дис-

сертация была посвящена особенностям возделывания и режимам использования овсяницы тростниковой в условиях среднетаежной подзоны северо-востока Нечерноземья.

С 1992 года Н.В. Портнягина изучает биологию лекарственных растений при интродукции на Севере. В настоящее время она осуществляет руководство группой, выполняющей плановые биологические исследования отдела по разделу «Изучение биологического разнообразия лекарственных растений в культуре и биохимическая оценка перспективных видов». Под ее руководством создана и сохраняется большая коллекция лекарственных растений, в которой более чем за 15-летний период прошли первичное изучение свыше 100 видов (630 образцов), относящихся к 62 родам и 24 семействам. Ею обобщены результаты научных исследований по выявлению особенностей роста и развития, изменчивости морфологических признаков, морфометрических показателей и всхожести семян лекарственных растений местной и инорайонной репродукций, определена продуктивность лекарственного сырья, установлено долголетие видов в культуре на Севере, вместе с тем изучены онтогенез и размножение отдельных видов при интродукции. Надежда Васильевна активно участвует в выполнении различных грантов и целевых программ, являясь ответственным исполнителем блоков по биологическим исследованиям. Многолетние исследования отражены в многочисленных публикациях — она является автором более 50 научных работ, в том числе шести монографий, соавтором патента.

Под ее руководством выполняют курсовые и дипломные работы студенты СыктГУ, а также проходят практику на базе коллекции лекарственных растений Ботанического сада студенты Ярославской медицинской академии.

Дорогая Надежда Васильевна, сердечно поздравляем Вас с юбилеем, желаем Вам здоровья, благополучия и новых научных достижений!

*Кипит работа повседневно,
Но вот среди обычных дней
Вдруг наступает день рожденья,
Чудесный праздник — юбилей!*

*Хотим Вам пожелать удачи,
Успеха в жизни, ярких дел,
Чтоб Вы с улыбкой — не иначе,
Встречали каждый новый день!*

Сотрудники отдела Ботанический сад

ДЕЗАКТИВАЦИЯ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ: СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Ко времени вступления в новый век радиоактивно загрязненные территории, требующие реабилитации, находились в 15 регионах России [9]. В рамках федеральной программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности России на 2008 г. и период до 2015 г.» предусматривается реабилитация наиболее опасных из этих объектов. Общая концепция восстановления радиоактивно загрязненных территорий основана на принципах обеспечения радиационной безопасности (нормирования, обоснования, оптимизации) и исходит из требований российских законов, международных рекомендаций и правил. Решение о проведении реабилитационных мероприятий, использовании тех или иных технологий принимается на основании комплекса рекогносцировочных исследований. При этом учитываются рельеф, площадь, состояние, перспективы дальнейшего использования территории, степень и состав загрязнения, гидрогеологическая обстановка, возможность рассеяния в окружающей среде радионуклидов и их влияние на организмы.

К реабилитации радиоактивно-загрязненных почв существуют несколько традиционных подходов [16]. Первый из них, мониторинговый, основан на использовании естественных механизмов реабилитации и периодах полураспада радионуклидов. Второй подход заключается в уменьшении подвижности и биологической доступности радионуклидов путем рационального применения средств химизации, подбора способов обработки почвы, видов и сортов растений с минимальным выносом радионуклидов. Третья группа методов направлена на снижение валового содержания радионуклидов в почве путем ее очистки, т.е. дезактивации. К настоящему времени от противопоставления разрабатываемых приемов исследователи пришли к пониманию того, что в той или иной конкретной ситуации преимуществами обладает каждая из технологий. Наше сообщение посвящено краткому обзору методов очистки почв и грунтов от радиоактивных загрязнений.

Известные приемы дезактивации можно подразделить на механический, физический (безреагентный), физико-химический (с применением реагентов), электрокинетический и биологический способы воздействия на почву и фитодезактивацию [18].

Дезактивация почв и грунтов механическим способом сопровождается экскавацией (удалением) загрязненного радионуклидами слоя и дальнейшим захоронением этого грунта и/или насыпанием чистого материала (песок, известь, щебень), глубокой вспашкой или переворотом почвенного пласта. Это позволяет существенно снизить фон гамма-излучения на загрязненных территориях и предотвратить разнос радиоактивной пыли ветром. Механический насыпной метод был использован, в частности, при дезактивации территорий бывшего радиевого про-



Н. Рачкова

мысла (1962 г.) в Ухтинском р-оне Республики Коми и предприятия по добыче и переработке монацитовых песков (1994 г.) в пос. Озерной в 60 км от Екатеринбурга [17]. В первом случае загрязненные участки были засыпаны песчано-гравийной смесью толщиной от 16 до 60 см. Ввиду исходной неравномерности мощности экспозиционной дозы (от 20 до 8000 мкР/ч) и неодинаковой толщины насыпного слоя повышенный радиационный фон на поверх-

ности дезактивированной территории сохранился и достигал в отдельных точках 1200 мкР/ч [8]. Уже через несколько лет исследователи отмечали включение радия в цикл «погребенная почва–растение–животное» и прогнозировали, что по мере зарастания участка и его освоения животными количество выносимого на дневную поверхность радиоэлемента будет нарастать. Сегодня эта свалка радиоактивных отходов не соответствует ни одному из требований к приповерхностному захоронению радиоактивных отходов [19]. Концентрация радия на значительной площади участка более чем в 100 раз превышает его среднее содержание в почвах, фон гамма-излучения на поверхности и глубине 0.5 м достигает 3000 и 7000 мкР/ч соответственно. Во втором случае до дезактивации насыпным способом гамма-фон составлял 1000-3000 мкР/ч [17]. Торием-232 были загрязнены также дно реки и ее пойма. После рекультивации путем нанесения на загрязненную поверхность слоя щебня, высота которого достигала 3 м, радиационный фон снизился до 10-17 мкР/ч. В то же время в грунтах и пойме реки вниз по течению от старого могильника по-прежнему отмечался радиоактивный след.

Дезактивация путем удаления загрязненного слоя почвы чаще всего сопровождается последующей обработкой снятого грунта физическими или физико-химическими методами. Физические методы включают приемы очистки почвы путем удаления из нее загрязненной фракции. Так, за счет отделения мелкодисперсных фракций различной плотности из загрязненных почв и грунтов можно извлечь 95 % радионуклидов, сконцентрировав их в небольшом объеме (не более 10-15 % массы исходного грунта) [13]. При этом не применяются химические реагенты, что позволяет сохранить почвенное плодородие и удешевить дезактивацию. Проводятся исследования по использованию в процессах дезактивации почв процессов флотации, центрифугирования, разделения на воздушном циклоне и высокоградиентной магнитной системе [1].

Поскольку почвы быстро и прочно поглощают радионуклиды по разным физико-химическим механизмам, то в некоторых технологиях стадии извлечения радиоактивных элементов предшествует этап их мобилизации с помощью комплексообразующих агентов, минеральных и органических кислот и других веществ. Использование этих реаген-

тов может быть как безопасным для почвы, так и серьезно изменять ее свойства и плодородие. В частности, для мобилизации могут применяться болотные воды с высоким (до 80 %) содержанием органических веществ и небольшой минерализацией, растворы мочевины и смеси бикарбоната аммония с трилоном Б, смеси минеральных кислот с солями аммония. В модельных экспериментах загрязненную почву инкубируют в присутствии либо неорганических подкисляющих соединений (соляная кислота, элементарная сера, сульфат аммония), либо хелатирующих агентов (лимонная и уксусная кислоты, ЭДТА) [3, 14, 15, 21]. Для очистки пылевато-суглинистой почвы, загрязненной ураном 40-50 лет тому назад, наиболее эффективным оказалось использование раствора лимонной кислоты. Степень извлечения радиоактивного элемента при суточном контакте с экстрагентом в условиях pH 5.0 составила 85 % [21].

