



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 8
(142)

В номере

СТАТЬИ

- Стенина А., Вавилова С.** Экологическая характеристика диатомовых комплексов в ручье Иска-Шор (бассейн реки Уса, заказник «Адак») 2
- Мартынов Л.** Интродукция гортензии метельчатой формы крупноцветковой (*Hydrangea paniculata f. grandiflora* Siebold) 6
- Захожий И.** Химический состав подземных органов растений *Rodiola rosea* L., культивируемых в среднетаежной подзоне Республики Коми 9
- Пристова Т.** Компоненты углеродного цикла в лиственно-хвойном насаждении средней тайги 12
- Елькина Г., Адамова Л.** Поведение кадмия в системе почва–растение на подзолистых почвах 17

ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Евдокимова Т., Кузнецова Е.** Организация эколого-ландшафтного мониторинга вдоль трассы железной дороги в таежной зоне Республики Коми 20

ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

- Железнова Г., Шубина Т., Дулин М., Панова В.** Бриофиты охраняемых территорий окрестностей города Сыктывкар 23
- Канев В.** Флора высших сосудистых растений и болотная растительность болотного заказника «Дон-ты» 28

СООБЩЕНИЯ

- Каверин Д., Мажитова Г., Пастухов А.** Верхний слой мерзлоты как часть системы почвенного профиля 33

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



ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИАТОМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ В РУЧЬЕ ИСКА-ШОР (БАССЕЙН РЕКИ УСА, ЗАКАЗНИК «АДАК»)

А. Стенина
с.н.с. отдела флоры и растительности Севера
E-mail: stenina@ib.komisc.ru

Научные интересы: *диатомовые, разнообразие, экология, биогеография*

Ручей Иска-Шор – приток р. Уса первого порядка, впадающий в нее с левого берега. Это один из многочисленных водных объектов комплексного заказника «Адак», расположенного в бассейне среднего течения р. Печора. Водотоки заказника исследованы далеко не достаточно. Имеются немногочисленные публикации, содержащие данные об особенностях химического состава вод сероводородных источников Адака [1, 5, 6], и лишь в первой из упомянутых работ приведены сведения об обитающих в них ведущих видах водорослей. Цель настоящего исследования – изучить экологическую структуру диатомовых комплексов в сероводородном руч. Иска-Шор – одном из уникальных объектов природы в северной части Республики Коми.

Обследование водотока проведено 31 июля 2008 г. в составе ботанического отряда, задачей которого являлась инвентаризация флоры и растительности особо охраняемых природных территорий. Отбор проб водорослей выполнен С.В. Вавиловой по стандартной методике, удельная электропроводность и pH воды измерены с помощью прибора Water Test (Hanna Instrument). Две пробы предоставлены Т.П. Митюшовой. Определение диатомовых водорослей проведено А.С. Стениной в постоянных препаратах после обработки проб кипячением с серной кислотой. Экологические характеристики видов приведены по данным литературы [2, 4, 13]. Степень сходства рассчитана с помощью коэффициента Сёренсена-Чекановского [8].

Ручей небольшой и неглубокий, ширина его составляет от 0.5 до 6 м, глубина в основном 0.3-0.5 м

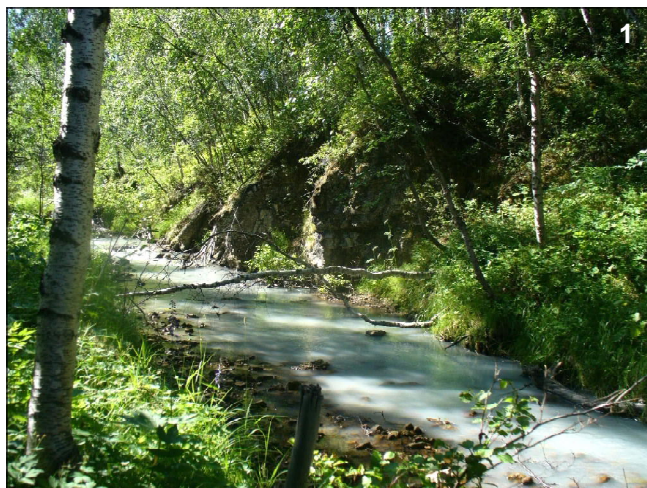


фото С. Вавиловой

С. Вавилова
инженер этого же отдела



и не более 1.5 м. Крутые берега переходят в пологие с густыми зарослями ивняка, у воды обводненные берега становятся топкими. На некоторых участках долина ручья ограничена известковыми скалами. Ручей в значительной степени формируется водами сероводородных источников, которые вскрываются в его долине, часть из них – непосредственно на дне русла. Вследствие этого вода беловатая с запахом сероводорода, что дало повод для возникновения народного названия водотока «Вонючий ручей». Температура воды в период наблюдения была равна 12.2 °С, pH 8.0 (по данным Т.П. Митюшовой – 7.8-7.9 [5]). Дно в местах выхода источников каменистое, камни покрыты беловато-зелеными и желтоватыми пленками.

Химический состав воды в ручье неоднородный. Исток (фото 1) его находится в болоте в 6 км от сероводородных источников (фото 2). Вода на этом участке бесцветная прозрачная без запаха, маломинерализованная. В период наблюдений сумма ионов составляла 85.45 мг/дм³ с небольшой удельной электропроводностью (117.7±12 мкС/см). Ниже истока, но выше основных источников (грифонов) минерализация несколько повышается и достигает 100-300 мг/дм³ [6]. Состав основных ионов гидрокарбонатно-кальциевый (табл. 1), типичный для северных малых водотоков [7], не нарушенных влиянием хозяйственной деятельности. На участке ручья, где источники изливаются непосредственно в русло, цвет воды становится молочно-белым, появляется запах сероводорода. Эти «малодебитные источники выходят в русло руч. Иска-Шор из трещин в известняках ... на протяжении до 50-70 м» [6, с. 94]. Состав воды в ручье здесь иной: сульфатно-хлоридно-кальциево-натриевый, характерный для таких хо-



лодных сероводородных минерализованных водотоков [3]. В сумме количество основных ионов составляет 1001.3 мг/дм³, электропроводность – 735.0±37 мкС/см. Такие изменения происходят под влиянием источников с минерализацией воды 1.3-1.8 г/дм³ [6], в которой содержится также растворенный сероводород (83-92 мг/дм³) и большое количество различных микрокомпонентов. Исследованные нами участки Иска-Шор отличаются по концентрации в воде ионов кальция, магния, калия, а также содержанию органических веществ и некоторых соединений биогенных элементов (табл. 1).

Пленки обрастаний на камнях включают различные бактериальные, животные и растительные организмы, в том числе диатомовые водоросли. Представители последней группы составляют заметную часть биоты, характерной для подобных водных объектов [9]. В исследованном ручье выявлены диатомовые – представители девяти семейств и 17 родов в количестве 89 видов с разновидностями и формами. Анализ экологической структуры этого диатомового комплекса по отношению к солености воды – одному из основных факторов среды – показал следующее. Среди выявленных диатомей наиболее разнообразны индифферентные виды и разновидности. Они могут развиваться одинаково хорошо как в пресных, так и в солоноватых водах, иное название их – пресноводно-солоноватоводные. Хотя большей частью они имеют оценку обилия 1 балл (табл. 2), но составляют более половины видового состава, или 56 %. Поступление в ручей подземных солоноватых вод как со дна русла, так и с берегов, обуславливает развитие галофильных и мезогалобных диатомей, для которых повышенное содержание солей в воде благоприятно. Вследствие этого на них приходится значительная часть видового состава, их доля в совокупности равна 33 %; часть из них также единичны по обилию. Галофобов мало (11 %) и оценка обилия их большей частью не превышает одного балла (табл. 2). На группу основных видов диатомовых (с обилием от 3 до 6 баллов) приходится 37 % видового состава. При анализе их экологической приуроченности видно, что наиболее разнообразны индифференты (табл. 2), их доля составляет 73 %. Тем не менее, 24 % представителей предпочитают водную среду с повышенной концентрацией ионов. Галофоб всего один с невысокой оценкой обилия.

Известно, что одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на формирование диатомовых комплексов, является степень солености воды. По некоторым данным [12], пороговая концентрация в воде одной из наиболее важных солей для развития диатомовых – хлорида натрия – равна 100 мг/дм³. При меньшем количестве NaCl виды-индифференты составляют 80-90 % флоры, при более высокой концентрации их доля падает до 56-70 %. Примечательно, что это подтверждается на примере руч. Иска-Шор. При концентрации хлорида натрия, равной 13.6 мг/дм³ в истоке ручья, индифференты составляют 85 % диатомового комплекса. При увеличении содержания NaCl до 490 мг/дм³ в точке руслового источника их доля уменьшается до 53 %. Ниже по течению, по мере удаления от руслового источника, доля видов-индифферентов в ручье снова возрастает до 79 %, по-видимому, за счет разбавления притоком пресных вод, а вблизи впадения последующих источников снижается до 65 %.

Все доминирующие виды в обрастаниях руч. Иска-Шор относятся к группе индифферентов по отношению к солености воды. Представители галофильной и мезогалобной фракций, хотя и не доминируют в ручье, но входят в число субдоминантов и сопутствующих видов. Среди субдоминантов отмечен мезогалоб *Navicula halophila* (Grun.) Cl., достигающий оценки обилия 4 балла в местах поступления вод источников при минерализации 1001.3 мг/дм³. Мезогалобы и галофилы *Navicula gregaria* Donk., *Fragilaria pinnata* Ehr., *F. pulchella* (Ralfs ex Kutz.) Lange-Bert., *Navicula veneta* Kutz., *N. viridula* (Kutz.) Ehr., *Nitzschia frustulum* (Kutz.) Grun. с оценкой обилия 3 балла относятся к сопутствующим видам. Комплекс таксонов с обилием 1-2 балла почти наполовину (45 %) состоит из галофилов и мезогалобов. Среди них отметим единичные находки *Achnanthes taeniata* Grun., *A. brevipes* var. *intermedia* (Kutz.) Cl., *Nitzschia commutata* Grun. и редкого вида *Diploneis pseudovalis* Hust. Это солоноватоводно-морские диатомей, встречающиеся в морях, эстуариях, устьях рек, соленых прибрежных и континентальных водоемах. Есть виды с двойными характеристиками: в одних работах определяемые как индифференты, в других – как галофилы. Это *Amphora copulata*

Таблица 1

Основные гидрохимические характеристики руч. Иска-Шор (2008 г.), мг/дм³

	Ионный состав										Органические и биогенные вещества				
	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Цветность	ПО	ХПК	P _{общ}	N _{общ}	Fe _{общ}	Si	
9.4±1.6	4.7±0.7	48.8±2.5	13.8±0.7	3.8±0.4	0.75±0.1	4.2±0.4	34±4	5.5±0.6	18.0±5.0	0.038±0.01	0.14±0.01	0.012	2.11±0.10		
310.0±50.0	260.0±30.0	101.5±2.8	120.0±6.0	25.5±2.6	4.3±0.4	180.0±18.0	22±4	7.9±0.8	6.7±2.0	0.028±0.01	0.21±0.05	0.010	5.32±0.27		

Исток

У выхода сероводородного источника

Примечание: ПО и ХПК – соответственно перманганатная и бихроматная окисляемость.

Таблица 2

Распределение количества таксонов разных экологических групп по степени обилия

Экологическая группа	Обилие, балл						Всего таксонов
	6	5	4	3	2	1	
Индифферентная	7	2	2	13	4	22	50
Галофобная	–	–	–	1	–	9	10
Галофильная	–	–	–	5	2	13	20
Мезогалобная	–	–	1	2	1	5	9
Всего	7	2	3	21	7	49	89

Примечание: прочерк – отсутствие показателя.

(Kutz.) Schoem. et Arch., *A. ovalis* Kutz., *A. pediculus* (Kutz.) Grun., *Cocconeis placentula* Ehr., *Fragilaria capucina* Desm., *Navicula oblonga* Kutz., *N. rhynchocephala* Kutz., *N. seminulum* Grun.

Пространственное распределение видов, относящихся к той или иной экологической группе, по профилю ручья неравномерно. В истоке, выше родников, в условиях низкой минерализации обрастания на каменистом субстрате в ручье практически отсутствуют. На камнях в 50 м выше источников (станция 1), в том числе находящихся непосредственно в русле ручья, обнаружены большей частью синезеленые водоросли. Диатомовые очень однообразны по составу и представлены всего 13 таксонами. Основную часть их составляют индифференты (табл. 3), галофилы малочисленны, галофобов нет. Доминируют по обилию *Achnanthes minutissima* Kutz. и *Fragilaria capucina*. Отмечено довольно много аномалий последнего вида в виде изогнутости створок.

В месте выхода сероводородного источника в русле ручья (станция 2) обрастания камней богаче диатомовыми водорослями, суммарное обилие их здесь почти вдвое больше (табл. 3), но представлены они всего 28 таксонами. Первое место занимают также индифференты, количество галофильных и мезогалобных диатомей несколько меньше, а галофобов всего три. Наряду с вышеуказанными диатомеями в число доминантов здесь входит *Navicula seminulum*, а в некоторых местообитаниях и *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehr.) Cl. Ниже этого источника (станция 3) обилие диатомовых водорослей еще более возрастает, а видовое богатство остается почти таким же (24 таксона). Преобладают по-прежнему индифференты, остальные группы (галофилы, мезогалобы и галофобы) малочисленны. Кроме двух видов, представленных на первой станции,

на этом участке ручья доминируют *Achnanthes lanceolata* (Breb.) Grun., *Gomphonema clavatum* Ehr. и *Pinnularia viridis* (Nitzsch) Ehr. Обилие *Navicula seminulum* несколько снижается, но вид все-таки входит в число субдоминантов. На участке ручья в 50 м выше впадения с правого берега еще трех источников (станция 4) диатомовые на камнях представлены 29 таксонами, но обилие их меньше. На фоне преобладания в этой точке индифферентов по разнообразию и обилию, здесь несколько больше галофобов и галофилов с мезогалобами по сравнению с предыдущей станцией. В массе развивается один вид – *Navicula seminulum*.