Для очистки почв на участках локального загрязнения перспективным является электрокинез, или электрохимический метод [3, 5, 10, 11]. Он основан на явлениях электромиграции и электроосмоса при наложении электрического поля. Метод реализуется в двух вариантах: перемещение радионуклидов в нижележащие слои, обладающие более

высокими сорбционными свойствами, либо установление специальных электродных устройств для концентрирования ионов радиоактивного элемента в электролите, который позже откачивают и очищают. Проходящие при электрокинезе процессы сложны и также связаны с предварительным переводом радионуклидов в подвижное состояние. С одной стороны, эффективность очистки электрокинезом зависит от типа загрязнителя и прочности его связи с компонентами почвы, а также ее типа, структуры, состава и влажности. С другой стороны, важное значение имеют разность потенциалов электродов, pH и тип очищающих почву растворов. Оптимальные значения этих параметров чаще всего выбирают эмпирическим путем. В случае песчаных и супесчаных почв, характеризующихся высокой фильтрующей способностью, электрохимические методы актуальны из-за высокой эффективности и простоты. В МосНПО «Радон» в 2000 г. были проведены комплексные исследования по дезактивации грунтов, загрязненных ураном, радием и цезием, электрокинетическим методом.

Геотехнологический способ очистки почв от радионуклидов цезия [7] был опробован на территории Новозыбковского р-на Брянской области. Методика заключалась в выборочном орошении наи-

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ



В мае исполнилось 25 лет, как **Сергей Калистратович Кочанов** — к.б.н., заведующий лабораторией экологии наземных позвоночных — работает в Институте биологии.

Сергей Калистратович пришел в Институт в 1985 г., после того как закончил химико-биологический факультет СГУ и отслужил в рядах Советской Армии. Он прошел трудный, но и увлекательный путь от старшего лаборанта до заведующего лабораторией экологии наземных позвоночных. В 2000 г. на основе обширного материала

успешно защитил кандидатскую диссертацию на тему «Антропогенный и географический факторы в формировании орнитофауны крупных городов европейского северо-востока России». В круге научных интересов Сергея Калистратовича — фауна и население птиц Европейского Северо-Востока, особенности трансформации населения птиц в связи с изменением среды.

За плечами — множество экспедиций, сотни километров пройденных маршрутов. Их результаты стали основой многочисленных научных и информационных публикаций, нашли широкое практическое применение: они использованы при орнитологическом обследовании аэродромов городов Сыктывкар, Ухта и Печора, разработке ТЭО выбора пунктов АЭС в регионе, проектах обоснования строительства нефтегазовых магистралей «Ямал—Центр» и «Ямал—Запад», разработке разделов чрезвычайного проекта по «Определению воздействия нефтяного загрязнения на животный мир в Республике Коми», составлению ОВОС по состоянию животного мира при строительстве железнодорожных магистралей, разработке месторождений полезных ископаемых. Сергей Калистратович — бессменный и активный участник многочисленных российских и международных проектов, ответственный исполнитель грантов и хозяйственных работ. Он много лет руководит Коми отделением Союза охраны птиц России, участвует в разработке системы ключевых орнитологических территорий, соавтор Красной книги Республики Коми.

Коллектив лаборатории экологии наземных позвоночных от всей души поздравляет Сергея Калистратовича, желает ему счастья, здоровья и дальнейшей плодотворной работы!

более загрязненных участков растворами, соизмеряя подаваемое их количество с содержанием радиоактивных элементов и поглонительными свойствами подстилающих пород, что обеспечивало защиту грунтовых вод от загрязнения и значительное снижение дозы внешнего облучения.

Наряду с упомянутыми методами при дезактивации могут применяться средства селективной иммобилизации радионуклидов в почве, способствующие локализации загрязнений. В частности, существуют данные об изменении подвижности радиоактивных элементов в системе «почва-почвенный раствор» при обработке грунтов антидефляционными композициями [16, 20, 24]. Авторы [16] указывают на возможность временной фиксации цезия и стронция путем внесения в почву производных полиакрила и карбоксиметилцеллюлозы. Выявлено, что подвижность радиоцезия снижается при обработке почв водными растворами полиэлектролитов и битума [20].

Известны способы очистки почв растениями – концентраторами радионуклидов (фитодезактивация). К таковым по цезию можно отнести чечевицу и топинамбур [4], по урану – растения подсолнуха [25]. Биологическая очистка почв осуществляется с применением микроорганизмов за счет собственно поглощения, в том числе адсорбционного, перевода радионуклидов в подвижное или, напротив, иммобильное состояние за счет изменения физико-химических свойств почвенной среды. При биоочистке учитывают толерантность организмов к избытку в почве радиоактивных элементов и количественные характеристики их накопления. Биосорбенты на основе мицелия *Penicillium chrysogenum* способны снижать количество урана в водных средах до допустимых пределов за счет связывания радионуклида в сложные комплексы микробными метаболитами и физико-химического взаимодействия с составными частями клетки [6]. Снижение подвижности соединений урана (VI) возможно при микробном восстановлении до урана (IV) в присутствии бактерий сем. *Geobacteraceae* [22]. Сульфатредуцирующие бактерии рода *Desulfovibrio* ферментативно восстанавливают уран до образования нерастворимого осадка уранинита [23, 26]. В Институте биокolloидной химии им. Овчаренко (Украина) разработана технология извлечения урана (VI) из темносерой легкосуглинистой оподзоленной почвы путем бактериального выщелачивания метаболитами микробов *Bacillus cereus* с использованием глюкозы и

ацетата натрия в качестве источника энергии и углерода [12]. В первом случае в виде растворимых цитратных комплексов, во втором – в виде гидрокарбонно-карбонатных осадков и комплексов степень очистки почвы составила 80-99 %. При этом сильно ускоряется осаждение в суспензии почвенных частиц, т.е. наблюдается изменение их свойств, в частности, коллоидных.

В ходе дезактивации на территории Курчатовского института радиоактивного грунта объемом около 10 тыс. м³, относящегося к низкоактивным радиоактивным отходам, была принята технология, суть которой заключалась в водно-гравитационном разделении радиоактивного грунта по размеру [2]. При этом крупные частицы отделяли от мелкодисперсной илистой и глинистой фракции, содержащей 80-85 % радионуклидов, которая затем отправлялась на длительное хранение как радиоактивные отходы. На основе данной технологии была создана опытно-промышленная установка мокрой дезактивации загрязненного грунта, с помощью которой за 2005-2006 гг. очистили свыше 6200 м³ радиоактивного материала, из них на длительное хранение отправили только 700 м³. Удельная активность основной (70-80 %) части исходного грунта снизилась в 4-5 раз. Для решения проблемы более глубокой очистки загрязненного грунта, в том числе от радия-226, в ГУП «Радон» создана опытная установка следующего поколения на основе реагентной очистки грунтов. Она компактно оборудована и позволяет снизить активность загрязненных грунтов в 100-200 раз. Производительность установки составляет 1.5 м³ исходного грунта за смену.

Таким образом, современный опыт дезактивации может быть достаточно эффективным. Большое значение имеет экономическая и технологическая целесообразность применения выбранных методов и масштабы загрязнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.Н., Мартыненко А.И. Современные подходы к решению проблем загрязнения почв тяжелыми металлами: обзор // Экология и ресурсосбережение, 2000. № 5. С. 47-53.
2. Волков В.Г., Дмитриев С.А. Курчатовский институт демонтировал старые хранилища // Безопасность окружающей среды, 2007. № 3. С. 26-29.
3. Выщелачивание цезия из загрязненных грунтов различными реагентами / Л.Б. Прозоров, Н.И. Комарова, Т.В. Молчанова и др. // Изв. Акад. пром. экол., 1999. № 2. С. 90-94.

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Эльмире Элизбаровне Эчишвили с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук (03.02.01 – ботаника) «Биология зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) в культуре на севере» (диссертационный совет Д 004.007.01 при Институте биологии Коми НЦ УрО РАН)!

Желаем дальнейших творческих успехов!



4. Громова В.С., Шенцова О.В., Лунев М.И. Использование фитомелиорации для снижения содержания ^{137}Cs в почве // Плодородие, 2006. № 3. С. 35-36.

5. Детоксикация почвы электрохимической деминерализацией межпочвенного раствора / Л.Л. Лысенко, М.И. Пономарев, Б.Ю. Корнилович и др. // Химия и технология воды, 2001. Т. 23, № 5. С. 520-530.

6. Илялетдинов А.М. Микробиологические превращения металлов. Алма-Ата: Наука, 1984. 268 с.

7. Использование геотехнологических способов реабилитации (дезактивации) загрязненных территорий / В.В. Шаталов, М.И. Фазлуллин, А.В. Комаров и др. // Изв. Акад. пром. экол., 1999. № 2. С. 81-84.

8. К вопросу об эффективности дезактивации радиевых загрязнений насыпным методом / Б.И. Груздев, В.И. Маслов, К.И. Маслова и др. // Материалы радиоэкологических исследований в природных биогеоценозах. Сыктывкар, 1971. 115 с.

9. Комаров А.В., Серебряков И.С. Реабилитация загрязненных радионуклидами территорий // Изв. Акад. пром. экол., 1999. № 2. С. 67-75.

10. Мищук Н.А. Особенности электроремедиации почвы в потенциостатическом и гальваностатическом режимах // Химия и технология воды, 2009. Т. 31, № 4. С. 361-374.

11. Наумова В.И. Хроника Московского семинара по радиохимии // Радиохимия, 2001. Т. 43, № 1. С. 96.

12. Никовская Г.Н., Ульберг З.Р., Коваль Л.А. Коллоидно-химические процессы в биотехнологии извлечения тяжелых металлов из почвы // Коллоидный журнал, 2001. Т. 63, № 6. С. 820-824.

13. Огульник П.Г., Лагузин Е.А., Смирнов А.Ю. Современные технологии для реабилитации загрязненных территорий // Изв. Акад. пром. экол., 1999. № 2. С. 76-81.

14. Опытная технология дезактивации грунтов, загрязненных радионуклидами ^{90}Sr / Д.Э. Чиркст, Т.Е. Литвинова, О.В. Черемисина и др. // Радиохимия, 2001. Т. 43, № 5. С. 475-478.

15. Патент № 2152650, Россия МПК⁷ G21F9/00. Способ дезактивации грунтов от радионуклидов цезия / И.А. Соболев, Л.Б. Подоров, Н.И. Комаров и др.; Московское госпредприятие «Радон»; № 98118801/06; заявл. 13.10.1998 г.; опубл. 10.07.2000. Бюл. № 19.

16. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чер-

нобыля / Л.Дж. Апплби, Л. Девелл, Ю.К. Мишра и др. М.: Мир, 1999. 512 с.

17. Радиоэкологическая характеристика районов расположения радиоактивных отходов в п. Озерной на Урале / А.В. Трапезников, В.Н. Позолотина, П.И. Юшков и др. // Вопр. материаловед., 1997. № 4. С. 36-42.

18. Разработка промышленной технологии реабилитации территорий, загрязненных радионуклидами в результате промышленной деятельности / А.С. Поляков, Л.С. Рагинский, Н.А. Науменко и др. // Изв. Акад. пром. экол., 2000. № 3. С. 16-21.

19. Таскаев А.И., Шуктомова И.И. Реабилитация территорий, подвергавшихся радиационному загрязнению // Современная экологическая обстановка в Кировской области. Объектный мониторинг состояния недр и его роль в решении практических задач Госкорпорации «Росатом» по реабилитации радиационно опасных объектов ФГУП «РосРАО»: Матер. науч.- практ. конф. Киров, 2009. С. 117-121.

20. Фурсова Л.П. Влияние антидефляционных реагентов на подвижность ^{144}Ce в почвогрунтах // Радиохимия, 1999. Т. 41, № 3. С. 276-278.

21. Ebbs S.D., Norvell W.A., Kochian L.V. The effect of acidification and chelating agents on the solubilization of uranium from contaminated soil // J. Environm. Qual., 1998. Vol. 27, № 6. P. 1486-1494.

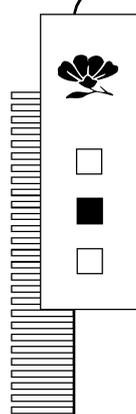
22. Enrichment of members of family Geobacteraceae associated with stimulation of dissimilatory metal reduction in uranium-contaminated aquifer sediments / D.E. Holmes, K.T. Finneran, R.A. O'Neil et al. // Appl. Environm. Microbiol., 2002. Vol. 68. P. 2300-2306.

23. Mohagheghi A., Updegraff D.M., Goldhaber M.B. The role of sulfate reducing bacteria in the deposition of sedimentary uranium ores // Geomicrobiol. J., 1984. Vol. 4, № 2. P. 153-173.

24. Musabekov K., Aidarova S., Achmetov E. Fixation of the radioactive contaminations of soil surface oit the Azgir range // Contaminated Soil 2000: Proc. 7 Intrn. Conf. on contaminated soil (Leipzig, 18-22 September, 2000). London: Thomas Telford, 2000. Vol. 1. P. 405-406.

25. Removal of uranium from water using terrestrial plants / S. Dushenkov, D. Vasudev, Y. Kapulnik et al. // Environm. Sci. Technol., 1997. Vol. 31, № 12. P. 3468-3474.

26. Uranium reduction by *Desulfovibrio desulfuricans* strain G20 and a cytochrome c_5 mutant / R.B. Payne, D.M. Gentry, B.J. Rapp-Giles et al. // Appl. Environm. Microbiol., 2002. Vol. 68. P. 3129-3132.



НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Ведущему инженеру-химику **Людмиле Руслановне Зубковой** и заведующей отделом кадров **Нине Геннадьевне Комаровой** с награждением Почетной грамотой Российской академии наук и профсоюза работников Российской академии наук за многолетний добросовестный труд, успешное содействие проведению фундаментальных и прикладных научных исследований!



Постановление Президиума РАН
и Совета профсоюзов работников РАН
№ 37/12 от 28 апреля 2010 г.

ЗООБЕНТОС ВОДОТОКОВ БАСЕЙНА РЕКИ ВЫМЬ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ РАЗРАБОТОК БОКСИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ТИМАНСКИЙ КРЯЖ)

На территории Тиманского кряжа (северо-восток европейской части России) в бассейне крупной лососевой реки Вымь (приток второго порядка Северной Двины) с 2000 г. ведется освоение богатых залежей бокситов, темпы которого с каждым годом возрастают. Из источников литературы [8, 9] известно, что даже при ограниченных масштабах геолого-добычных работ водотоки, находящиеся в зоне разработок месторождений минеральных ресурсов, испытывают значительное техногенное воздействие, которое негативно сказывается на их гидробиологическом режиме. Поскольку лососевые реки Тимана – реки высшей рыбохозяйственной категории (воспроизводство семги), то при осуществлении проектов освоения природных ресурсов в их бассейнах необходим жесткий режим охраны всех звеньев сложной речной системы с учетом региональных особенностей стока, необходим гидробиологический мониторинг, который является наиболее приоритетным, так как обеспечивает возможность прямой оценки состояния водотоков и их обитателей, испытывающих вредное влияние антропогенных факторов [5].

В программе гидробиологического мониторинга лососевых рек значительное место отводится исследованию зообентоса – основному компоненту их населения и главному кормовому ресурсу обитающих здесь рыб. Зообентос в водотоках бассейна р. Вымь, стабильно локализующийся в определенных биотопах в течение длительного времени, надежен в качестве показателей степени экологического состояния водоемов и используется для наблюдений за качеством воды и характером изменения биотопов в многолетнем аспекте [9].

Сегодня большинство оценочных биологических методов исследований проточных вод базируется на анализе качественного состава и структуры зообентоса, показателей обилия гидробионтов и наличия либо отсутствия видов-индикаторов, характерных для разной степени загрязнения водотоков [7]. Биологическая оценка определяется как систематическое использование биологических ответов с целью контроля и установления изменений качества окружающей среды [10]. На водотоках бассейна лососевой реки

Вымь, находящихся в зоне влияния разработок крупных бокситовых месторождений («Боксит Тимана»), с 2000 г. нами ведется гидробиологический мониторинг за состоянием фауны и сообществ речных донных организмов. Результаты этих наблюдений за 2000–2008 гг. приведены в настоящем сообщении.

Гидробиологические исследования выполнены на водотоках бассейна Выми: в устье руч. Черный, в р. Ворыква в 50 м выше и 50 м ниже впадения руч. Черный и в р. Вымь в 100 м выше и 100 м ниже железнодорожного моста. В 2000 г. во время подготовки полигонов для разработок бокситовых месторождений нами были получены контрольные материалы по зообентосу («паспорт») указанных выше участков рек, чтобы по ним спустя годы можно было бы судить об изменениях, которые произойдут в донном населении под влиянием антропогенных факторов. Для реализации проекта программы биологического мониторинга в 2004–2008 гг. в вышеперечисленных пунктах на пяти гидробиологических разрезах были продолжены исследования бентоса по единой методике [9].