Влияние источников на руч. Иска-Шор определяет своеобразие его гидрохимических условий и особенности экологической структуры комплексов диатомовых водорослей. Индифферентные диатомеи преобладают как по числу таксонов, так и по суммарному обилию во всех исследованных точках ручья (табл. 3), что свидетельствует о пресноводно-солонатоводном характере водотока. При этом число индифферентов от станции к станции постепенно увеличивается, но происходит это в большей степени за счет таксонов с низким обилием. Это видно по неравномерному изменению суммарного обилия, в которое представители с оценками обилия 1-2 балла вносят незначительный вклад. Количество галофилов с мезогалобами – группы, предпочитающей повышенную минерализацию, а также их суммарное обилие возрастают на участке непосредственного поступления вод источника в русле ручья (табл. 3). Ниже источника эти показатели несколько снижаются, а затем вновь возрастают по мере приближения к трем другим источникам. В комплексах основных таксонов с обилием 3-6 баллов идет постепенное увеличение как разнообразия, так и обилия этой группы.

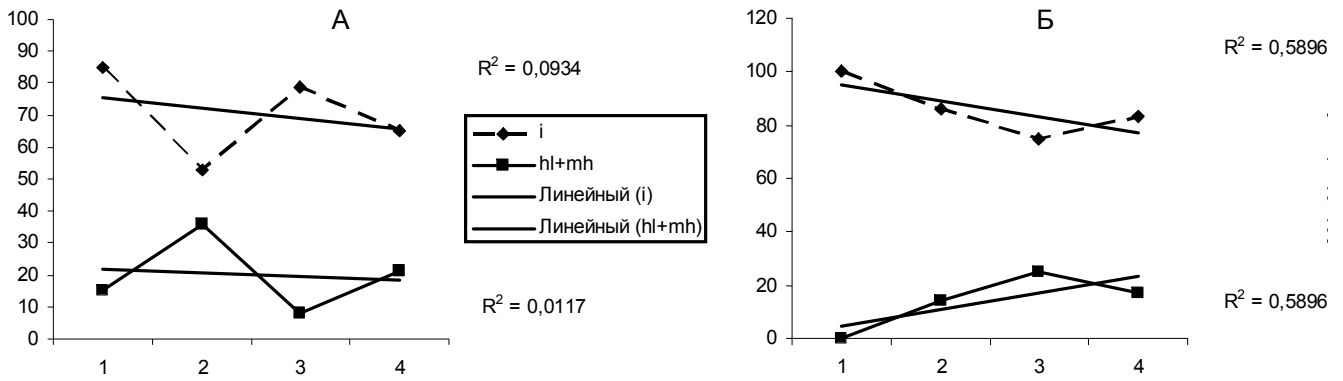
Более показательны результаты анализа соотношения этих экологических групп, их вклада в разнообразие. Доля видов-индифферентов в точке выхода источника резко снижается, а галофилов с мезогалобами – возрастает (см. рисунок, А), и наоборот – ниже источника доля первой группы увеличивается, а второй – уменьшается. Затем происходит обратный процесс. Однако достоверного изменения роли этих групп в разнообразии общего состава диатомовых по профилю ручья не выявляется. Напротив, среди основных видов диатомовых водорослей, которые играют наибольшую роль в формировании сообществ в ручье, пропорции индифферентных и галофильных видов постепенно изменяются в пользу последних (см. рисунок, Б). Величина достоверности аппроксимации показывает, что разнообразие основных представителей группы галофилов и мезогалобов действительно имеет тенденцию к увеличению. Наличие видов-галофобов, хоть и с небольшим обилием, вблизи руслового источника можно объяснить притоком пресных вод из лесного ручья. Например, *Meridion circulare* (Grev.) Ag., по видимому, попал в Иска-Шор из этого водотока, где он отмечен с обили-

Таблица 3

Изменение разнообразия (А) и суммарного обилия (Б) экологических групп диатомовых по профилю руч. Иска-Шор

Станция на ручье	Экологическая группа						Всего по станциям	
	индифферентная		галофильная и мезогалобная		галофобная			
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Первая	11 (4)	28 (18)	2 (0)	3 (0)	0	0	13 (4)	31 (18)
Вторая	15 (6)	41 (27)	10 (1)	14 (3)	3 (0)	4 (0)	28 (7)	59 (30)
Третья	19 (10)	61 (50)	2 (2)	6 (6)	3 (0)	3 (0)	24 (12)	70 (56)
Четвертая	19 (9)	45 (33)	6 (3)	13 (10)	4 (1)	6 (3)	29 (13)	64 (46)
Итого	50 (24)	129 (99)	29 (8)	49 (25)	10 (1)	12 (3)	89 (33)	190 (127)

Примечание. В скобках указаны данные о комплексах основных видов.



Изменение доли (%; по вертикали) видов-индифферентов (i) и галофилов с мезогалобами (hl + mh) в видовом составе диатомовых (А) и комплексе диатомовых с обилием 3-6 баллов (Б) по профилю руч. Иска-Шор (1-4 станции). Стрелкой указаны линии тренда.

ем «нередко». Надо, однако, отметить, что этот вид характеризуется разными исследователями неоднозначно: как галофоб, обитатель пресных вод [2, 12] и как индифферент [13].

Сходство разных участков ручья по составу диатомовых неодинаково, значения коэффициента колеблются от 0.19 до 0.65. Наименее сходны первая и последняя точки исследования, наиболее – станции выше и ниже руслового источника, что обусловлено локальными гидрохимическими особенностями условий среды в месте его выхода. Видовой состав групп галофилов, мезогалобов и галофобов на разных станциях ручья сходен в меньшей степени, чем группы индифферентов, что свидетельствует о более высокой адаптивной способности представителей последней в сравнении с видами других экологических групп.

При рассмотрении роли тех или иных видов разных экологических групп в руч. Иска-Шор нельзя исключать влияние и других факторов, а именно: щелочную реакцию водной среды, повышенное содержание кальция, наличие сероводорода и других компонентов. По приуроченности к уровню pH индифференты и алкалофилы представлены почти поровну, в число последних входят доминанты *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* и *Fragilaria capucina* и, по некоторым данным, *A. minutissima* [10]. Особенностью состава доминантов является также тот факт, что четыре вида – *Achnanthes lanceolata*, *A. minutissima* и *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Pinnularia viridis* – толерантны к повышенному содержанию органического азота, а *Navicula seminulum* – факультативный гетеротроф по азоту, альфамезо-полисапроб, выдерживающий сильное загрязнение [13].

Виды *Achnanthes lanceolata*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Pinnularia viridis* характеризуются средней потребностью к кислороду (около 50 % насыщения). Наиболее устойчив среди доминантов вид *Navicula seminulum*, выдерживающий низкие концентрации кислорода в воде (около 30 %). Есть данные о том, что он встречается в больших количествах под поверхностью матов (1-5 см толщиной) из ряски (*Lemna minor* L.) в протоках и каналах маршей при недостатке света и кислорода [11]. Доминирующие виды в большинстве предпочитают мезо- и эвтрофные воды, хотя некоторые могут развиваться также и в олиготрофных условиях (*Achnan-*

thes minutissima, *Gomphonema clavatum*, *Pinnularia viridis*). Субдоминант *Navicula halophila* и другие перечисленные выше галофилы и мезогалобы из комплекса сопутствующих видов – все алкалофилы, альфа- и бетамезосапробы, предпочитающие мезо- и эвтрофные воды.

Таким образом, результаты анализа распределения экологических групп диатомовых комплексов и набор доминантов свидетельствуют о пресноводно-солонатоводном характере руч. Иска-Шор и щелочных, мезо-эвтрофных условиях среды обитания. Распространение галофильных и особенно мезогалобных диатомовых водорослей локально и связано с расположением и влиянием минеральных сероводородных источников. Наличие неоднозначных характеристик видов показывает необходимость изучения их экологических свойств, в частности, по отношению к солености воды и pH.

Авторы благодарны сотрудникам аккредитованной лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН за выполнение гидрохимического анализа проб. Работа выполнена за счет выделенных Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми средств республиканского бюджета на 2008 г., предусмотренных на расходы по охране окружающей среды.

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. междунар. IV семинара. Сыктывкар, 2007. С. 119-120.
2. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. М., 2000. 150 с. – (Ч. I. Баранова С.С. Методические аспекты анализа биологического разнообразия водорослей; Ч. II. Баранова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Экологические и географические характеристики водорослей-индикаторов).
3. Гидрохимия экстремальных водных систем с основами гидробиологии / В.В. Хахинов, Б.Б. Намсараев, Е.Ю. Абидуева и др. Улан-Удэ, 2007. 148 с.
4. Лосева Э.И., Стенина А.С., Марченко-Ваганова Т.И. Кадастр ископаемых и современных диатомовых водорослей европейского Северо-Востока. Сыктывкар, 2004. 156 с.

5. Митюшева Т.П. Сероводородные источники Иска-Шор (Адакские) // Изучение, сохранение и использование объектов геологического наследия северных регионов (Республика Коми): Матер. науч.-практ. конф. Сыктывкар, 2007. С. 94-96.

6. Митюшева Т.П., Лаврушин В.Ю. Сероводородные источники гряды Чернышева // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Матер. регион. науч.-практ. конф. Пермь, 2007. С. 232-235.

7. Хохлова Л.Г., Лешко Ю.В. Гидробиологический режим водоемов озерно-речной системы оз. Ватъярты (Большеземельская тундра) // Народное хозяйство Республики Коми, 2003. Т. 12, № 1-2. С. 135-141.

8. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. Л., 1984. 288 с.

9. Diversity of the Microeukaryotic community in Sulfide-Rich Zodletone Spring (Oklahoma) / Q. Luo,

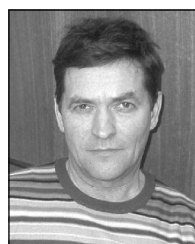
L.R. Krumholz, F.Z. Najar et al. // Appl. Environm. Microbiol., 2005. Vol. 71, № 10. P. 6175-6184.

10. Diversity and ecology of algae from the Nahal Qishon river, northern Israel / S.S. Barinova, O.V. Anisimova, E. Nevo et al. // Plant Biosystems, 2004. Vol. 138, № 3. P. 245-259.

11. Goldsborough L.G. Diatom ecology in the phyllosphere of the common duckweed (*Lemna minor* L.) // Hydrobiologia, 1993. Vol. 269/270. P. 463-471.

12. Patrick R., Reimer Ch. W. The diatoms of the United States (Exclusive of Alaska and Hawaii). Vol. 1. 1966. 688 p. – (Monogr. Acad. Nat. Sci. Philadelphia; № 13).

13. Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // Netherlands J. Aquatic Ecol., 1994. Vol. 28, № 1. P. 117-133. ❖



ИНТРОДУКЦИЯ ГОРТЕНЗИИ МЕТЕЛЬНОЙ ФОРМЫ КРУПНОЦВЕТКОВОЙ (*HYDRANGEA PANICULATA* F. *GRANDIFLORA* SIEBOLD) В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

к.б.н. Л. Мартынов
вед. инж. отдела Ботанический сад
E-mail: zainullina@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 56 59

Научные интересы: декоративное садоводство

Озеленение населенных мест в Республике Коми осуществляется в основном путем интродукции видов древесных растений местной флоры. Как известно, местная дендрофлора не отличается богатством видового разнообразия и высокими декоративными качествами растений. В городском озеленении отмечается однообразие и бедность ассортимента используемых растений. Виды, обладающие красивым и продолжительным цветением, в посадках практически отсутствуют. Из представителей дикорастущей флоры с красивым цветением, получивших широкое распространение в культуре, пожалуй, можно назвать только рябину. Следовательно, пополнить местный озеленительный ассортимент красивоцветущими видами древесных растений возможно за счет интродукции их из других флор.

Проблемой интродукции растений занимается отдел Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В районе, где проводятся исследования, сумма эффективных температур (выше +5°) достигает 1900°, что благоприятствует произрастанию многих древесных интродуцентов. Сроки начала и окончания вегетационного периода приходятся в среднем на 5 мая (27.IV–31.V) и 5 октября (27.IX–29.X), продолжительность этого периода равна 145-150 дням. Однако зима в районе суровая. Абсолютный мини-

мум температуры может опускаться до отметки –51 °С [4]. Величина снегового покрова равна 50 см, что в какой-то мере предохраняет растения от вымерзания.

К числу красивоцветущих деревьев и кустарников принадлежит род Гортензия (*Hydrangea* L.) из семейства гортензиевых – *Hydrangeaceae* Dumort. Род насчитывает 35 видов, обитающих в Северной и Южной Америке, Центральной и Восточной Азии [9]. Некоторые из них вполне устойчивы к морозам и растут в открытом грунте без укрытия. К числу таких видов относится гортензия метельчатая – *H. paniculata* Siebold. В природе она встречается на Южном Сахалине, в Китае и Японии. Вид интродуцирован в 1864 г. [9]: в европейской части бывшего СССР его культивировали от широты Ленинграда (Санкт-Петербург), часто в западных районах и Прибалтике, до южных границ. Это кустарник или небольшое дерево высотой до 5(10) м с округлой кроной и слегка волосистыми красно-бурыми побегами. Листья простые, удлинненно-заостренные на вершине, располагаются супротивно. Гортензия имеет цветки двух типов: крупные, до 2 см в диаметре, стерильные или бесплодные с четырьмя эллиптическими белыми чашелистиками, и мелкие обоеполые. Цветки собраны в ширококонические или почти щитковидные метелки до 30 см длины. Декоративность соцветий со-

храняется долго за счет стерильных цветков, венчикоподобные чашелистики которых (иногда их ошибочно называют венчиками) вначале кремовые, затем белые, позднее розовеющие, остаются на растении очень долгое время. У садовых форм и сортов обычно все цветки бесплодные. Одной из красивейших садовых форм гортензии метельчатой является форма крупноцветковая – *H. paniculata* f. *grandiflora*.