Река Вымь – наибольший приток Вычегды (Вычегда – приток первого порядка Северной Двины) – берет начало с Тиманского кряжа у отрогов хребта Пок-ю-Из, где высота вершин достигает 320 м, впадает в Вычегду с правой стороны на 296-м километре от ее устья. Общая длина реки составляет 499 км, которую по гидрологическим особенностям делят на три участка: верхнее, среднее и нижнее течение [6]. Исследованные водотоки (устье руч. Черный, участки рек Ворыква и Вымь), находящиеся в зоне разработок бокситовых месторождений, принадлежат бассейну верхнего течения Выми.

Ручей Черный, впадающий в р. Ворыква, в устье имеет ширину 6 м, глубину – 0.3–0.5 м, скорость течения – 0.2 м/с. Ширина рек Ворыква (приток первого порядка Выми) и Вымь в районе мониторинга составляет 15–30 м, глубина на стрежне достигает 1.5 м, скорость течения – до 1.0 м/с. В исследованных водотоках в 2000 г. до-



В. Шубина

минировали галечно-валунные грунты с водорослевыми (ностоковыми и нитчатыми) и моховыми (*Fontinalis antipyretica* и *Leptodictyum riparium*) обрастаниями, с небольшими намывами песка. В 2004–2008 гг. здесь на дне отмечены значительная аккумуляция песчано-илистых наносов, детрита и резкое сокращение степени

обрастания коренных грунтов мхами и водорослями. Это обусловлено поступлением в реки и ручьи бассейна верхнего течения Выми эрозийного материала с атмосферными осадками и тальными водами с территорий полигонов, где нарушен почвенно-растительный покров и промышленные разработки бокситовых месторождений ведутся открытым механизированным способом. Помимо этого, источником загрязнения водотоков, без сомнения, становятся и объекты, непосредственно обеспечивающие производственные процессы добычных работ (строительство дорог, мостов через ручьи и реки, поселков вблизи водоемов, транспортировка бокситов и др.).

В бентосе исследованных участков водотоков бассейна Выми в июле 2000 г. выявлены следующие группы беспозвоночных: Nematoda, Oligochaeta, Mollusca, Cladocera, Ostracoda, Harpacticoida, др. Copepoda, Hydracarina, Aranaeina, Collembola, Ephemeroptera, Plecoptera, Heteroptera, Coleoptera, Trichoptera, Simuliidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Diptera n/det. По сборам 2008 г. в зообентосе на мониторинговых участках исследованных водотоков помимо указанных выше групп зарегистрированы Hirudinea, Odonata и Megaloptera.

Состав групп донного населения в исследованных водотоках в районе мониторинга довольно разнообразен и сходен. На дне всех трех водотоков в районе мониторинга наибольшее распространение (100%-ная встречаемость) до разработок имели водяные клещи, поденки, веснянки, жуки, ручейники и хирономиды, высокая встречаемость (60–90 %) отмечена для нематод, олигохет, остракод, цератопгонид, ближе не определенных двукрылых, в половине проб обнаружены моллюски, копеподы и мошки. Редкими на дне (встречаемость 10–25 %) являются

были гарпактициды, пауки, коллемболы и клопы. В сборах 2008 г. постоянными обитателями дна исследованных участков рек были олигохеты и хирономиды. Высокую встречаемость (71-93 %) имели нематоды, остракоды, копеподы, кладоцеры, моллюски, личинки поденок, веснянок, жуков, ручейников, цератопогонид, ближе не определенных двукрылых. Остальные группы бентоса присутствовали в пробах редко. В летний период 2008 г. среди представителей донного населения увеличилась встречаемость нематод, олигохет и ракообразных (остракод, кладоцер и копепод).

Как показали многолетние исследования (см. таблицу), ежегодно на мониторинговых участках рек сокращается продуктивность бентоса. Так,

после восьми лет добычи бокситовых месторождений численность и биомасса зообентоса на исследованных участках руч. Черный сократились соответственно в 8 и 33 раза, на разрезах р. Ворыква – в 4-5 раз по численности и 2.4-5.0 раз по биомассе. На мониторинговых участках р. Вымь биомасса зообентоса снизилась в 2-5 раз, на участке выше железнодорожного моста общая численность зообентоса р. Вымь возросла почти вдвое в сравнении с 2000 г. за счет увеличения численности олигохет и хирономид.

Общая тенденция сокращения биопродуктивности зообентоса на исследованных участках водотоков Выми вызвана уменьшением в десятки раз численности и биомассы амфибиотических насекомых: поде-

нок, веснянок, ручейников, типичных обитателей дна горных рек, причем наблюдается и сокращение их видового разнообразия. Так, если на контрольных участках в 2000 г. идентифицировано 19 видов ручейников, то в сборах 2007 г. установлено всего восемь видов, а в сборах 2008 г. – лишь четыре. Сокращение видового разнообразия фауны донных сообществ ведет к нарушению их стабильности, ослабленной сопротивляемости к неблагоприятным внешним воздействиям [11].

В 2004-2008 г. ежегодно в бентосе на мониторинговых участках водотоков бассейна Выми наблюдается повышение роли и абсолютной численности нематод, олигохет и низших ракообразных. Среди малоцетинко-

Зообентос исследованных водотоков

Пункт взятия проб, номер гидробиологического разреза	Количество групп бентоса	Средняя численность, тыс. экз./м ²	Средняя биомасса, г/м ²	Доминирующая группа (доля, %)	
				по численности	по биомассе
2000 г.					
Ручей Черный					
Устье, I разрез	12	12.1	33.1	Oligochaeta (7) Ephemeroptera (10) Chironomidae (68)	Mollusca (79) Trichoptera (12)
Река Ворыква					
50 м выше впадения руч. Черный, II разрез	15	28.0	22.0	Chironomidae (75)	Trichoptera (81)
50 м ниже впадения руч. Черный, III разрез	15	53.3	7.1	Chironomidae (93)	Ephemeroptera(61) Trichoptera (13) Chironomidae (16)
Река Вымь					
100 м выше железнодорожного моста, IV разрез	16	26.5	12.6	Oligochaeta (10) Ephemeroptera (16) Plecoptera (12) Chironomidae (54)	Ephemeroptera (20) Plecoptera (13) Trichoptera (27) Chironomidae (27)
100 м ниже железнодорожного моста, V разрез	14	18.4	6.5	Plecoptera (13) Chironomidae (77)	Plecoptera (11) Trichoptera (25) Chironomidae (56)
2008 г.					
Ручей Черный					
Устье, I разрез	13	1.5	1.0	Oligochaeta (22) Ephemeroptera (13) Plecoptera (18) Chironomidae (29)	Oligochaeta (8) Ephemeroptera (42) Plecoptera (27) Simuliidae (11)
Река Ворыква					
50 м выше впадения руч. Черный, II разрез	14	5.9	4.7	Nematoda (20) Ostracoda (17) Ephemeroptera (15) Plecoptera (13) Chironomidae (16)	Ephemeroptera (20) Plecoptera (22) Coleoptera (27) Trichoptera (18)
50 м ниже впадения руч. Черный, III разрез	15	13.8	3.0	Nematoda (23) Oligochaeta (24) Ephemeroptera (11) Plecoptera (11) Chironomidae (21)	Oligochaeta (19) Ephemeroptera (16) Plecoptera (10) Trichoptera (41)
Река Вымь					
100 м выше железнодорожного моста, IV разрез	15	43.8	2.6	Oligochaeta (21) Chironomidae (67)	Oligochaeta (23) Plecoptera (16) Chironomidae (37)
120 м ниже железнодорожного моста, V разрез	19	13.6	3.5	Oligochaeta (23) Plecoptera (22) Chironomidae (28)	Oligochaeta (21) Plecoptera (13) Chironomidae (34)

вых червей выявлен полисапроб *Tubifex tubifex*. Эти важные изменения в бентосе – качественное и количественное обеднение типичной для лососевых рек фауны амфибиотических насекомых и в то же время увеличение численности червей и ракообразных – обусловлены значительной аккумуляцией на коренных галечно-валунных грунтах исследованных водотоков песчано-илистых наносов.