В России садовую форму гортензии метельчатой выращивают давно, культура ее известна в Крыму, на Кавказе, однако она являлась довольно редким растением городских садов, парков и скверов юга страны [5]. Выращивалась садовая форма гортензии в ботанических садах и дендрариях Украины, Белоруссии (Беларусь) – ныне странах ближнего зарубежья. Культура гортензии метельчатой известна также в лесостепной зоне южной полосы России. Успешное испытание она прошла на Лесостепной опытно-селекционной станции (ЛОСС), расположенной в Липецкой области [11, 12]. Благодаря широким интродукционным работам ЛОСС уже в 30–40-е годы XX в. эту форму удалось внедрить в озеленение населенных мест области. Одновременно крупноцветковая форма гортензии испытывалась и в Барнаульском дендрарии Алтайского края [6], но из-за низкой зимостойкости изучаемых образцов растений в культуру

она не была введена. В нечерноземной зоне средней полосы крупноцветковая форма изучалась в коллекциях ботанических садов Москвы и Ленинграда [2, 10], где проявляла достаточно высокую зимостойкость, но в городском озеленении распространения так и не получила [14]. По сведениям литературы [2, 3, 5, 9, 11], гортензия метельчатая крупноцветковая считается очень зимостойким кустарником. В условиях Ленинградской области, например, она выносит морозы без повреждений до -45°C [3]. Обмерзают у нее лишь концы однолетних побегов, что на цветении не отражается. Однако имеются и другие данные, например, в условиях Барнаульского дендрария она обмерзает до уровня почвы и для получения соцветий ее необходимо укрывать на зиму [6]. В ряде публикаций [3, 7, 11] гортензию крупноцветковую в течение трех-четырех лет после посадки рекомендуют утеплять.

На интродукционное изучение в Республику Коми гортензия метельчатая крупноцветковая впервые была привлечена саженцами в 1991 г. из ЛОСС в количестве трех экземпляров. В течение 17 лет наблюдений за гортензией установлено, что в районе исследований она отличается поздними сроками начала (29.V) и окончания (26.X) вегетации, но относительно ранним завершением роста (28.VIII), что нетипично для изучаемых видов древесных растений, имеющих природный ареал на Дальнем Востоке и в Восточной Азии, где и встречается вид данной формы. Для древесных растений с ареалами на Дальнем Востоке свойственны ранние сроки начала и окончания вегетации, но из-за раннего развития они часто подвергаются выпреванию в весеннее время (отслаивание коры у корневой шейки) [8]. Древесные растения с ареалами в Восточной Азии (Япония, Китай) характеризуются ранним началом развития, но поздними сроками завершения ростовых процессов, поэтому часто обмерзают. По ритму сезонного развития гортензия метельчатая крупноцветковая скорее всего близка к европейским видам южного происхождения, которые в наших условиях отличаются поздними сроками наступления и завершения вегетации и являются в большинстве своем не зимостойкими. Тем не менее, обладая поздними сроками вегетативного развития, эта форма отличается повышенной зимостойкостью. За время наблюдений у гортензии ни разу не было отмечено ка-



Hydrangea paniculata f. *grandiflora* в цветении (2006 г.).

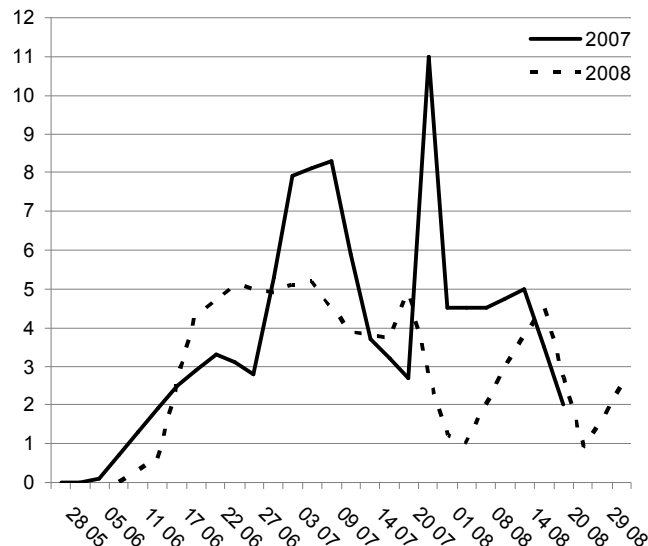
ких-либо серьезных повреждений в кроне. Растения зимуют без укрытия. С годами на многолетних побегах образуются довольно глубокие трещины, но отслаивания коры не происходит и побеги не усыхают. После каждой перезимовки наблюдается гибель верхушечной части побегов с соцветиями примерно на 1/3 их длины, что компенсируется нами большей частью как биологическое свойство данной формы. Даже в годы с холодным летом, когда гортензия уходит в зиму в фазе начала цветения, у растений значительных повреждений не обнаружено. Из-за ежегодной потери верхушечной части побегов кусты гортензии в высоту развиваются медленно.

Сейчас растения достигли высоты 1.2 м и диаметра кроны 1.4 м, а по данным литературы [3] средняя высота кустов формы гортензии в Санкт-Петербурге и Москве в возрасте 10-70 лет составляет от 1.5 до 2.5 м, диаметр кроны до 3.0 м. Толщина самых крупных побегов у корневой шейки равна 2.5 см. Годичные побеги на растении очень сильно различаются по длине. Самые крупные образуются ближе к основанию корневой шейки и достигают длины вместе с соцветиями 110 см, ближе к периферии кроны побеги значительно укорачиваются, достигая лишь длины 16 см. Большая часть годичных побегов имеет длину прироста в среднем 32 см, располагаются они в средней части кроны. Интересная особенность данного культивара – способность формировать репродуктивные органы практически на

каждом растущем побеге. Первое незначительное цветение у гортензии было отмечено на третий год после посадки и наблюдается ежегодно (см. фото). Средняя дата начала цветения – 8.VIII (3.VIII–12.VIII). При этом выявлено, что цветение наступает при достижении определенной суммы температур. Среднее значение суммы температур выше $+5^{\circ}$, при которой наступает фаза начала цветения, равно 1340° (за 2006-2008 гг. наблюдений). Пик цветения в среднем приходится на третью декаду августа. Окончание цветения происходит не каждый год (обычно оно прерывается значительным похолоданием) в конце сентября, при этом венчикообразные чашелистики цветков приобретают розоватую окраску. Известно, что чем мощнее побег, тем крупнее соцветие. Для получения крупных соцветий у гортензии весной рекомендуется проводить сильную обрезку [1, 3, 5, 7, 9, 12, 13]. При культивировании гортензии в наших условиях сильная обрезка не проводится, а обрезаются только засохшие части растений. С годами количество и размеры соцветий-метелок увеличиваются, возможно, из-за молодого возраста растений. Самые крупные соцветия достигают длины 30 см и диаметра у основания 25 см.

В условиях Севера, где короткий вегетационный период, важным показателем успешного произрастания вида древесного растения является рост побегов, его сроки и характер протекания ростовых процессов. Как установлено ранее [8], у зимостойких

видов рост начинается рано, проходит он ускоренно, особенно в первой половине периода роста. С целью выявления ритмики роста годичных побегов у гортензии в 2007 и 2008 гг. были проведены замеры длины растущих побегов через каждые пять дней. Измерения проводили на восьми отмеченных побегах на одном растении, расположенных в разных частях кроны. На рисунке показана динамика прироста побегов за вегетационные периоды. Более теплым был вегетационный период 2007 г., среднесуточная температура за период составила



Динамика прироста побегов *Hydrangea paniculata* f. *grandiflora* в 2007 и 2008 гг.

+13.0 °C при норме +12.4 °C. 2008 г. характеризовался прохладными погодными условиями и большим количеством выпавших осадков.

Кривые прироста очень различаются по параметрам (см. рисунок). Если в 2007 г. начало роста у гортензии было отмечено 28.V при сумме температур выше +5 °C, равной 258.0°, то в 2008 г. видимый рост побегов у нее был отмечен только 10.VI из-за холодной погоды мая, но при близких значениях суммы температуры – 277.6°. В 2007 г. рост отличался высокой интенсивностью с конца июня по вторую декаду июля в период с высокими значениями среднесуточных температур, пик прироста пришелся на 25.VII после кратковременного похолодания и выпадения значительного количества осадков и достиг 11.0±3.5 см. В конце августа видимый рост побегов завершился при сумме температур 1552°, длина побегов за сезон в среднем составила 59.8±6.6 см. В 2008 г. рост гортензии был менее интенсивным и на всем протяжении активного роста (с 20.VI по 20.VII) характеризовался равномерностью, длина прироста через каждые пять дней в среднем равнялась 3.7-5.2 см. Рост побегов завершился в конце первой декады сентября при более высоких значениях суммы температур – 1653.2°, средняя длина побегов за сезон составила 52.8±9.8 см. Продолжительность периода роста в среднем за два года у гортензии составила 86 дней. При рассмотрении хода роста однолетних побегов гортензии, в целом можно констатировать, что более интенсивный рост побегов у нее

проходит в первой половине периода роста (с 1.VI по 25.VII), после чего идет заметное ослабление роста и лишь к концу второй половины периода наблюдается некоторое усиление (вторая декада августа), а в первой декаде сентября видимый рост прекращается. Таким образом, характеризуясь поздними сроками начала роста и относительно ранним его завершением, гортензия метельчатая в условиях интродукции благодаря, на наш взгляд, интенсивному росту первой половины периода проявляет довольно высокую зимостойкость.

Садовую форму гортензии размножают вегетативным способом – черенкованием, отводками, делением кустов. Самый лучший и быстрый способ размножения, общепринятый в зеленом строительстве, – черенкование. Черенковать гортензию можно в течение всего лета зелеными, полуодревесневшими и одревесневшими черенками. Экспериментальные опыты по черенкованию гортензии в условиях ботанического сада не проводились. Однако имеются отдельные сведения об успешном укоренении гортензии боковыми побегами в период их отрастания на длину 10-15 см с «пяткой» и одновременной прищипкой верхушечной части (с конца июня по первую половину июля). Поскольку укоренение черенков проходит трудно, необходимо применение стимуляторов роста.

Итак, многолетнее изучение гортензии метельчатой крупноцветковой в условиях ботанического сада позволяет дать высокую оценку зимостойкости и рекомендовать для выращи-

вания по всей таежной зоне Республики Коми без использования зимнего укрытия. Гортензия является одним из немногих кустарников, цветущих со второй половины лета до глубокой осени, когда у большинства видов цветение отсутствует. Для лучшего цветения гортензии необходимо подбирать солнечные места и богатые гумусом почвы. Применение самое разнообразное: для одиночных и групповых посадок на газонах, живых изгородей, окаймления древесных пород. С целью внедрения в культуру садовой формы гортензии ботаническим садом предусматривается проведение исследований по выращиванию саженцев из черенков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов П.А. Декоративные деревья и кустарники. М., 1963. 264 с.
2. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР. М.: Наука, 1975. 547 с.
3. Заливский И.Л. Декоративные кустарники. М.–Л., 1956. 208 с.
4. Климат Сыктывкара. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 192 с.
5. Колесников А.И. Декоративная дендрология. М., 1974. 704 с.
6. Лучник З.И. Интродукция деревьев и кустарников в Алтайском крае. М., 1970. 656 с.
7. Марковский Ю.Б. Современный цветник. Миксбордер. М., 2002. 176 с.
8. Мартынов Л.Г. Интродукция древесных растений в Коми АССР: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1989. 24 с.
9. Пилипенко Ф.С. Род Гортензия // Деревья и кустарники СССР. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 3. С. 162-172.
10. Путеводитель по парку Ботанического института им. В.Л. Комарова / В.Н. Комарова, О.А. Связева, Г.А. Фирсов и др.; отв. ред. В.И. Грубов. СПб., 2001. 256 с.
11. Романова В.Л. Гортензия метельчатая // Цветоводство, 1976. № 8. С. 8.
12. Справочник по декоративным деревьям и кустарникам европейской части СССР. М., 1953. 532 с.
13. Справочник цветовода. М., 1971. 325 с.
14. Якушина Э.И. Древесные растения в озеленении Москвы. М.: Наука, 1982. 158 с. ❖



ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ОРГАНОВ РАСТЕНИЙ *RHODIOLA ROSEA* L., КУЛЬТИВИРУЕМЫХ В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

к.б.н. **И. Захожий**
 н.с. лаборатории экологической физиологии растений
 E-mail: zakhozhii@ib.komisc.ru

Научные интересы: *физиология и биохимия растений*

Родиола розовая (*Rhodiola rosea* L.) – многолетнее травянистое растений из семейства толстянковых (Crassulaceae). Препараты из подземных органов р. розовой оказывают иммуностимулирующий, антимикробный, гепатопротекторный и гипогликемический эффекты [10, 19-22]. Водно-спиртовой экстракт р. розовой включен в официальный список лекарственных препаратов в качестве стимулирующего средства [2]. Помимо этого, р. розовая нашла широкое применение в производстве биологически активных добавок и продуктов функционального питания. Нерегулируемые заготовки растительного сырья привели к значительному истощению природных популяций вида. Это послужило поводом для включения р. розовой в список охраняемых видов [8, 9, 14] и в настоящее время сбор растительного сырья в естественных местообитаниях вида строго регламентирован или запрещен. Для пополнения сырьевой базы активно ведутся работы по интродукции данного вида [3, 5, 11, 13, 18]. История изучения вопроса о введении р. розовой в культуру в Институте биологии Коми НЦ УрО РАН имеет более чем десятилетнюю историю. За это время были достигнуты значительные успехи в изучении биоморфологии, семенного и вегетативного размножения, агротехнике возделывания вида [18]. Менее изученным остается вопрос о химическом составе культивируемых растений. Целью данной работы было изучение химического состава подземных органов растений р. розовой, культивируемых в среднетаежной подзоне Республики Коми.

Материал и методы

Объектом исследования были растения, культивируемые в коллекционном питомнике Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Исходный материал был отобран в уральской части ареала вида (Северный и Приполярный Урал). Растения были высажены в коллекционный питомник, расположенный в подзоне средней тайги Республики Коми в окрестностях г. Сыктывкар. Посадку осуществляли по схеме 30×40 см с площадью питания 0.12 м². Почвы экспериментального участка подзолистые, среднекультуренные, пахотные. Отбор проб растительного материала осуществлен в ноябре 2006 и 2007 гг. При отборе проб подземных органов отделяли отмершие и сильно опробковевшие участки корней и корневищ от здоровых и далее в работе использовали только живые, не поврежденные. Фиксацию проб для последующего определения неструктурных углеводов и гликозидов проводили этиловым спиртом. При фиксации биологического материала для определения аминокислотного состава, полифенольных соединений, терпеноидов и элементного анализа измельченные органы в течение 10 мин. выдерживали при температуре 105 °С и далее высушивали до постоянной массы при 80 °С.

Элементный анализ подземных органов р. розовой осуществляли с применением оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе «SPECTRO CIROS-CCD» (SPECTRO Analytical Instruments GmbH, Германия). Содержание углерода и общего азота измеряли на автоматическом анализаторе ANA-1500 (фирма «Carlo Erba», Италия). Качественный состав и количественное содержание белковых аминокислот определяли на автоматическом анализаторе аминокислот ААА-339М («Микротехна», Чехословакия). Растворимые углеводы определяли методом нормально-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии [1]. Анализ проводили на аналитической колонке ДИАСФЕР-110 АМИН – 4×250 мм, 5 мкм («БиоХимМак», Россия), детектор – дифференциальный рефрактометр «156 Refractive Index Detector» («ВЕСКМАН», США). В качестве стандартов использовали фруктозу, глюкозу, сахарозу, мальтозу, раффинозу («Sigma», Германия). Массовую долю индивидуальных углеводов в растительном материале рассчитывали с привлечением метода абсолютной градуировки.

Полимеры клеточной стенки (целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза) определяли по [6]. Определение содержания салидрозидов и розавина в растительных образцах осуществляли по методике, предложенной нами ранее [4]. Количественный анализ гликозидов проводили на жидкостном хроматографе «Милихром-5-3» (ООО «Медикант», Россия), оснащенном спектрофотометрическим детектором и аналитической колонкой «Диасфер-110-С16», 2×80 мм, 5 мкм (ЗАО «БиоХимМак СТ», Россия). Для концентрирования и отделения гликозидов от сопутствующих веществ применяли концентрирующие патроны «Диапак С16» (ЗАО «БиоХимМак СТ», Россия). В процессе градуировки аналитического оборудования использовали стандартные образцы гликозидов – розавин и салидрозид (Самарский ГМУ, Россия).

Определение содержания дубильных веществ проводили титриметрическим методом по методике, описанной в работе [17].

Эфирное масло выделяли методом гидродистилляции по Клевенджеру. Выход эфирного масла определяли гравиметрическим способом. Изучение компонентного состава проводили на хромато-масс-спектрометре Finnigan Trace DSQ, оснащенном колонкой (THERMOTR-5MS) длиной 30 м, диаметром 0.25 мм; газ-носитель – гелий. Температурный интервал 40-300 °С по программе; начальная температура – 40 °С; после ввода в испаритель – 4 мин. изотермический режим, затем повышение температуры до 300 °С со скоростью 4 °С/мин., далее – изотермический режим. Температура испарителя хроматографа 280 °С, детектора – 200 °С. Скорость потока 0.6 см³/мин. Деление потока 1:20. Количествен-

ный расчет массовых долей компонентов эфирных масел проводили по методу внутренней нормализации.

Результаты и их обсуждение

При исследовании минерального состава корневищ растений обнаружено высокое содержание железа, алюминия и титана (360, 390 и 32 мг/кг сухой массы соответственно). Отмечено значительное накопление марганца – 23 мг/кг и меди – 4.2 мг/кг. Концентрация свинца, кадмия, кобальта и молибдена не превышает 1 мг/кг. Содержание макроэлементов: К, Са, Р, S и Mg составляет 9530, 4790, 2450, 752, 1690 мг/кг сухой массы соответственно. Следует отметить, что полученные нами данные согласуются с результатами других авторов, изучавших элементный состав корневищ р. розовой [15]. Ими было отмечено высокое содержание цинка, меди и титана (0.1, 0.02 и 0.02 % на зольный остаток соответственно). Высокое содержание марганца (0.8 % на зольный остаток) эти авторы связывают с повышенной способностью вида к биосинтезу дубильных веществ. Проведенные нами исследования также позволяют отнести р. розовую к манганофилам, и как будет показано ниже, растения в условиях культуры сохраняют способность накапливать значительные количества дубильных веществ.

Содержание азота в каудексе и корнях составляет 4.7 ± 0.4 мг/г сухой массы, углерода 442 ± 14 и 467 ± 5 мг/г сухой массы соответственно. Большая часть общего азота (57 %) представлена азотом белковых аминокислот. Суммарная концентрация белковых аминокислот в каудексе и корнях примерно одинаковая и составляет 2.6 ± 0.3 мг/г сухой массы. Более 50 % суммарного содержания аминокислот в составе белка приходится на моноаминомонокарбоновые и дикарбоновые аминокислоты. Доля основных аминокислот в подземных органах составляет 16 и 22 % соответственно. Около 10 % приходится на ароматические аминокислоты, примерно столько же на алифатические оксиаминокислоты. Доля аминокислоты пролина составляет 5-6 %. Серосодержащие аминокислоты – цистин и метионин – обнаруживаются в незначительных количествах, их доля в составе белка не превышает 1 %.

Углеводный статус растений наряду с обеспеченностью элементами минерального питания имеет большое значение для процессов первичного и специализированного метаболизма. Углеводы являются источником углеродных скелетов и энергии, необходимых для всевозможных биосинтезов. Проведенное нами хроматографическое исследование качественного и количественного состава неструктурных углеводов в подземных органах растений позволило идентифицированы шесть сахаров: фруктозу, глюкозу, сахарозу, мальтозу, мелибиозу, раффинозу. В общем пуле углеводов (147 ± 9 мг/г сухой массы) преобладают моносахариды (85 %). При этом подавляющая часть моносахаридов приходится на глюкозу (122 ± 23 мг/г сухой массы). Среди дисахаридов преобладает сахароза (15 ± 2 мг/г сухой массы), мальтоза и мелибиоза содержатся в значительно меньших количествах. Олигосахариды представлены только одним углеводом – раффинозой. Раф-

финоза накапливается в незначительных количествах – не более 1.5 мг/г сухой массы.

Результаты исследования полимеров клеточной стенки подземных органов р. розовой свидетельствуют, что на долю целлюлозы приходится 12, гемицеллюлоз – 17, лигнина – 19 % сухой массы каудекса растений.

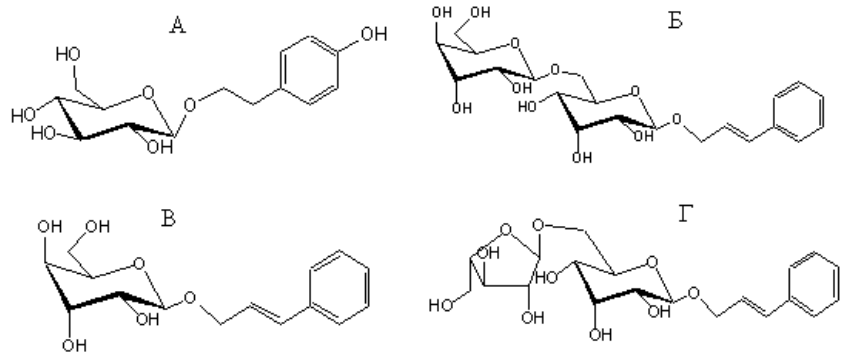
Важным вопросом при изучении качества лекарственного растительного сырья является оценка накопления веществ специализированного обмена – вторичных метаболитов, проявляющих выраженную биологическую активность. Нами проведен анализ терпеноидов, фенольных соединений, а также гликозидов коричневого спирта и тирозола – основных носителей биологической активности препаратов из подземных органов р. розовой.

Корневища растений характеризуются сравнительно невысоким содержанием эфирного масла – 0.03 % в пересчете на сухую массу. В составе эфирного масла преобладают производные ациклических и моноциклических монотерпенов. Бициклические и ароматические соединения и их производные содержатся в меньших концентрациях. В небольших концентрациях обнаружены парафины. Ароматические соединения представлены преимущественно коричневым спиртом и его производными. Результаты анализа свидетельствуют о том, что основными компонентами выделенного эфирного масла являются гераниол (транс-3,7-диметил-2,6-октадиен-1-ол) – 46, линалоол (3,7-диметил-1,6-октадиен-3-ол) – 6.3 и октанол-1 – 18.2 и терпинеол (1-п-ментен-8-ол) – 1.7 %. Среди минорных компонентов идентифицированы 6-метил-1-октанол, п-мента-1,4-диен-7-ол, бензен-4-алил-1,2-диметоксил, коричный спирт и его ацетат, п-гексадекановая кислота, диизооктиловый эфир 1,2-бензендикарболовой кислоты, 9,12-октадекадиеновая кислота, трикозан, октакозан. Нами не выявлены в значимых концентрациях описанные ранее [15, 23] для р. розовой 2-фенилэтилацетат, карен, мирцен, миртенол, кумол и цитраль.

Как уже было отмечено ранее, подземные органы р. розовой накапливают большое количество лигнина – продукта полимеризации фенолоспиртов: кониферилового, синапового и п-кумарового. Косвенно о значительной активности синтеза фенолов в корневищах р. розовой свидетельствует и высокое содержание марганца (см. выше). В связи с этим представляло интерес провести количественную оценку содержания в корневищах дубильных веществ. Проведенные анализы выявили высокие концентрации танидов в подземных органах культивируемых растений. Содержание суммы дубильных веществ в корневищах растений составляет в среднем 177 ± 3 мг/г сухой массы.

Наибольший интерес исследователей при изучении химического состава р. розовой привлекают гликозиды коричневого спирта и тирозола (см. рисунок). Данные соединения являются основными носителями биологической активности препаратов р. розовой и обуславливают их множественные физиологические эффекты [7, 10, 12, 16, 19, 21]. Именно по содержанию этих веществ в настоящее время осуществляется оценка подлинности и качества лекарственного сырья р. розовой. Согласно [2], качест-

венное лекарственное сырье р. розовой (корни и корневища) должно соответствовать следующим показателям: салидрозид – не менее 0,8, влажность – не более 13, зола – не более 9, других частей растения не более 4, минеральные примеси – не более 3 %; кроме того, при проведении качественных реакций на хроматограмме должно обнаруживаться доминирующе пятно фиолетового цвета (УФ-детекция) с Rf около 0.4 (розавин). Результаты хроматографического анализа содержания гликозидов коричневого спирта и тирозола,



Гликозиды коричневого спирта и тирозола: салидрозид (А), розавин (Б), розин (В), розарин (Г).

выполненные по предложенной нами в работе [4] методике, свидетельствуют о достаточно высоком содержании салидрозидов и розавина в подземных органах растений р. розовой, культивируемой в условиях подзоны средней тайги европейского северо-востока России. Каудекс превышает корни как по сумме, так и по содержанию отдельных гликозидов. В целом, подземные органы содержат больше розавина, чем салидрозидов. Содержание салидрозидов в каудексе растений варьирует в пределах от 16,7 до 30,7 мг/г сухой массы и составляет в среднем 24,0±3,9 мг/г сухой массы. Содержание розавина в каудексе также варьирует в широких пределах – от 17,1 до 25,3 мг/г и составляет в среднем 22,7±3,8 мг/г сухой массы. Корни растений характеризуются меньшим содержанием салидрозидов – 5,3±2,6 мг/г и розавина – 13,0±2,4.

В целом, культивируемые в среднетаежной подзоне Республики Коми растения р. розовой накапливают в каудексе и корнях не меньше, а в ряде случаев – больше гликозидов по сравнению с дикорастущими растениями [10, 11, 15, 17].

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований дана характеристика химического состава подземных органов растений р. розовой, культивируемой в условиях подзоны средней тайги европейского северо-востока России. Показано, что культивируемые растения не уступают растениям из природных ценопопуляций по накоплению биологически активных веществ – гликозидов коричневого спирта и тирозола, и могут использоваться в качестве альтернативного источника лекарственного сырья и пополнения биоресурсов вида. Высокое содержание полисахаридов (целлюлоза и гемицеллюлозы), фенольных соединений (таниды), биогенных элементов (железа, магния, меди, кальция, фосфора, серы) указывает на возможность применения подземных органов растения в качестве сбалансированного источника пищевых волокон, антиоксидантов, макро- и микроэлементов в производстве продуктов функционального питания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гляд В.М. Определение моно-, ди- и олигосахаридов в одной растительной пробе методом ВЭЖХ // Физиология растений, 2002. Т. 49, № 2. С. 311-316.
2. Государственная фармакопея СССР. Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. М.: Медицина, 1989. 400 с.

3. Далькэ И.В., Головки Т.К. Морфофизиологическая характеристика уральских и арктических растений *Rhodiola rosea* L. (Crassulaceae) при выращивании в подзоне средней тайги // Раст. ресурсы, 2005. Т. 41, вып. 4. С. 1-11.

4. Захожий И.Г. Новая методика количественного определения гликозидов тирозола и коричневого спирта в растениях рода *Rhodiola* L. // Актуальные проблемы биологии и экологии: Матер. XI молодеж. науч. конф. Сыктывкар, 2004. С. 98-100.

5. Ишмуратова М.И., Сацыперова И.Ф. Начальные этапы онтогенеза и некоторые биологические особенности развития *Rhodiola rosea* L. и *R. iremelica* Boriss., интродуцированных в Башкирию // Раст. ресурсы, 1998. Т. 34, вып. 4. С. 3-11.

6. К методике количественного определения углеводов в вегетативных органах сосны обыкновенной / Г.И. Софронова, Г.И. Трубина, С.М. Шредерс, М.Ф. Макаревский // Физиолого-биохимические исследования сосны на севере. Петрозаводск, 1978. С. 199-233.

7. Ким Е.Ф. Физиологические и биохимические аспекты интродукции родиолы розовой (золотого корня) в предгорье и низкогорье Алтая // Материалы международной конференции, посвященной 60-летию ГБС им. Н.В. Цицина РАН. М., 2005. С. 210-212.

8. Красная книга Республики Коми (редкие и находящиеся под угрозой виды растений и животных) / Под ред. А.И. Таскаева. Москва-Сыктывкар, 1998. 528 с.

9. Красная книга СССР. Дикорастущие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. Л.: Наука, 1975. 264 с.

10. Куркин В.А. Фенилпропаноиды – перспективные природные биологически активные соединения. Самара, 1996. 80 с.

11. Куркин В.А., Куркина Т.В., Запесочная Г.Г. Изучение динамики накопления действующих веществ в корневищах родиолы розовой, интродуцированной в Самарской области // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: Матер. науч. конф. СПб., 1995. С. 154-155.

12. Нейротропные свойства некоторых препаратов, содержащих фенилпропаноиды / В.А. Куркин, А.В. Дубищев, И.Н. Титова и др. // Раст. ресурсы, 2003. Т. 39, вып. 3. С. 115-121.