В зообентосе руч. Черный, рек Ворыква и Вымы в районах мониторинга в число доминирующих гидробионтов пока входят обычные для лососевых рек Тимана беспозвоночные: ручейники (*Rhyacophila nubila*), поденки (род *Ephemera*), веснянки (*Taeniopteryx nebulosa*, *Capnia* sp.), хирономиды (подсемейство Orthocladinae). Эти представители бентоса относятся к обитателям чистых вод, к олигосапробной фауне [5] и по их присутствию состояние исследованных водотоков в районе мониторинга на сегодняшний день характеризуется как удовлетворительное. Однако надо учитывать, что загрязнение водоемов бассейна Выми с каждым годом усиливается и принимает тревожные размеры. Для сохранения особенностей водотоков бассейна Выми, характеризующихся высоким видовым разнообразием фауны [2], следует сохранить специфику их биотопов, гидрологии и гидрохимии, чтобы эти реки с богатым составом беспозвоночных и лососевых рыб не отошли в область преданий.

Итак, в зообентосе контрольных участков лососевых водотоков бассейна верхнего течения Выми, находящихся под влиянием разработок бокситовых месторождений, ежегодно наблюдается снижение видового разнообразия и продуктивности реофильных и оксифильных амфибиотических насекомых (прежде всего поденок,

веснянок и ручейников), коренных обитателей лососевых рек и основного корма обитающих здесь ценных видов рыб. Необходимо учитывать, что в исследованных реках биоценозы, состоящие из животных, чувствительных к недостатку кислорода, особенно восприимчивы к любому органическому загрязнению, которое уменьшает запас растворенного кислорода. В то же время здесь на фоне исчезающей типичной для лососевых рек фауны возрастают абсолютная численность и роль червей (олигохет и нематод) и ракообразных (кладоцер, остракод, колепод). Среди олигохет зарегистрирован полисапроб *Tubifex tubifex*. Эта замена реофильной фауны на лимнофильную является важным и надежным показателем изменения качества вод, говорит об увеличении здесь органического загрязнения и ухудшении качества воды [4].

По результатам многолетних гидробиологических исследований на мониторинговых участках водотоков в районе влияния добычи бокситов выявлены структурно-функциональное упрощение исходных донных сообществ, резкое снижение общего продукционного потенциала донных беспозвоночных. Эти важные изменения в зообентосе мониторинговых участков рек обусловлены значительной аккумуляцией на их коренных галечно-валунных грунтах наносов эрозионного материала, поступающего с атмосферными осадками и тальми водами с территорий полигонов, где нарушен почвенно-растительный покров, где промышленные разработки бокситовых месторождений ведутся открытым механизированным способом, и с объектов, непосредственно обеспечивающих производственные процессы добычных работ. Для литореофильной фауны горных рек аккумуляция песча-

ных, заиленных наносов, детрита на коренных грунтах становится новым негативным экологическим фактором.

В число доминирующих донных гидробионтов исследованных участков водотоков пока входят типичные для лососевых рек Тимана беспозвоночные: ручейники, поденки, веснянки, хирономиды, по наличию которых состояние рек в районе мониторинга можно охарактеризовать как удовлетворительное. Согласно биотическому индексу р. Трент [12], который считается в целом наиболее надежным методом для биологической оценки качества речных вод [1], воды в районе мониторинговых участков в бассейне Выми в основном относятся к классу чистых (общее число присутствующих групп бентоса 15-19, установлены один и больше видов нимф Plecoptera, Ephemeroptera, личинок Trichoptera: биотический индекс Вудивисса – 9-10). Однако наряду с общими для этого метода критериями (количество групп бентоса и наличие хотя бы одного вида поденок, ручейников или веснянок) необходимо ввести дополнительные частные критерии, позволяющие учитывать индивидуальные требования к водным объектам [3]. Так, например, в нашем случае для лососевых рек дополнительными критериями будут сохранение запасов лососевых рыб и их кормовой базы.

Начавшееся в последнее десятилетие интенсивное освоение бокситовых месторождений в регионе создает определенную угрозу сохранности экосистем лососевых рек, поскольку их состояние находится в прямой зависимости от состояния площади водосбора. Промышленную добычу залежей бокситов в бассейне Выми и деятельность объектов всей ее инфраструктуры необходимо соотносить с минимальным вмешательством в

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

28 апреля 2010 г. в здании Президиума Российской академии наук состоялась торжественная церемония вручения медалей с премиями для молодых ученых за лучшие научные работы 2009 г. Конкурс 2009 г. был феноменально большим, на награды претендовали в целом более 800 человек, на некоторые номинации конкурс составил более 60 человек. Медали вручал вице-президент РАН акад. В.В. Козлов. От Института биологии в церемонии участвовал д.б.н. **Александр Александрович Москалев**, получивший медаль РАН за работу в области общей биологии. После церемонии награждения молодым ученым и членам Президиума РАН был представлен научный доклад проф. С.Л. Киселева, посвященный методологии и перспективам перепрограммирования дифференцированных клеток в стволовые.



природную среду. Для сохранения особенностей лососевых водотоков бассейна Выми, характеризующихся высоким видовым разнообразием фауны и флоры, богатыми кормовыми ресурсами обитающих здесь ценных видов рыб, следует сохранить специфику их биотопов, гидрологии и гидрохимии. Необходимость рационального использования и охраны лососевых рек требует проведения систематического эффективного мониторинга антропогенного воздействия на их экосистемы.

Финансирование работы частично осуществлено из средств программы «Боксит Тимана».

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины // Гидробиол. журн., 2001. Т. 37, № 5. С. 3-18.

2. Бентос лососевых притоков Северной Двины в области Тиманского кряжа / В.Н. Шубина, Ю.П. Шубин, Л.Е. Стахиева, Е.Б. Фефилова // Гидробиол. журн., 2001. Т. 37, № 5. С. 53-62.

3. Израэль Ю.А., Гасилина Н.К., Абакумов В.А. Гидробиологическая служба наблюдений и контроля поверхностных вод в СССР // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1981. С. 7-15.

4. Кожова О.М. Применение методов экосистемного анализа к оценке качества вод // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1981. С. 16-30.

5. Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 280 с.

6. Республика Коми: Энциклопедия. В 3-х томах. Сыктывкар, 1977. Т. I. 471 с.

7. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.

8. Самохвалов В.Л., Харитонов В.Г. Минеральные взвеси и сообщества донных организмов притоков р. Колыма // Биологические проблемы Севера: Матер. X Всесоюз. симпозиум. Магадан, 1983. Ч. II. С. 277-278.

9. Шубина В.Н. Бентос лососевых рек Урала и Тимана. СПб.: Наука, 2006. 401 с.

10. Biological monitoring. Pt. II: a receiving system functional methods, relationships and indices / R.A. Matthews, A.L. Buikema, J. Cairns et al. // Water Res., 1982. № 16. P. 129-139.

11. Josephson J. Why maintain biological diversity? // Environm. Sci. Technol., 1982. Vol. 16, № 2. P. 94-97.

12. Woodiwiss F.S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board // Chemistry and Industry, 1964. № 11. P. 443-447. ❖

КОНФЕРЕНЦИИ

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПРОЕКТУ «ОЦЕНКА БАЛАНСА УГЛЕРОДА В СЕВЕРНОЙ РОССИИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ (CARBO-NORTH)» И СИМПОЗИУМ «ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОМПОНЕНТЫ В УГЛЕРОДНОМ БАЛАНСЕ СЕВЕРНЫХ ВЫСОКОШИРОТНЫХ РЕГИОНОВ»

д.б.н. С. Загирова, к.б.н. Е. Патова, к.г.н. Д. Каверин

Заключительное рабочее совещание по проекту «Оценка баланса углерода в северной России: прошлое, настоящее и будущее (CARBO-NORTH)» было проведено с 12 по 18 апреля 2010 г. в Стокгольме (Швеция). В совещании приняли участие более 30 ученых из Великобритании, Германии, Дании, Нидерландов, России, Финляндии и Швеции. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН представляли пять человек.

Цель рабочего совещания состояла в обсуждении итогов реализации проекта за период 2006-2010 гг. Были заслушаны отчеты исполнителей рабочих групп всех разделов программы. Главной целью проекта «CARBO-NORTH» является количественное определение запасов углерода на севере России во временной и пространственной динамике. Заслушанные на встрече сообщения касались изучения темпов изменения лесных и тундровых экосистем в связи с изменением климата в прошлом, настоящем и будущем, влияния антропогенной дея-

тельности на потоки углерода в экосистемах, многолетней динамики запасов углерода, смещения границ лесов в Субарктике, скорости таяния вечной мерзлоты, деструкции органического вещества почв, эмиссии парниковых газов и выщелачивания химических элементов, составления прогнозных моделей.