13. Нухимовский Е.Л., Юрцева Н.С., Юрцев В.Н. Биоморфологические особенности *Rhodiola rosea* L. при выращивании (Московская область) // Раст. ресурсы, 1987. Т. 23, вып. 4. С. 489-501.

14. Редкие и исчезающие виды флоры СССР, нуждающиеся в охране. Л.: Наука, 1981. 264 с.

15. Саратиков А.С., Краснов Е.А. Родиола розовая – ценное лекарственное растение: золотой корень. Томск, 1987. 254 с.

16. Соколов С.Я., Ивашин В.М. Запесочная Г.Г. Исследование нейротропной активности новых веществ, выделенных из родиолы розовой // Хим.-фарм. журн., 1985. Т. 19, № 11. С. 1367-1371.

17. Толстянковые в холодном климате (биология, экология, физиология) / Т.К. Головкин, И.В. Далькэ, Д.С. Бачаров, Т.В. Бабак и др. СПб.: Наука, 2007. 205 с.

18. Фролов Ю.М., Поletaева И.И. Родиола розовая на европейском Северо-Востоке. Екатеринбург, 1998. 192 с.

19. Яремий И.Н. Григорьева Н.Ф. Гепатозащитные свойства экстракта родиолы жидкого // Эксперим. клинич. фармакол., 2002. № 6. С. 57-59.

20. In vitro protective effect of *Rhodiola rosea* extract against hypochlorous acid-induced oxidative damage in human erythrocytes / R. Sanctis, R. De Bellis, C. Scesa et al. // Biofactors, 2004. № 3. P. 147-159.

21. Kelly G.S. *Rhodiola rosea*: a possible plant adaptogen // Altern. Med. Rev., 2001. Vol. 6, № 3. P. 293-302.

22. *Rhodiola rosea* as antioxidant in red blood cells: ultrastructural and hemolytic behaviour / M. Battistelli, R. De Sanctis, R. De Bellis et al. // Eur. J. Histochem., 2005. Vol. 49, № 3. P. 243-254.

23. Rohloff J. Volatiles from rhizomes of *Rhodiola rosea* L. // Phytochemistry, 2002. Vol. 59. № 6. P. 655-661. ❖



КОМПОНЕНТЫ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА В ЛИСТВЕННО-ХВОЙНОМ НАСАЖДЕНИИ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ

к.б.н. Т. Пристова

н.с. отдела лесобиологических проблем Севера
E-mail: pristova@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 50 03

Научные интересы: средняя тайга, углеродный цикл, лиственно-хвойное насаждение

В конце XX в. проблема глобального потепления климата в связи с увеличением концентрации парниковых газов в атмосфере привлекла внимание исследователей к изучению роли лесов как аккумуляторов атмосферного углерода. Большое значение в отношении круговорота углерода отведено таежным (бореальным) лесам.

Оценка углеродного пула в лесных экосистемах представляет собой прежде всего оценку фитомассы древостоев (NPP) [25]. В целом для определения роли лесов в глобальном углеродном цикле в качестве интегральной оценки применяется показатель годичного депонирования углерода (разность между количеством углерода, запасаемым в первичной неттопродукции с ежегодным опадом и отпадом), которое расходуется на годичное увеличение фитомассы и по сути отражает годичную продукцию фотосинтеза [6, 7]. Молодняки и средневозрастные насаждения отличаются высоким уровнем годичного депонирования углерода и выполняют углеродпродуцирующие функции [10]. Связывание атмосферного углерода – функция молодых, растущих лесов, способных создавать чистую продукцию [24]. На территории северного региона (Архангельской, Вологодской и Мурманской областей, республик Коми и Карелия) мелколиственные леса занимают 13.8 млн га [12], из них 5.1 млн га сосредоточено на территории Республики Коми, что соответствует 18 % ее лесопокрытой площади [11]. Оценка за-

пасов органического углерода в почве большинством исследователей ограничивается метровым слоем, так как для большинства почв этим слоем ограничивается гумусированная толща [29]. В задачи исследований входило рассмотрение основных этапов круговорота углерода: продуцирование органического углерода растительностью, поступление его с опадом на поверхность почвы, минерализация растительных остатков, аккумуляция в подстилке и почве, вымывание органического углерода из крон деревьев и водная миграция в почве.

Объект и методика

Исследования выполнены в средней подзоне тайги на территории Ляльского лесозоологического стационара Института биологии Коми НЦ УрО РАН (62°17' с.ш., 50°40' в.д.) в 45-летнем лиственно-хвойном насаждении разнотравно-черничного типа, возникшем на вырубке с огневой очисткой. Древостой характеризуется составом 53Ос40Б4С3Е (состав древостоя рассчитан по запасу древесины), II класса бонитета, полнота 1.03, запас древесины 270 м³/га. Средняя высота древостоя – 16.9 м, диаметр – 14.5 см. Всего на 1 га насчитывается 1675 деревьев, в том числе березы – 965, осины – 535, сосны – 40, ели – 135. Древостой находится в стадии интенсивного развития. Подлесок редкий и состоит из *Salix pentandra*, *S. caprea*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia* и *Lonicera pallasii*. Подрост хорошо развит (1320 экз./га). Состав подроста

91Е40с2Б2Пх1С. Ель здоровая, разной высоты, в перспективе она займет господствующее положение в древостое. Проективное покрытие растений травяно-кустарничкового яруса составляет 40-50 %. В нем доминируют черника, майник, седмичник, золотая розга, подмаренник. Моховой покров с покрытием 50-60% составляют кукушкин лен и зеленые мхи. Почва – иллювиально-железистый малогумусовый подзол на флювиогляциальных песках, подстилаемых моренными слабокарбонатными суглинками.

Содержание углерода (С) в почве рассчитывали на толщину 0-100 см с использованием показателя плотности почвы (S_b) по формуле [14]: $C_{[mга^{-1}]} = C \% S_b h$, где S_b (г/см³) – плотность почвы, h – мощность слоя почвы (см), в котором сосредоточен запас углерода. Фитомассу и прирост надземной части древесных растений определяли методом модельных деревьев [15, 26]. Для определения массы и прироста корней древесных растений, кустарничков и травянистых растений применяли метод монолитов [16]. Массу растений напочвенного покрова учитывали методом укоса на площадках размером 400 см² в 40-кратной или 878.9 см² в 20-кратной повторностях. Количество опада растений древесного яруса определяли 20 опадоулавливателями размером 50×50 см. Массу подстилки определяли методом шаблонов: площадью 78.5 см² в 40-кратной повторности или площадью 878.9 см² в 20-кратной повторности [8, 21]. Углерод в растительных образцах и

Таблица 1

Содержание углерода в фитомассе лиственно-хвойного-насаждения

Компонент фитомассы	Концентрация органического углерода, %	Фитомасса, кг·га ⁻¹	Прирост	Опад, отпад		Истинный прирост
				кг·га ⁻¹ ·год ⁻¹		
Береза	–	37.26	2.46	1.56		1.04
древесина	45.87	23.31	0.78	0.12		0.66
кора	43.18	2.87	0.00	0.04		0.00
ветви	43.48	2.43	0.16	0.13		0.03
листья	43.85	0.61	0.61	0.7		0.00
корни	48.98	8.04	0.92	0.57		0.35
Осина	–	31.18	3.01	1.51		1.67
древесина	43.26	20.59	1.54	0.08		1.45
кора	47.16	2.15	0.02	0.14		0.00
ветви	43.26	2.44	0.10	0.06		0.04
листья	43.45	1.02	1.02	1.07		0.00
корни	46.13	4.98	0.33	0.16		0.17
Ель	–	4.18	0.32	0.15		0.18
древесина	47.55	1.24	0.10	0.01		0.10
кора	48.70	0.21	0.01	0.005		0.01
ветви	48.23	0.92	0.06	0.02		0.04
хвоя	45.65	0.90	0.07	0.06		0.02
корни	47.52	0.90	0.08	0.05		0.02
Сосна	–	3.06	0.14	0.2		–0.06
древесина	46.39	2.03	0.03	0.02		0.01
кора	44.35	0.12	0.00	0.01		–0.01
ветви	45.08	0.27	0.02	0.05		–0.02
хвоя	47.78	0.10	0.03	0.1		–0.07
корни	49.48	0.54	0.05	0.02		0.02
Кустарнички	50.83	0.4	0.08	0.06		0.02
Травы	44.63	0.43	0.3	0.28		0.02
Мхи	43.21	0.19	0.05	0.04		0.01
Всего	–	76.69	6.36	4.57		2.84
Подстилка	58.50	14.58	0	0		0
Итого	–	91.27	6.36	4.57		2.84

Примечание: прочерк – не определяли.

подстилке определялся методом газовой хроматографии на автоматическом HCNS-O анализаторе ANA-1500 (Carlo Erba, Италия). Органический углерод в атмосферных осадках и лихиметрических водах – бихроматно-потенциметрически на измерителе ХПК III-05 (Россия).

Результаты и обсуждение

Концентрация углерода в компонентах биогеоценоза. Согласно нашим исследованиям, содержание органического углерода в отдельных фракциях лиственных древесных растений варьирует от 43 до 49, хвойных – от 45 до 50 % (табл. 1). Для хвойных насаждений Республики Коми приводятся довольно близкие результаты – 44.6-53.1 % [2]. Выявлен ряд особенностей для отдельных древесных пород. Содержание углерода в древесине березы и ели выше, чем в их ассимилирующих органах. Осина характеризуется относительно высоким содержанием углерода в стволовой коре. В корнях березы содержание углерода выше, чем в других органах растения.

Содержание углерода в растущих органах для большинства древесных растений ниже, чем в опаде. Это различие может составлять от 0.5 до 7 %. Более всего оно проявляется для ассимилирующих органов растений, менее – для древесины, корней и коры. В растениях напочвенного покрова содержание углерода варьирует от 43 до 54 %, составляя в среднем для кустарничков 46, трав и мхов – 43, разнотравья – 44.6 % сухого вещества (табл. 2). Для хвойных фитоценозов Республики Коми концентрация углерода в растениях травяно-кустарничкового яруса приблизительно такая же – 41.9-53.4 %, однако для мхов несколько выше – 44.6-53.1 % [2], что, по-видимому, связано с различием в видовом составе мохового яруса между хвойными и лиственно-хвойными фитоценозами.

Содержание углерода в лесной подстилке определяется многими факторами, главными из которых являются концентрация углерода в исходном растительном опаде и интенсивность его разложения. Подстилка, в отличие от растительного опада, характеризуется относительно низким показателем содержания органического углерода – 34.4±4.8 %. Однако, концентрация углерода в подстилке изменяется в довольно широких пределах – от 23.5 до 46.8 %. Это связано с тем, что для верхнего подгоризонта А01

этот показатель выше, чем для А02, в среднем на 10 %. Верхний слой подстилки содержит большое количество неоднородных растительных остатков, поэтому концентрация углерода в нем довольно близка к растительному опаду. Нижний слой подстилки состоит из более однородной и разложившейся массы, поэтому уровень концентрации углерода здесь ниже. Величина коэффициента вариации (V = 12 %) указывает на устойчивость данного показателя в пределах экосистемы (табл. 3).

Запасы органического углерода в фитомассе. Общий запас органического углерода в биомассе растений и подстилке составляет 91.27 тС·га⁻¹ (табл. 1). В древесной растительности содержится 75.67, подстилке – 14.58, растениях напочвенного покрова – 1.02 тС·га⁻¹. Основная масса органического углерода сосредоточена в стволовой древесине – около 57 %. В корнях содержится 20, подстилке – 19, листьях – 3, растениях травяно-кустарничкового и мохового ярусов – 1 % всего

количества органического углерода, заключенного в биоценозе. Соотношение, приводимое для лесных насаждений Карелии, приблизительно сходное, значительное различие касается лишь стволовой древесины, в которой запасы составляют 70-72 % [27]. Для березово-соснового молодняка северной тайги в условиях Республики Коми запас углерода в фитомассе значительно ниже и составляет 18.82 тС·га⁻¹ [1]. Для средней тайги Европейско-Уральского макрорегиона, в целом для территории, плотность углерода составила 45.7±2.9 т·га⁻¹, при этом для лиственных насаждений среднетаежной зоны России этот показатель составляет от 37±4 до 44±11 т·га⁻¹ [10]. По данным А.С. Исаева с соавторами [17], для этого макрорегиона приводятся более высокие показатели: в средневозрастных насаждениях – 56.35 тС·га⁻¹, лиственных – от 46.56 до 74.50 тС·га⁻¹. Таким образом, полученные нами данные находятся приблизительно в рамках оценок депонирования углерода, приводимых в литературе для средней тайги.

Таблица 2

Содержание углерода в растениях напочвенного покрова, % абсолютно сухого вещества

Жизненная форма, вид	Содержание углерода
Кустарнички	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	
листья	53.78
побеги	51.07
корни	46.66
<i>V. vitis-idaea</i>	
листья	54.05
побеги	52.76
корни	46.66
Травы	
<i>Geranium sylvaticum</i>	42.78
<i>Agrostis tenuis</i>	43.01
<i>Hieracium umbellatum</i>	43.20
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	43.38
<i>Solidago virgaurea</i>	43.88
<i>Chamerion angustifolium</i>	46.24
<i>Deschampsia caespitosa</i>	41.70
Разнотравье (надземные органы)*	44.63
Корни	44.13
Мхи	
<i>Polytrichum commune</i>	42.86
<i>Pleurozium shreberi</i>	43.56

* Смешанный образец.

Большое количество углерода (62 %), накопленного в стволовой древесине, надолго исключает его из общего круговорота, так как этот углерод «законсервирован» и не может активно использоваться биогеоценозом. Поэтому для характеристики годичного цикла круговорота углерода наиболее важными являются ассимилирующие органы деревьев и растения травяно-кустарничкового яруса, обеспечивающие динамичное вовлечение его в обмен веществ. Ежегодно древесные растения фиксируют в приросте 6.11 тС·га⁻¹·год⁻¹, в том числе листья осины и березы – 1.63, хвоя сосны и ели значительно меньше – 0.1 тС·га⁻¹ (табл. 1). Остальные 4.38 т·га⁻¹ органического углерода сосредоточены в малоактивном «фонде углерода» – ветвях, древесине и коре. Этот углерод вовлекается в годичный цикл в незначительных количествах, так как, занимая небольшую долю в общей массе древесного опада, он находится

в составе труднорастворимых его компонентов. В годичном древесном опаде сосредоточено 2.24 тС·га⁻¹·год⁻¹ углерода, в том числе в его активной части – 1.93, неактивной – 0.31 тС·га⁻¹·год⁻¹ (табл. 1). Количество углерода, потребляемого растениями на прирост, в два раза превышает его количество, поступающее ежегодно с растительным опадом. С листьями осины на поверхность почвы поступает 1.07, березы – 0.61 тС·га⁻¹·год⁻¹, из них высвобождается 0.50 и 0.30 т·Сга⁻¹·год⁻¹ соответственно (табл. 4). Накопление органического углерода в биомассе растений напочвенного покрова в целом небольшое – 1012 кгС·га⁻¹·год⁻¹ (табл. 1), однако благодаря ежегодному отмиранию всей надземной части растений поступление органического углерода на поверхность почвы относительно высокое – 0.38 т·Сга⁻¹·год⁻¹ (табл. 4). Разнотравье отличается наиболее высоким содержанием углерода по сравнению с другими растениями. В его опаде содержится 0.28 тС·га⁻¹·год⁻¹ органического углерода, а высвобождается 0.24 т·Сга⁻¹·год⁻¹, что сопоставимо с поступлением органического углерода в результате разложения листьев березы и осины. Высокий уровень гумификации органического углерода, характерный для разнотравья, связан с высоким содержанием легкоразрушающихся белковых веществ.

Согласно исследованиям, проведенным в подзолистых почвах средней тайги Республики Коми, установлено, что распад растительного материала происходит в основном при участии микроартропод и микроорганизмов, представленных бактериальной группой и грибами [22, 23]. Известно, что основными деструкторами органического углерода в лесных экосистемах являются микроскопические грибы [13]. В процессе разложения опада и подстилки выделяется СО₂, который

используется растениями для фотосинтеза. До 90 % потери углерода в результате разложения опада происходит в газообразной форме. Кроме того, часть углерода в процессе микробной трансформации растительных остатков аккумулируется непосредственно в микробной массе [20].

Интенсивность разложения углерода (ΔС) в процессе деструкции растительных остатков на поверхности почвы исследуемого фитоценоза составляет 1.63 тСга⁻¹·год⁻¹ (табл. 4). Константа скорости разложения (k) для растительного опада составляет 0.25 год⁻¹. Для таких компонентов опада, как листья березы, осины и кустарнички (черника и брусника) данный показатель составляет 0.24-0.25 год⁻¹. Для злаков k примерно в 2.0, разнотравья – в 3.5 раза выше, чем в листовом опаде. Среди исследуемых компонентов опада мхи отличаются наиболее низкой константой скорости разложения. Согласно ранее проведенным исследованиям, скорость разложения компонентов растительного опада определяется также соотношением С/Н, отражающим биохимический состав [28]. Чистая продукция фитомассы (NPP) для данной экосистемы составляет 2.88 тС·га⁻¹·год⁻¹ (табл. 1). Довольно близкие показатели приводятся для культур осины и березы (25-летнего возраста) – от 2.09 до 1.23 тС·га⁻¹·год⁻¹ [3]. Более низкие показатели приводятся для подзоны северной тайги Республики Коми. Так, 30-летние березово-сосновые молодняки голубично-черничного типа аккумулируют в истинном приросте 1.08 тС·га⁻¹·год⁻¹ [1]. Для лесов Европейско-Уральской части России годичное депонирование углерода в средневозрастных лиственных насаждениях – 0.9 тС·га⁻¹·год⁻¹ [8]. Количество углерода, накапливаемого в подстилке, составляет 14.58 тС·га⁻¹ (табл. 1). Для 40-летних ельников черничных, произрастающих на иллювиально-гумусово-железистых подзолах, в условиях Карелии этот показатель составляет 18.6 тС·га⁻¹ [27].

Водная миграция углерода. С атмосферными осадками поступает незначительное количество органического углерода. Его высокая концентрация в осадках, проникающих сквозь полог древостоя, обусловлена процессами выщелачивания и смыва веществ с поверхности листьев, ветвей и других частей деревьев. Существует мнение, что вымывание органического углерода из крон осадками игра-

Таблица 3

Концентрация углерода в почве лиственно-хвойного насаждения, %

Горизонт	Глубина, см	n	M	S _x	M _x	T _{0.95}	V, %
A0	0-5	11	58.5	8.90	7.00	5.20	12
A2	5-15	11	0.80	0.40	0.30	0.20	38
B _f	15-38	10	0.90	0.80	0.60	0.50	67
B1	38-50	10	0.50	0.15	0.11	0.10	22
B2	50-60	11	0.36	0.07	0.05	0.04	14

ет определенную роль в пополнении запасов органического вещества в почве. Вклад в годичный цикл круговорота углерода осадков в среднем составляет 37.4 кгС·га⁻¹ органического углерода [19]. В зависимости от года исследований этот показатель варьирует от 31.7 до 54.4 кгС·га⁻¹. Практически весь этот углерод поступает в теплое полугодие, т.е с жидкими атмосферными осадками. В снеговых водах органический углерод практически отсутствует. Выявлено, что в летний период из крон деревьев вымывается больше органического углерода, чем в осенний. Наибольшее количество углерода содержится в осадках, проникающих под кроны сосны и ели. В осадках, поступающих в межкрупные пространства, содержание углерода минимально. Поступление органического углерода с кронными водами определяется видом древесного растения, сезоном и погодными условиями года.

Водная миграция органического углерода имеет ряд особенностей. Основным источником органического углерода в исследуемой почве является лесная подстилка, из которой углерод медленно высвобождается и выносится за ее пределы в процессе внутрипрофильной миграции. Из подстилочного горизонта в течение вегетационного сезона вымывается до 96.0 кг·га⁻¹ органического углерода, из подзолистого и иллювиального – около 30.0, из В1 – 5.5 кг·га⁻¹. Таким образом, около 94 % органического углерода, вымываемого из подстилки, закрепляется в горизонтах В_г и В1.

Помимо органического углерода кронные и лизиметрические воды содержат неорганический углерод, содержащийся в составе гидрокарбонатов. В химическом составе лизиметрических вод среди анионов гидрокарбонаты доминируют. Согласно нашим оценкам, с атмосферными осадками поступает около 5.0, подстилочными водами – 1.0 кгС·га⁻¹ неорганического углерода. За пределы горизонта В1 выносится в среднем 0.7 кгС·га⁻¹. Таким образом, около 30 % неорганического углерода, вымываемого из подстилки, закрепляется в вышележащих горизонтах почвы. Суммарное количество углерода (органического и неорганического), поступающего на поверхность почвы с кронными водами, составляет 42.4, с подстилочными – 97 кгС·га⁻¹. В конечном итоге, за пределы контактного горизонта В1 в течение вегетационного сезона выносятся 6.2 кгС·га⁻¹.

Запасы углерода в почве. Подзолистые почвы Севера характеризуются резким перераспределением органического вещества в почвенном профиле: его содержание резко уменьшается от горизонта А0 к А2, затем резко возрастает в горизонте В_н и от верхней его границы быстро убывает вниз [5, 16]. По характеру образования и распределения гумус иллювиальный. Гумусовые вещества формируются в подстилке в процессе разложения и в периоды весенне-осеннего переувлажнения мигрируют в виде гумусовых соединений и их комплексов с поливалентными металлами в минеральную часть почвы [5].

Концентрация углерода в минеральной части исследуемой почвы в зависимости от горизонта варьирует от 0.36±0.05 % в горизонте В2 до 0.90±0.60 % в иллювиальном горизонте В_г (табл. 3). В В_г концентрация углерода отличается значительным варьированием (V = 67 %), что свидетельствует о неустойчивости показателя и его динамичности в этом профиле почвы. Следует отметить, что в А2 содержание углерода более высокое, чем в нижележащих горизонтах почвы (за исключением В_г). Согласно В.В. Пономаревой [18], это связано с недостаточно высокой химической выветренностью этого горизонта в природных условиях Севера, а также в более выраженной степени промытости или эллювиальности горизонта А2 по сравнению с А0 или А1. Формирование маломощного осветленного подзолистого горизонта А2, расположенного под подстилкой, – характерная особенность таежных почв. Этот горизонт является зоной максимального взаимодействия между растительно-

Таблица 4
Запасы органического углерода в почве лиственнично-хвойного насаждения

Глубина, см	Масса углерода, т га ⁻¹	Запас в метровом слое, %	
		включая подстилку	без подстилки
0-3	6.27 ± 1.15	7.4	0
3-5	8.35 ± 1.54	9.8	0
5-20	16.36 ± 0.27	19.3	23.3
20-30	10.88 ± 0.30	12.8	15.5
30-35	7.02 ± 0.27	8.3	10.0
35-45	3.55 ± 0.12	4.2	5.1
45-55	8.50 ± 0.43	10.0	12.1
55-75	11.76 ± 0.08	13.9	16.7
75-85	4.95 ± 0.06	5.8	7.05
85-90	2.42 ± 0.04	2.9	3.5
90-100	4.79 ± 0.05	5.6	6.8
Всего (0-100)	84.85 ± 4.30	100.0	100.0

стью и почвой, максимальной коренасыщенности и биологической активности [5].

Запасы углерода в верхнем метровом слое почвы исследуемого насаждения составляют 84.85±4.30 тСга⁻¹ (табл. 5). В условиях Республики Коми в почвах среднетаежных ельников этот показатель составляет 96.5±34.8 тСга⁻¹ [9]. Запасы органического углерода под насаждениями лиственных пород в условиях средней тайги приблизительно такие же – 94±6 тСга⁻¹ [28].

В подстилке исследуемого насаждения накапливается 14.62±2.69 тСга⁻¹. Довольно близкие показатели приводятся для 40-летнего ельника черничного, произрастающего на аналогичных почвах в условиях средней тайги Республики Карелия – 11.4 тСга⁻¹ [27]. Распределение запасов органического вещества в почве неравномерно. Около половины его накапливается в верхнем 30 см слое почвы (41.9 тСга⁻¹). По данным Н.Г. Федорца и О.Н. Бахмет [27], для 40-летнего ельника запасы углерода в этом слое почвы около 30 тСга⁻¹. Однако, согласно О.В. Честных с соавторами [28], в 30-сантимет-

Таблица 5
Изменение количества углерода в процессе деструкции растительного опада

Компонент опада	Запасы углерода в период разложения, кгСга ⁻¹ (%)		Интенсивность разложения, ΔС, кгСга ⁻¹ год ⁻¹ (% год ⁻¹)	Константа скорости разложения k, год ⁻¹
	начало, С ₀	конец, С _t		
Листья				
береза	703.34	402.75 (57.26)	300.59 (42.74)	0.242
осина	1191.45	689.26 (57.85)	502.19 (42.15)	0.237
Разнотравье	280.22	39.48 (14.09)	240.74 (85.94)	0.851
Кустарнички	15.32	8.62 (56.27)	6.70 (43.73)	0.250
Злаки	1.72	0.45 (26.16)	1.27 (73.84)	0.582
Мхи	42.00	35.07 (83.50)	6.93 (16.50)	0.078
Всего опада	3767	2142 (56.86)	1625 (43.14)	0.245

ровом слое березняков накапливается значительно больше углерода – $75 \pm 19 \text{ тСга}^{-1}$, или 80 % общих запасов.

Заключение

Исследования углеродного цикла выявили, что средневозрастное листовечно-хвойное насаждение аккумулирует в фитомассе 76.7 тСга^{-1} , ежегодно депонируя $2.9 \text{ тСга}^{-1} \text{ год}^{-1}$ чистой продукции. Более 60 % углерода, накопленного в стволовой древесине, надолго исключается из круговорота углерода, так как этот углерод «законсервирован» и не может активно использоваться биогеоценозом. В годичном цикле углерода ведущая роль принадлежит ассимилирующим органам деревьев и растениям травяно-кустарничкового яруса. Несмотря на то, что листья (хвоя) и растения напочвенного покрова содержат не более 35 % углерода, фиксируемого в приросте фитоценоза, доля их участия в годичном опаде составляет 62 %. При этом около 90 % углерода, поступающего с этими фракциями растительного опада, высвобождается в течение одного года. Высокая скорость высвобождения органического углерода в процессе деструкции органического вещества этих компонентов опада связана с высокими показателями константы разложения и низким значением соотношения C/N.

Участие атмосферных осадков в годичном цикле углерода определяется процессами вымывания органического вещества из растительности и составляет в среднем 37.4 кгСга^{-1} . Практически весь этот углерод поступает в теплое полугодие. В процессе водной миграции из подстилки в течение вегетационного сезона вымывается до 96 кгСга^{-1} органического углерода, значительная часть которого (94 %) закрепляется в горизонтах V_1 и B_1 . В годичном цикле углерода также участвует неорганический углерод. В атмосферных осадках и лизиметрических водах он содержится в виде гидрокарбонатов. Его участие в водной миграции углерода значительно ниже, чем органического.

Согласно нашей оценке, запасы углерода в метровом слое иллювиально-железистого малогумусового подзола составляют $84.85 \pm 4.30 \text{ тСга}^{-1}$, что ниже тех показателей, которые приводятся для спелых среднетаежных ельников Республики Коми [9]. Установлено, что количество углерода, потребляемого растениями на прирост, в два раза превышает его содержание в растительном опаде и отпаде. Это

позволяет нам сделать вывод о стоке углерода исследуемым производным листовечно-хвойным насаждением. В целом это подтверждает имеющиеся в литературе данные о роли молодняков и средневозрастных насаждений в секвестре CO_2 [10].