Основное внимание на встрече участников проекта было уделено анализу полученных данных о состоянии растительности, почв и вечной мерзлоты, которые будут использованы в прогнозных оценках динамики продуктивности лесных и тундровых сообществ, смещения границы тайги, для расчета баланса углерода в тундровых, лесных и речных экосистемах в условиях меняющегося климата на северо-востоке европейской части России. На совещании были представлены результаты использования нескольких прогнозных моделей для оценки изменения температуры, осадков, растительности на период до 2099 г. В рамках рабочей встречи обсуждали вопросы исследо-

вания потоков углерода в тундре, тайге, изменения глубины промерзания вечной мерзлоты в регионе. Были представлены результаты обобщения данных и подготовки к публикации совместных статей.

В ходе работы совещания было организовано два тематических заседания, на которых заслушивали и обсуждали доклады и содоклады по основным блокам проекта.

На первом заседании были представлены новые данные, которые получены в последнее время, о региональном климате, гидрологии и вечной мерзлоте:

– С. Салонен сообщил о реконструкции температуры на границе лесотундры с использованием метода споро-пыльцевого анализа;

– Е. Патова – о степени нарушения территории тундры в районе исследований;

– П. Кухри, У. Сьеберг и М. Стендел – о результатах моделирования изменения температуры, осадков в период до 2099 г.;

– С. Загирова – о расчетах NEE в ельнике чернично-сфагновом и влиянии пожаров на углеродные пулы в еловых и сосновых сообществах Республики Коми;

– Т. Виртанен – о том, что по разным моделям результаты оценки фитомассы могут различаться в два раза;

– Х. Дур и М. Остервуд – о результатах моделирования изменения объема воды и содержания углерода и минеральных элементов в бассейнах рек Сейда и Вымь в результате увеличения количества осадков;

– П. Миллер – о результатах моделирования по двум сценариям: граница леса остается на уровне 2007 г. и усиливается нарушение лесов; меняется увлажнение и содержание углерода в почве, что приводит к изменению эмиссии углерода. Согласно его прогнозам, смещение границы леса приведет в регионе к увеличению NEE и биомассы к 2190 г. в несколько раз, после этого произойдет их стабилизация. В результате произойдет снижение пулов углерода в экосистемах;

– П. Фаллун представил прогноз о том, как изменение растительности приведет к изменению цикла углерода в экосистемах высоких широт. В использованной модели предполагается два сценария: стабилизация климата к 2050 г. или более длительное изменение климата, что предполагает изменение других показателей. Показано увеличение территории хвойных и листопадных лесов в северном полушарии;

– М. Стендел представил модель изменения землепользования в циркумарктике на основе данных о плотности растительности по космоснимкам.

– С. Веневский показал, что увеличение температуры приведет к увеличению уровня грунтовых вод при таянии вечной мерзлоты, изменению растительности, прежде всего низших растений, что усилит накопление органики в почве.

На втором заседании М. Хюгс, который отвечает за сайт проекта, рассказал о том, какие данные уже доступны на сайте и что еще необходимо сделать по основным блокам, а также дал подробное описание того, как могут загружать свои данные пользователи – участники проекта. В докладах были представлены:

– результаты компьютерного анализа данных по измерениям потоков углерода в тундре и показано, что данные, полученные камерным методом и эдди-коварианс, различаются существенно, причина этих расхождений не понятна (К. Киепе);

– данные об эмиссии метана в тундре, рассчитанные по сезонной динамике температуры субстрата, выполнена оценка эмиссии метана по сезону года в 2008 г. (Т. Фрайборг);

– новые данные о реконструкции рН и содержания углерода в воде, выполненные по диатомовым водорослям в осадочных породах в одном из озер. Согласно полученным данным, в последние 4 тыс. лет идет потепление климата, хотя имеются доказательства противоположного процесса (Н. Соловьева).

Специальное обсуждение было посвящено подготовке совместных статей по результатам выполнения проекта, уточнены реальные сроки подготовки рукописей. Последний срок для представления статей в журналы был предложен октябрь 2010 г. Проведена дискуссия по обмену данных для подготовки совместных публикаций в рабочих группах по основному блокам: климат, растительность, вечная мерзлота, почвы, потоки углерода в тундре и тайге. Рабочим группам П. Кухри предложил подготовить одну страницу информации о работе в проекте, включая рисунки и фотографии, для научно-популярного издания, тираж которого на двух языках будет подготовлен российской стороной. Объем финального научного отчета по проекту составит 50 страниц.

В симпозиуме «Пространственно-временные компоненты в углеродном балансе северных высокоширотных регионов» принимали участие представители Великобритании, Германии, Дании, Нидерландов, России, Финляндии, Швеции. В качестве основных докладчиков были приглашены известные в мире специалисты, которые

занимаются проблемами изменения климата и изучения потоков углерода в разных странах:

– Д. МакГвайер (Университет Аляски) представил данные оценки углеродных циклов в Арктике, включая наземные и океанические экосистемы, которые опубликованы в одной из последних его с коллегами монографий;

– П. Стой (Университет Монтаны) сообщил о результатах использования различных методов (камерного, эдди-коварианс, самолетов) и моделирования для оценки потоков углерода в тундре и тайге;

– К. ван Хюстенеде (Университет Аляски) представил результаты исследования потоков углерода в Якутии, в которых показана зависимость эмиссии метана и углекислого газа от температуры и влажности почвы, типа растительности. Автор объясняет снижение выделения метана в сообществах сфагновых мхов деятельностью метанотрофных микроорганизмов;

– М. Хейман (Институт Макса Планка, Германия) представил анализ данных, опубликованных в литературе, по проблеме влияния изменения климата на функциональные показатели растительности почвы, которые могут различаться в несколько раз. По его мнению, не следует драматизировать ситуацию с изменением температуры и эмиссией парниковых газов, так как погодичная вариация этих изменений значительная и можно утверждать только о трендах в этих процессах. Кроме того, не надо игнорировать биогеохимические и биофизические процессы, которые регулируют содержание углерода в атмосфере.

На симпозиуме представили свои результаты и участники проекта «CAR-



Сотрудники Института биологии в Стокгольмском университете.

ВО-NORHT», которые предварительно уже обсуждались на рабочем совещании.

Основной целью проекта является оценка изменения запасов углерода на севере России во времени и пространстве. Участники заключительной рабочей встречи констатировали, что цель проекта достигнута. Реализация данного проекта позволила получить новые знания о влиянии климата на

темпы изменения структуры экосистем, запасов углерода и границ лесов в Субарктике, о деструкции органического вещества в почве, эмиссии парниковых газов и выщелачивании химических элементов из почв тундры и северных лесов в северные реки. Спрогнозированы процессы для разных вариантов глобальных биосферных процессов, связанные с изменением климата и экосистем Крайнего Севера.

Учитывая актуальность проблемы, масштабность воздействия глобального изменения климата и возникающие с этим социально-экономические проблемы, считаем необходимым рассмотреть возможность реализации аналогичных комплексных междисциплинарных проектов и программ в рамках сотрудничества между научными институтами РАН.

О ПРОВЕДЕНИИ XVII ВСЕРОССИЙСКОЙ МОЛОДЕЖНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ»

к.б.н. О. Валуиких, к.б.н. Д. Косолапов

С 5 по 9 апреля 2010 г. в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН прошла XVII Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы биологии и экологии». Основная цель конференции – способствовать активизации научной работы молодых ученых в области биологии и экологии, содействовать развитию их творческой активности и профессиональному росту. Организатором конференции выступил Совет молодых ученых при поддержке администрации Института биологии и Президиума Уральского отделения РАН.

Конференция собрала аспирантов, кандидатов и докторов наук, сотрудников различных организаций, участвующих в научно-исследовательской работе, а также студентов вузов, интересующихся вопросами биологии и экологии. В рамках конференции в течение четырех дней прошли пленарное и пять секционных заседаний. Открыли конференцию А.И. Таскаев, директор Института биологии, и Д.А. Косолапов, председатель Совета молодых ученых. В своих докладах они отметили существование в настоящее время огромных возможностей для реализации творческого потенциала молодых ученых и проведении ими научных исследований, пожелали участникам конференции плодотворной работы, установления научных контактов и принятия опыта старших коллег.