Выражаю глубокую благодарность и признательность К.С. Бобковой и И.В. Забоевой за консультативную помощь и поддержку, сотрудникам отдела лесобиологических проблем Севера А.И. Патову и С.П. Швецову за оказанную помощь в сборе экспериментального материала, а также сотруднику экоаналитической лаборатории Института биологии Коми НЦ УрО РАН А.М. Естафьевой за проведение химического анализа растительных и почвенных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность и компоненты баланса углерода в молодняках сосны // Лесоведение, 2005. № 6. С. 1-9.
2. Бобкова К.С., Тужилкина В.В. Содержание углерода и калорийность органического вещества в лесных экосистемах Севера // Экология, 2001. № 1. С. 69-71.
3. Ведрова Э.Ф., Спиридонова Л.В., Стаканов В.Д. Круговорот углерода в молодняках основных лесообразующих пород Сибири // Лесоведение, 2000. № 3. С. 40-48.
4. Динамика пулов и потоков углерода на территории лесного фонда России / Д.Г. Замолдчиков, А.И. Уткин, Г.Н. Коровин и др. // Экология, 2005. № 5. С. 323-333.
5. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. С. 131-147.
6. Заварзин Г.А. Цикл углерода в природных экосистемах России // Природа, 1994. № 7. С. 15-18.
7. Исаев А.С. Углерод в лесных экосистемах // Природа, 1994. № 7 (947). С. 18-22.
8. Карпачевский Л.О., Киселева Н.К. О методике учета опада и подстилки в смешанных лесах // Лесоведение, 1998. № 1. С. 50-59.
9. Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции. СПб.: Наука, 2006. 337 с.
10. Леса России как резервуар органического углерода биосферы / А.И. Уткин, Д.Г. Замолдчиков, О.В. Честных и др. // Лесоведение, 2001. № 5. С. 8-23.
11. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми. М., 2000. 512 с.
12. Лесной фонд России (справочник). М., 1998. С. 53.
13. Микробиологическая трансформация растительных остатков и динамика углерода в бореальных лесах Сибири / Н.Д. Сорокин, С.Г. Про-

кушкин, Н.В. Пашенова и др. // Лесоведение, 2003. № 5. С. 18-24.

14. Моделирование динамики органического вещества почв / А.В. Смагин, Н.Б. Садовникова, М.В. Смагина и др. М., 2001. 120 с.

15. Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 99 с.

16. Орлов А.Я. Метод определения массы корней деревьев в лесу и возможность учета годичного прироста органической массы в толще лесной почвы // Лесоведение, 1967. № 1. С. 64-70.

17. Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин и др. // Лесоведение, 1993. № 6. С. 3-10.

18. Пономарева В.В. Теория подзолообразовательного процесса. М.-Л.: Наука, 1964. 380 с.

19. Пристова Т.А. Кислотность и химический состав почвенных вод иллювиально-железистого подзола листовечно-хвойного насаждения средней тайги. Сыктывкар, 2005. 26 с. – (Сер. Науч. докл. / Коми НЦ УрО РАН; Вып. 468).

20. Распределение запасов органического углерода в почвах лесов России / О.В. Честных, Д.Г. Замолдчиков, А.И. Уткин и др. // Лесоведение, 1999. № 2. С. 13-21.

21. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 143 с.

22. Смоленцева Н.Л. Роль почвенных животных и микроорганизмов в разложении опада сосново-елового насаждения средней тайги // Экология роста и развития сосны и ели на северо-востоке европейской части СССР. Сыктывкар, 1979. С. 104-116.

23. Стенина Т.А. Микрофлора почв // Почвы Коми АССР и пути повышения их плодородия. Сыктывкар, 1963. С. 34-40.

24. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.

25. Усольцев В.А., Сальников А.А. Новый метод оценки запасов органического углерода в лесных экосистемах // Экология, 1998. № 1. С. 3-13.

26. Уткин А.И. Биологическая продуктивность лесов // Лесоведение и лесоводство. М.: Наука, 1975. Т. 1. С. 9-190.

27. Федорев Н.Г., Бахмет О.П. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. Петрозаводск, 2003. 240 с.

28. Шиханова Т.А. Формирование лесной подстилки в хвойно-мелколиственном насаждении средней тайги // Лесоведение, 2000. № 6. С. 33-39.

29. Organic carbon and nitrogen stocks and storage profiles in cool, humid soils of eastern Canada / M.R. Carter, D.A. Angers, E.G. Gregorich et al. // Can. J. Soil Sci., 1997. Vol. 77. P. 205-210.

❖



ПОВЕДЕНИЕ КАДМИЯ В СИСТЕМЕ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ НА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

д.с.-х.н. **Г. Елькина**
с.н.с. отдела почвоведения
E-mail: elkina@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы: *минеральное питание, микроэлементы, тяжелые металлы*



Л. Адамова
вед. инж.-химик экоаналитической
лаборатории

Научные интересы: *аналитическая химия, микроэлементный анализ*

Изучение загрязнения биосферы в целом и отдельных ее компонентов тяжелыми металлами (ТМ) является одной из насущных проблем охраны окружающей среды. Установлены тесные связи между содержанием ТМ в почве, растениях, тканях животных и уровнем заболевания человека [3, 12]. Последствия загрязнения окружающей среды сказываются, прежде всего, на почве и растениях, а представляющие опасность для человека пищевые цепи начинаются с загрязнения продукции растениеводства. Большинство исследователей [6, 10] относят кадмий к наиболее сильным токсикантам. Но в то же время Ю.П. Мельничук [7] приводит разнонаправленное (активация или ингибирование) действие ионов кадмия на растительную клетку в зависимости от дозы и фазы клеточного цикла.

В связи с высокой токсичностью кадмия и низкой устойчивостью почв подзолистого типа к возрастающей техногенной нагрузке актуально изучение его поведения в системе почва–растения. Неоднородность почвенного покрова, различия почв по физико-химическим свойствам предопределяют региональный подход по выявлению нагрузок ТМ на агроландшафты [6, 11]. Цель работы – изучение воздействия возрастающего содержания кадмия в почве на продуктивность однолетних трав и транслокацию его в растениеводческую продукцию.

Объекты и методы исследований

Исследования проведены в пригороде Сыктывкара на легкосуглинистой пахотной подзолистой почве со следующей агрохимической характеристикой: рН – 5,7, содержание гумуса – 1,9 %, сумма обменных оснований – 6,1, гидролитическая кислотность – 2,6 ммоль/100 г, азот гидролизующий – 4,9 мг/100 г, содержание подвижных фосфора – 28,5 и калия – 12,2 мг/100 г (по Кирсанову).

Фитотоксичность кадмия изучали в микрополе-вом опыте, для которого была подготовлена серия из десяти сосудов с возрастающими концентрациями элемента. Разное содержание кадмия достигали путем смешивания загрязненной почвы, в которую за пять лет до начала эксперимента был внесен CdCl₂ с «чистой». Образец весом 10 кг помещали в полиэтиленовые сосуды без дна (диаметр – 20, высота – 30 см), которые зарывали в траншеи. Применение ранее загрязненной почвы позволило исключить влияние иона хлора, поступившего с хлористым кадмием. Кроме того, сократилось время для установления равновесия форм элемента в почве. В естественных условиях равновесие устанавливается не ранее, чем через три года [11]. В качестве тестовой культуры использовали однолетние травы. В сосуд высеивали по 15 семян гороха и овса, оставляя впо-

следствии по десять растений. Учет биомассы и анализы на содержание элементов осуществляли отдельно для гороха и овса.

Валовое содержание кадмия в почвах определяли методом атомной абсорбции на приборе фирмы «Hitachi» (модель 180-80 Z) после разложения смесью азотной, фтористоводородной и хлорной кислот. Наряду с валовым содержанием анализировали подвижные формы, переходящие в 1 М HCl и ацетатно-аммонийный буфер (вытяжка Н.К. Крупского и А.М. Александровой). Определение ТМ в растениях осуществляли после разложения смесью азотной кислоты и перекиси водорода на СВЧ-минерализаторе «Минотавр-1» методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ПНДФ 16.1:2.3:3.11-98).

Результаты исследований

Содержание кадмия в незагрязненных почвах обусловлено рядом факторов, основными из которых являются их содержание в материнской породе, направленность и интенсивность почвообразовательного процесса [2, 10]. Валовое содержание кадмия в незагрязненных почвах региона невысокое. Однако в кислых подзолистых почвах, преобладающих в регионе, он отличается высокой подвижностью: 1 М HCl извлекает 20-60, ацетатно-аммонийный буфер – 5-20 % валового количества. Высокая мобильность приводит к вымыванию кадмия из верхних горизонтов. Минимум его приходится на подзолистый горизонт, он же более обременен подвижными соединениями кадмия. Наиболее высокое содержание характерно для иллювиальных горизонтов. Количество кадмия, переходящее в ацетатно-аммонийный буфер, выше в гумусово-аккумулятивном горизонте, где он в большей мере представлен подвижными соединениями с органическим веществом. Значительных изменений в валовом содержании кадмия, связанных с сельскохозяйственным использованием, нами не установлено, но в пахотных почвах его подвижность по сравнению с целинными почвами выше.

Валовое содержание кадмия в незагрязненной почве (контроль) было низким – 0,1 мг/кг. В максимално загрязненной почве его количество достигло 5,6 мг/кг, что выше ориентировочно-допустимых (ОДК) для кислых суглинистых почв и предельно-допустимых (ПДК) концентраций, равных соответственно 1 и 3 мг/кг.

Загрязнение почв приводит к существенным изменениям их естественного распределения. Поступившие металлы вступают в реакции ионного обмена, сорбции-десорбции, соосаждения-растворения, комплексообразования [8]. В наших исследованиях с увеличением общего содержания кадмия произо-

шел значительный рост подвижных форм: если из почвы контроля 1 М НСl извлекала 18, а ацетатно-аммонийный буфер – 5 %, то из максимально загрязненной – соответственно 80 и 96 %. Особую озабоченность вызывает рост соединений, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером, относительное количество которых увеличилось почти в 20 раз. В почвах с высокой степенью загрязнения преобладали наиболее опасные с экологической точки зрения мобильные соединения металла. Связь между относительным количеством экстрагируемых соединений кадмия и валовым его содержанием с высокой аппроксимацией ($R^2 = 0.94$, 1 М НСl; $R^2 = 0.95$, а.а.б.) описывает логарифмическая зависимость. Отсутствие пропорциональных связей между показателями свидетельствует о необходимости оценки загрязнения почв не только по валовому содержанию, на которое опираются нормативы, но и по наличию подвижных форм кадмия.

Возрастание доли экстрагируемых соединений кадмия вследствие изменившегося равновесия между количеством элемента в твердой фазе почвы и почвенном растворе, на наш взгляд, связано со слабой буферностью подзолистых почв и физико-химическими особенностями самого элемента. Изменения в его подвижности превосходили таковые по меди и цинку [4, 5], хотя абсолютное содержание кадмия в загрязненной почве было ниже почти в 30 раз. Вследствие высокой подвижности кадмия в загрязненных почвах можно ожидать миграцию его с фульво- и гуминовыми кислотами [10].

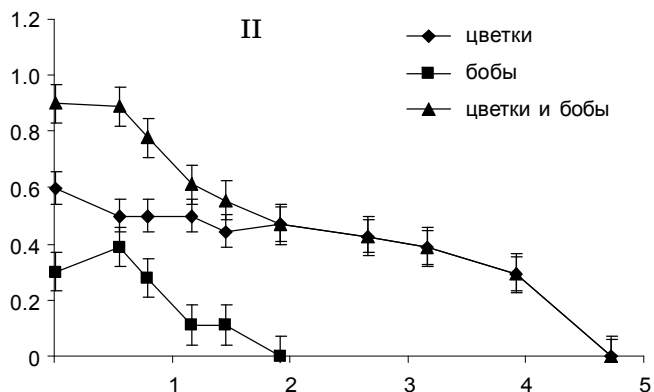
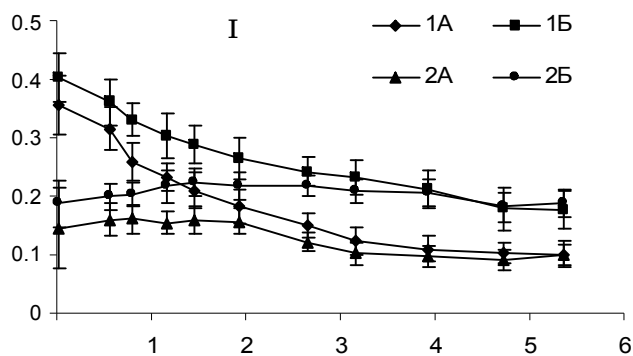
Толерантность трав к кадмию определялась концентрацией и спецификой растений. Начиная с первой концентрации, токсичный элемент ингибировал рост гороха (см. рисунок), со второй (0.8 мг/кг, 1 М НСl) – приводил к статистически значимому снижению продуктивности. Между величиной биомассы гороха и содержанием подвижных соединений кадмия в почве (1 М НСl, а.а.б.) установлена тесная отрицательная корреляция ($r = -0.85...-0.86$, $p < 0.001$). На второй год токсическое действие низких концентраций кадмия проявилось в меньшей мере. Произошла некоторая стабилизация соединений за счет разбавления загрязненной почвы «чистой». Овес по сравнению с горохом был более толерантен, угнетение, особенно на второй год, было менее выражено. Снижение негативного действия кадмия установлено и при сравнении полученных

результатов с данными мелкоделяночного эксперимента, почва которого использовалась для исследований. Биомасса гороха в сосудах, заполненных максимально загрязненной кадмием почвой, на которой в год внесения (доза 3.3 мг/кг) произошла гибель двудольных, на шестой год составила 28, а на седьмой – 66 % контроля. Снижение продуктивности овса в первый год было равным 90, после шести лет – 45 %, а на седьмой год продуктивность мало отличалась от контроля. Снижение ингибирующего действия кадмия произошло вследствие закрепления элемента почвенно-поглощающим комплексом, частичного вымывания атмосферными осадками и отчуждения растениями.

Загрязнение кадмием негативно отразилось не только на биомассе трав, но и на генеративном развитии гороха (см. рисунок). При содержании элемента от 0.6 до 1.5 мг/кг (1 М НСl) к моменту уборки бобы сформировались лишь на отдельных растениях, при концентрации выше 1.5 мг/кг на трети растений имелись одни цветки, при более сильном загрязнении – 3.9 мг/кг и больше – цветки и бобы отсутствовали.

С ростом содержания кадмия в почве количество его в бобовом растении возросло с 0.8 до 136 мг/кг. Между величиной биомассы гороха и поступлением кадмия в растения установлена тесная обратная корреляция ($r = -0.93$, $p < 0.001$). Зависимость между транслокацией кадмия в горох и наличием подвижных соединений описывает логарифмическая зависимость: количество его в растениях увеличивалось менее интенсивно по сравнению с ростом подвижных форм. Растения сдерживали поступление токсичного элемента за счет корневой системы. Поступление кадмия в овес возрастало линейно, пропорционально концентрациям подвижных форм элемента ($r = 0.95...0.98$, $p < 0.001$), достигнув максимума при самом высоком уровне загрязнения. В биомассе гороха наиболее высокое его количество установлено при содержании валового кадмия 3.99 мг/кг.