В президиуме (слева направо): Глава Республики Коми В.М. Гайзер, директор Института биологии Коми НЦ УрО РАН А.И. Таскаев, председатель Совета молодых ученых Института биологии Д.А. Косолапов.

Участниками конференции стали представители организаций: Институты биологии и химии, лаборатория сравнительной кардиологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкарский государственный университет, Коми государственный педагогический институт, Сыктывкарский лесной институт и НИИ «Россельхозакадемия», Башкирский государственный университет, Вологодский государственный педагогический университет, Вятский государственный гуманитарный университет, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, ГНЦ ВНИИР им. Н.И. Вавилова, Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, Поморский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Институт леса Карельского НЦ РАН, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Институт экологии растений и животных и Институт экологических проблем Севера (оба УрО РАН), Кировский областной филиал ФГУ «Камуралрыбвод», Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский центр «Викинг», Нижнетагильская государственная социально-педагогическая академия, НИЛ устойчивости лесных экосистем Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова, Пермский государственный педагогический университет, Удмуртский государственный университет, Институт систематики и экологии животных СО РАН, Центр защиты леса Ленинградской области, Череповецкий государственный университет, Санкт-Петербургский государственный университет. Всего в конференции приняли участие 146 человек (из них 54 – из других городов России). Среди участников два доктора и более 60 кандидатов наук разных специальностей, 42 аспиранта и 33 студента. Наибольшее количество молодых исследователей (76) являются сотрудниками Института биологии. Следует отметить, что за последние годы увеличилось количество докладов, сделанных участниками конференции, к примеру, около 100 – в 2006-2007 гг., 120 – в 2008-2009 гг., 128 – в 2010 г.

На пленарном заседании прозвучали четыре доклада, которые сделали д.б.н. А.А. Москалев (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН) «Экологическая генетика продолжительности жизни *Drosophila melanogaster*», д.б.н. Б.Ю. Филиппов (Поморский

государственный университет им. М.В. Ломоносова) «Экологические закономерности освоения жу-желицами севера Русской равнины», к.б.н. Ю.А. Дубровский (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН) «Леса предгорных и горных ландшафтов Печоро-Илычского заповедника (бассейн р. Илыч)» и к.б.н. А.Б. Новаковский (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН) «Эколого-ценотические группы сосудистых растений бассейна верхней и средней Печо-

ры». В рамках конференции была организована работа пяти секций, на заседаниях которых прозвучало 124 доклада по следующим направлениям: «Изучение, охрана и рациональное использование животного мира», «Изучение, охрана и рациональное использование растительного мира», «Структурно-функциональная организация и антропогенная трансформация экосистем», «Морфолого-физиологические и молекулярно-генетические аспекты вли-

Приз зрительских симпатий



«Ах, эти синие глаза!» **О. Кулакова** (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).

Фото, отмеченные комиссией



«Теплая зима». **Е. Мовергоз** (Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок).



«Акварель голубых озер». **Г. Одемчук** (Казанский государственный университет, г. Казань).



«Красота родного края в глазах будущего», Усть-Цилемская горка. **Г. Накул** (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).



«Приполярный Урал». **М. Паламарчук** (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).



«Царство Снежной королевы». **Д. Кириллов** (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар).

яния экологических факторов на организмы», «Физиология, биохимия и биотехнология растений».

Большинство докладов молодых ученых свидетельствует о высоком теоретическом и практическом уровнях, комплексном подходе к решению многих проблем, а также дают возможность ознакомиться с последними достижениями в различных областях биологии и экологии. Оргкомитет и оценочная комиссия конференции отметили высокий научный уровень абсолютного большинства докладов, практическую направленность работ многих начинающих исследователей. Лучшим докладчиком были вручены почетные грамоты, благодарственные письма и памятные подарки.

В период работы конференции были организованы экскурсии в Музей геологии им. А.А. Чернова (Институт геологии Коми НЦ УрО РАН) и этнографический отдел Национального музея Республики Коми. Кроме того, в течение конференции при поддержке профкома Института биологии был проведен конкурс фотографий на тему «Красота родного края». В конкурсе принимали участие как молодые ученые из Сыктывкара, так и гости из других городов России (см. фото). По итогам зрительского голосования были определены три работы, получившие наибольшее число голосов. Это фотографии О. Кулаковой и М. Паламарчук (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН) и Г. Одемчук (Казанский государственный университет). Так же фотографии оценивало жюри, которое отметило работы Е. Мовергоз (Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН), Г. Накула и Д. Кириллова (Институт биологии Коми НЦ УрО РАН). Надеемся, что проведение конкурса фотографий во время работы конференции станет доброй традицией. Фотографии призеров можно посмотреть на странице Совета молодых ученых Института биологии (<http://ib.komisc.ru/add/smu>).

На закрытии XVII Всероссийской молодежной научной конференции были заслушаны отчеты председателей секций о работе и объявлены лучшие научные доклады, авторы которых получили ценные призы, и результаты конкурса фотографий. Директор Института биологии А.И. Таскаев подвел итог

работы конференции, отметив, что общение в рамках такого мероприятия способствует плодотворной работе научной молодежи, установлению новых контактов для сотрудничества, расширяет кругозор молодых исследователей, знакомит их с актуальными научными проблемами. В закрытии конференции принял участие Глава Республики Коми В.М. Гайзер, который подчеркнул, что наука в Республике Коми – молодая и активная, а в научных учреждениях трудятся сильные, убежденные и идейные люди, которые двигают отечественную науку вперед даже в современных непростых условиях.

По итогам работы конференции принята резолюция, основные положения которой изложены ниже.

1. Совету молодых ученых и администрации Института биологии Коми НЦ УрО РАН продолжить приглашение для чтения пленарных лекций специалистов из других организаций (городов).

2. Институту биологии Коми НЦ УрО РАН издать сборник трудов XVII Всероссийской молодежной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» тиражом 200 экз.

3. Совету молодых ученых разместить электронную версию материалов докладов XVII Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» на сайте Института биологии.

4. Совету молодых ученых Института биологии Коми НЦ УрО РАН провести XVIII Всероссийскую молодежную научную конференцию «Актуальные проблемы биологии и экологии» в апреле 2011 г.

Участники конференции отмечали высокий уровень организации и проведения конференции, актуальность обсуждаемых аспектов и значимость полученных сведений для повседневной работы. В свою очередь, оргкомитет выражает признательность всем участникам конференции за интересные доклады, активное участие и положительную оценку работы организаторов. Совет молодых ученых благодарит администрацию Института биологии Коми научного центра и президиум Уральского отделения РАН, а также профком Института биологии за помощь и поддержку при проведении конференции.

ХІ ШКОЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ПО ЭКОЛОГИИ (ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УРО РАН, 25 марта 2010 г.)

к.б.н. С. Плюснина

Приход весны в стены нашего Института традиционно ознаменован проведением в этом году уже XI школьной конференции научно-исследовательских работ по экологии. С приветственным словом к участникам конференции обратилась д.б.н. Светлана Владимировна Дегтева, заместитель директора Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Она подчеркнула важность проводимых ребятами исследований, тесное сотрудничество преподавателей школ, центров дополнительного образования и специалистов Коми научного центра, необходимость преемственности поколений в науке.

Второй год в рамках конференции проходят Вавиловские чтения, на которых сотрудники различных подразделений Института биологии знакомят ребят с наиболее острыми проблемами экологии. В этом году участники конференции и гости совершили экскурс в мир почв. Сотрудник отдела почвоведения к.б.н. А.А. Дымов сделал доклад на тему «Почва в современном мире», в котором основное внимание было уделено почвам Республики Коми, проблемам их восстановления после антропогенного нарушения.

Из 24 заявленных прозвучали 17 устных и 7 стендовых докладов. Вы-

нешняя конференция имела несколько особенностей. Во-первых, около 30 % участников – это учащиеся третьих-шестых классов. Во-вторых, большой интерес со стороны участников конференции был проявлен к проблемам гидробиологии: в восьми докладах были освещены вопросы, связанные с водной средой и ее обитателями. Традиционно среди участников был высок интерес к состоянию окружающей среды на урбанизированных территориях и здоровью учащихся. Это отразилось и в названиях докладов, получивших призовые места.



Третьеклассник Владислав Шустиков с докладом «Голубые очи планеты».



Олеся Ким и Давид Попов (3 класс, ДДШ № 1 им. А.А. Католикова) награждены грамотой и призом «За первое исследование».

Диплом I степени был вручен Владимиру Рочеву, учащемуся девятого класса МОУ «Лицей народной дипломатии», за доклад «Биоповреждения листьев древесных пород в микрорайоне Лицея народной дипломатии города Сыктывкар» (научный руководитель Т.П. Константинова, научный консультант к.б.н. С.В. Пестов). Дипломами II степени были отмечены Марина Ребус, ученица восьмого класса МОУ «ООШ № 56» пос. Сыня, за доклад «Состояние популяции хохлатки Галлера в заказнике Сынинский» (научный руководитель Т.А. Рыбина, научный консультант к.б.н. Л.В. Тетерюк) и Светлана Старцева, ученица 11 класса МОУ «Технологический лицей», за доклад «Городская экосистема города Сыктывкар и факторы здоровья» (научный руководитель Л.В. Нестерова). Дипломы III степени получили Оксана Юранева, ученица 10 класса МОУ «Женская гимназия», за доклад «К вопросу о морфологии и биологии гольяна обыкновенного *Phoxinus phoxinus* (Linneus, 1758) реки Кылтымью» (научный руководитель Ю.В. Королева), Екатерина Приходько, ученица 11 класса Коми республиканского лицея при СыктГУ, за доклад «Изучение кормовой базы двух видов бурых лягушек водоемов Полярного Урала» (научный руководитель Н.Л. Герасименко, научный консультант к.б.н. Е.А. Порошин) и Екатерина Васильева, ученица девятого класса ДДШ № 1 им. А.А. Католикова, за доклад «Инвентаризация и паспортизация гнезд рыжего лесного муравья *Formica rufa* L. в окрестностях УОХ «Межадорское» (научные руководители С.А. Яновский, Г.А. Черкасова).

Особо был отмечен Владислав Шустиков, ученик третьего класса Пажгинской средней общеобразовательной школы. Его доклад «Голубые очи планеты» произвел на комиссию и участников конференции очень сильное впечатление, а его неподдельный интерес к своей малой родине был поддержан дипломом I степени «За образцовый доклад».

Непосредственность, инициативность и искренняя заинтересованность к выполняемым исследованиям витали в Актовом зале Института биологии благодаря юннатам. Достаточно привести одну из фраз, прозвучавшую в докладе Анастасии Мартыновой, ученицы шестого класса Пажгинской школы: «... меня заинтересовало: Почему здесь растут такие «монстры»? Почему только у елочек несколько макушек? Как часто они встречаются в лесу, как узнать причину их возникновения?..». Членам комиссии хотелось отметить как можно больше работ. Специальными грамотами и призами были награждены Анастасия Мартынова (6 класс МОУ «Пажгинская СОШ») – «За активное участие в охране родного края», Ирина Ивашева (11 класс, Коми национальная гимназия) – «За оригинальную тему исследования», Олеся Ким и Давид Попов (3 класс, ДДШ № 1 им. А.А. Католикова) – «За первое исследование», Варвара и Ирина Исаковы (5 и 6 класс, МОУ «СОШ» с. Айкино) – «За проведение экологической работы в школе». Все остались довольные: комиссия и гости конференции – услышанным, участники – собой и полученными призами. Каждому докладчику были вручены грамота и папка участника. В папку кроме традиционных программы и материалов конференции, блокнота и ручки были вложены календари, открытки, информацион-

ный материал об особо охраняемых природных территориях Республики Коми и России, предоставленные проектом ПРООН/ГЭФ Республики Коми.

Время идет, меняется школьное образование и вместе с ним приходится изменять тактику деятельности Малой академии. Если раньше основная работа биологического отделения была сосредоточена в стенах Коми НЦ и охватывала в большей мере только слушателей Малой академии, то теперь мероприятия, проводимые экологическим отделением, носят объединяющий, направляющий характер. В них, помимо постоянных слушателей, могут принимать участие все заинтересованные школьники и их учителя. Большое значение приобрела консультационная составляющая работы. В связи с этим хотелось бы выразить искреннюю благодарность всем сотрудникам Института биологии, которые не жалеют своего времени и занимаются с ребятами, читают и правят их работы, активно принимают участие в школьных конференциях. Особая благодарность Е.А. Волковой, редактору информационно-издательского отдела Института биологии, которая всегда с огромным терпением работает над выпуском материалов школьных конференций и других печатных изданий для школьников.

Результатом плодотворного сотрудничества между научными сотрудниками и юными исследователями стали победы наших активистов на конкурсах не только республиканского, но и федерального значения. Научные консультации к.б.н. Сергея Калистратовича Кочанова, зав. лабораторией экологии позвоночных животных, помогли Ольге Костериной, ученице 10 класса МОУ «СОШ № 16» из Сыктывкара, встать в один ряд с молодыми учеными Республики Коми. На II республиканской молодежной научной выставке школьнице был вручен диплом III степени в области естественных наук и сертификат на получение денежной премии. О. Костерина рассказывает: «Я учусь в школе № 16 г. Сыктывкар. Экологией увлекаюсь с пятого класса, а исследовательской деятельностью – с седьмого. Для меня большой интерес всегда представляли животные, в частности змеи, лягушки, ящерицы. На Всероссийском слете юных экологов, во время которого была организована экологическая школа юных исследователей окружающей среды, у меня появилась возможность более подробно изучить представителей герпетофауны и освоить методику линейного учета и статистической обработки данных».

Мои исследования начались в августе 2008 г. в Тейковском районе в окрестностях СОЛ «Чайка» (Ивановская область). Большую помощь в овладении методикой и проведении работы оказала Анна Юрьевна Гусева – к.б.н., руководитель объединения «Экомир». На заключительной конференции исследовательских работ мною была представлена работа «Изучение герпетофауны окрестностей лагеря «Чайка».

В августе 2009 г. я продолжила эти исследования на территории Республики Коми в Корткеросском р-не близ с. Пезмог. В этой работе я поставила цель не только выявить видовой состав, но и сравнить полученные результаты с результатами предыдущей работы. Собрав и обработав материалы, подготовила работу «Географи-

ческая изменчивость видового состава и численности герпетофауны», с которой участвовала во II республиканской молодежной научной выставке и была отмечена дипломом III степени и премией в 30 тыс. руб. Большую помощь в работе с материалами оказал Сергей Калистратович Кочанов – к.б.н., зав. лабораторией экологии наземных позвоночных Института биологии Коми НЦ УрО РАН.

Всеми своими достижениями и успехами я обязана своему руководителю Светлане Евгеньевне Степановой, учителю биологии и педагогу-организатору внеклассной работы по экологии МОУ «СОШ № 16».

Хотелось бы пожелать ребятам не терять научного интереса и энтузиазма, а их преподавателям – терпения и совместных новых открытий!



Ольга Костерина, ученица 10 класса МОУ «СОШ № 16».

ШАГНУЛИ В БУДУЩЕ

16 апреля 2010 г. на закрытии Всероссийской научной конференции молодых исследователей «Шаг в будущее» в Москве делегация Республики Коми получила большое количество дипломов, сертификатов и рекомендаций для участия в европейских научных выставках. Был вручен и сертификат за высокий уровень научного руководства исследовательской работой нашим консультантам – кандидатам биологических наук Татьяне Николаевне Пыстиной и Сергею Николаевичу Плюснину, научным сотрудникам Института биологии.

Секция «Биология и биотехнология» работала в здании МГУ на Ленинских горах. Научное исследование Маргариты Герасименко, ученицы 11 класса Коми республиканского лицея при СыктГУ (см. фото) «Видовое разнообразие и биоиндикационные возможности лишайников окрестности г. Сыктывкар» было оценено по достоинству и отмечено дипломом III степени.

Наука – это один из способов смотреть на мир

Вести научную работу мне очень интересно. Но не самой, а обучать азам исследовательской работы школьников. Разумеется, разнообразные стороны биологических исследований одному человеку не охватить, поэтому уже более 10 лет мы сотрудничаем с родным мне Институтом биологии. Нашими научными консультантами были (надеюсь, что и будут) Елена Николаевна Патова, Ольга Васильевна Дымова, Евгений Александрович Порошин, Елена Борисовна Фефилова, Татьяна Николаевна Пыстина, Сергей Николаевич Плюснин. Спасибо им всем большое!



Н. Герасименко,
учитель биологии и экологии
Коми республиканского лицея при СыктГУ