О степени доступности элемента для растений и поведении его в системе почва–растение косвенно позволяет судить коэффициент биологического поглощения (КБП) как отношение количества элемента в растениях к содержанию его в почве. Согласно градации А.И. Перельмана [9], кадмий относится к группе элементов сильного биологического погло-



Влияние содержания подвижного кадмия в почве (мг/кг (1 М НСl); по оси абсцисс) на массу (I) одного растения (г; по оси ординат) гороха (А) и овса (Б) первого (1) и второго (2) года жизни и количество (II) репродуктивных органов одного растения гороха.

щения (КБП >1). Загрязнение почвы увеличило этот показатель. Рост концентрации кадмия в почве привел к изменениям в поглощении других элементов. Возрастало поступление цинка ($r = 0.82$, $p < 0.01$) в горох, но подавлялось поглощение меди ($r = -0.69$, $p < 0.05$). Овес при загрязнении кадмием содержал меньшее количество меди, свинца и кобальта.

На основе связей между содержанием элемента в почве, поступлением в растения и продуктивностью трав мы попытались определить допустимые границы загрязнения подзолистых почв кадмием при возделывании кормовых культур, учитывая при этом особенности растений. В результате выявили пороговое содержание кадмия (в том числе и подвижных форм) в почве, гарантирующее ненакопление токсичного элемента в товарной части продукции сверх максимально-допустимого уровня – МДУ [3] и не вызывающее снижение продуктивности растений. Концентрации, вызывающие 10 %-ное снижение биомассы гороха, составили 0.6 (валовое), 0.6 (1 М НСl) и 0.4 (а.а.б.) мг/кг, овса – соответственно 1.2, 0.8 и 0.6 мг/кг. Накопление сверх МДУ (0.3 мг/кг для кормовых трав естественной влажности) и в бобовом растении, и в злаке происходило при содержании, равном 0.6 (валовое), 0.6 (1 М НСl), 0.4 (а.а.б.) мг/кг. Эти значения и приняты за норму при возделывании кормовых культур на подзолистых почвах. Более жесткому нормированию должны быть подвергнуты почвы при «свежем» загрязнении. Единственное поступление кадмия в почву не должно превышать 0.3 мг/кг.

Показатели, вызвавшие ухудшение качества продукции и снижение продуктивности, оказались ниже ОДК и тем более ПДК. Исследования показали, что нормативы по кадмию не приемлемы для малобуферных подзолистых почв, прежде всего по транслокационному показателю. Необходимо также отметить, что фитотоксичность кадмия на подзолистых почвах наблюдалась при более низких концентрациях, чем приведены в литературе [11] для дерново-подзолистых почв центра Нечерноземья.

Таким образом, загрязнение почв кадмием вызвало непропорциональный рост мобильных соединений. На поведении его в системе почва–растение отразились специфика культур, содержание и время взаимодействия элемента с почвой. Предлагаемые нормативы по кадмию оказались выше коли-

чество, вызвавших токсическое содержание элемента в кормах и снижение биомассы. Вследствие этого при нормировании загрязнения кадмием и другими тяжелыми металлами необходим региональный подход, учитывающий показатели толерантности, транслокации и давности загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л., 1987. 142 с.
2. *Белякова Т.М., Дианова Т.М., Крамкова Т.В.* Медико-биохимические проблемы экологической безопасности населения России // Техногенез и биохимическая эволюция таксонов биосферы. М.: Наука, 2003. С. 275-288. – (Тр. Биогеохим. лаб.; Т. 24).
3. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. М., 1987. 2 с.
4. *Елькина Г.Я., Адамова Л.И.* Поведение меди в системе почва–растение на подзолистых почвах // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2007. № 9. С. 26-29.
5. *Елькина Г.Я., Адамова Л.И.* Поведение цинка в системе почва–растение на подзолистых почвах // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2008. № 12. С. 19-23.
6. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы в системе почва–растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
7. *Мельничук Ю.П.* Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. Киев: Наукова думка, 1990. 148 с.
8. *Мотузова Г.В.* Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. М., 1999. 168 с.
9. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высш. школа, 1975. 341 с.
10. Цинк и кадмий в окружающей среде. М.: Наука, 1992. 200 с.
11. *Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф.* Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 5. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. Пушино, 2001. 148 с.
12. Mechanisms of metal resistance in plants: aluminum and heavy metals / *L.V. Kochian, Pence N.S., D.L.D. Letham et al.* // Progress in plant nutrition. Food security and sustainability of agro-ecosystems through basis applied research: plenary lectures of the XIV Intrn. Plant Nutrition Colloquium (Hannover, Germany, 28 July-3 August, 2001). Dordrest-Boston-London: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 109-119. ❖

ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН совместно с научным советом РАН по проблемам радиобиологии, Российским радиобиологическим обществом и Международным союзом радиологов организует с 28 сентября по 1 октября 2009 г. в Сыктывкаре международную конференцию «**Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды**». Планируемая конференция проводится в год 50-летия отдела радиозологии Института биологии Коми научного центра УрО РАН.

К открытию конференции Институтом биологии будут выпущены в свет следующие издания:

1. Сборник материалов докладов.
2. Библиографический указатель публикаций отдела радиозологии (1959-2009 гг.).
3. Экспедиции отдела радиозологии (1959-2009 гг.).
4. Биографические очерки сотрудников отдела радиозологии (1959-2009 гг.).
5. Книга воспоминаний о работе сотрудников отдела радиозологии в зоне аварии на Чернобыльской АЭС (1986-2007 гг.).



**ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКОЛОГО-ЛАНДШАФТНОГО МОНИТОРИНГА
ВДОЛЬ ТРАССЫ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**



Т. Евдокимова
с.н.с. лаборатории биологии почв
и проблем природовосстановления
E-mail: tevdokimova@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 12 47

Научные интересы: *интегральная оценка экологической обстановки, оценка воздействий на окружающую среду, экологический мониторинг*



к.б.н. **Е. Кузнецова**
с.н.с. этой же лаборатории
E-mail: kuznetsova@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы: *география и генезис почв, экологический мониторинг*

Качественные и количественные характеристики многих экологических проблем, возникающих при воздействии железнодорожного транспорта на окружающую среду, могут быть выявлены лишь в процессе мониторинга. В связи со значительной линейной протяженностью железнодорожных трасс более целесообразна организация эколого-ландшафтного мониторинга, поскольку на зональном и региональном уровнях в результате одинаковых воздействий на компоненты одновидовых и однотипных ландшафтов формируются сходные комплексы последствий, проявляющихся в форме однотипных экологических проблем. В настоящей работе приведены результаты исследований, проведенных специалистами Института биологии Коми НЦ УрО РАН в период 2000-2005 гг. на территории в зоне влияния подъездной железной дороги к Средне-Тиманскому бокситовому руднику (Республика Коми). Эколого-ландшафтный мониторинг осуществлялся на выбранных участках в соответствии с программой, разработанной на основе соответствующих руководств [3, 4].

Подъездная железная дорога к Средне-Тиманскому бокситовому руднику является новым технологическим комплексом, принятым в эксплуатацию в сентябре 2002 г. Основной перевозимый груз – бокситовая руда. На протяжении около 160 км трасса проходит вдоль западного склона Вымско-Вольской гряды от ст. Чиньяворык (железнодорожной магистрали Москва–Воркута) до юго-восточного склона наиболее высокой части Тиманского кряжа – массива Четласский камень. Территория в целом относится к подзонам средней и северной тайги. Здесь представлены четыре вида среднетаежных и пять видов северо-таежных ландшафтов. Перепад абсо-

лютных отметок поверхности в целом составляет 88 м: от 142-145 м (поймы рек Мадмас и Шомвуква) до 227-230 м (ст. Тиман).

На значительном протяжении участка 0-85 км трасса железной дороги следует в пределах полосы, занятой комплексами среднетаежного ландшафта ледниковой и водно-ледниковой аккумулятивно-денудационной волнистой с редкими плосковершинными холмами среднечетвертичной дренированной расчлененной равнины приводораздельной части западного склона Вымско-Вольской гряды, с редкими болотами, с сосновыми, березовыми, еловыми моховыми, реже – травяно-кустарничковыми лесами (ярус рельефа 160-180 м). Среди ландшафтов ранга урочищ преобладают урочища дренированных склонов, занятые сосновыми, еловыми и березовыми лесами, а также вырубками и производными лесами на месте гарей и вырубок. На участке 86-158 км около 80 % протяженности трассы приходится на урочища северо-таежного ландшафта ледниковой аккумулятивно-денудационной холмистой и мелкохолмисто-грядовой верхнечетвертичной расчлененной дренированной с карстовыми воронками местами заболоченной равнины западного склона северной части Вымско-Вольской гряды и междуречья участков верхнего течения левых притоков рек Касьян-Кедва и Рысь-Кедва, с еловыми и березово-еловыми, мохово-кустарничковыми редкостойными лесами (ярус рельефа 160-180 м).

Цель исследований заключалась в выявлении тенденций, оценке направления и скорости изменения параметров, характеризующих состояние компонентов ландшафта (главным образом, почв и растительности) в зоне влияния железнодорожной магистрали. В соответствии с основной целью

решались следующие задачи: эколого-географическое обоснование размещения пунктов мониторинга; определение границ зоны влияния объекта; перечня, специфики нарушений и параметров нарушенных участков; содержания загрязняющих веществ в верхних органических горизонтах почв и биомассе растительности на нарушенных местообитаниях и в их естественных аналогах. В зоне влияния подъездной железной дороги до начала ее эксплуатации была проведена оценка нарушенности территории с целью:

- типизации участков территории по характеру и степени нарушенности почвенно-растительного покрова;
- выявления участков, нуждающихся в проведении первоочередных либо дополнительных мероприятий по предотвращению и снижению риска развития неблагоприятных для биотических компонентов ландшафта процессов;

– организации мониторинга на нарушенных участках для контроля самовосстановления почвенно-растительного покрова, динамики биоразнообразия, а также фиксации и контроля динамики развития возможных негативных процессов (трансформации почвенно-растительного покрова в зонах подтопления и нарушения гидрологического режима в зонах загрязнения почв и растительности, сложившихся в период строительства).

К числу современных негативных физико-географических процессов на территории, прилегающей к трассе железной дороги, относятся заболачивание, русловая эрозия, а также различные формы склоновых процессов. Кроме того, характерно развитие карстовых процессов, которые распространены в урочищах эрозионно-аккумулятивной равнины (поймы и низкие террасы, борта), долины верхнего те-

чения р. Вымь (в районе расположения железнодорожного моста) и долины ее правого притока – р. Ворыква, в бассейне которой ведется разработка месторождений бокситов.

В целом для территории, пересекаемой трассой железной дороги, характерны нарушения ландшафтной структуры, обусловленные преимущественно освоением лесных ресурсов: вырубками, пожарами, прокладкой просек, лесовозных дорог, созданием лесных культур. Доля земель промышленности, особо охраняемых территорий, вместе с землями водного фонда и запаса составляет около 1 % общей площади затрагиваемой территории. В зоне влияния железной дороги выявлено наличие 15 групп типов нарушений почвенно-растительного покрова, характерных для всех ландшафтов, но отличающихся масштабом территориального охвата и различной степенью выраженности внешних признаков нарушений. В целом отмечена слабая и средняя степень нарушенности почвенно-растительного покрова, за исключением трех отрезков трассы: начального (протяженностью около 3 км), центрального (около 1 км) и конечного (около 3 км). Вдоль насыпи дороги началось формирование зон подтопления, что может постепенно привести к трансформации почвенно-растительного покрова и снижению продуктивности лесов на этих участках. Результаты обследования свидетельствуют также о необходимости проведения биологической рекультивации откосов выемок, так как на них активно развиваются эрозийные процессы, а также на некоторых участках откосов высоких насыпей, особенно песчаных.

Данные, характеризующие биотические компоненты ландшафтов (в том числе ранга урочищ), собранные в ходе полевых работ, позволили конкретизировать информацию о почвах и растительности, а также обосновать выбор репрезентативных пунктов мониторинга по следующим признакам расположения: 1) в типичных доминирующих типах урочищ; 2) в пределах ключевых морфологических участков внутри урочищ; 3) на участках, характеризующихся типичным составом растительных сообществ, типичными почвами и фоновыми уровнями содержания в почвах и растительности тяжелых металлов, оксидов железа и алюминия. Для обеспечения проведения мониторинга в каждом ландшафте с учетом разнообразия урочищ и протяженности отрезка трассы в пре-

делах конкретного ландшафта, а также транспортной доступности, при выборе местоположения постоянных контрольных пунктов и профилей мониторинга использовался кутовой принцип, согласно которому:

- базовая площадка (пункт) постоянного мониторинга (ППН) располагается в ненарушенном (фоновом) или слабонарушенном доминирующем в конкретном ландшафте типе урочищ;
- специализированные площадки (пункты) наблюдений (ППС) размещаются в урочищах с разной степенью нарушенности биотических компонентов, функционально значимых урочищах (поймы, болота), редких или уникальных урочищах.

Площадки для размещения пунктов мониторинга были заложены на расстоянии от 15-30 до 50 м от границы полосы отвода. Наблюдения проводились на девяти базовых площадках (пунктах) постоянного мониторинга (ППН) и 43 специализированных площадках (пунктах) постоянных наблюдений (ППС).

Растительный покров (по данным полевого обследования территории) в средне- и северотаежных ландшафтах формируют соответственно 316 и 269 видов сосудистых растений. Выявлены местообитания редких видов: пиона уклоняющегося, пальчатокоренников Фукса и гибридного, любки двулистной, ладьяна трехнадрезного, поллепестника зеленого, кокушника комариного, тайников овальнолистного и сердцелистного, гирчовника татарского [1]. Предположительно на данной территории в строении растительного покрова могут участвовать более 400 видов высших растений.

Химический анализ образцов растительности показал, что в качестве фоновых (наименее нарушенных и загрязненных) местообитаний в средне- и северотаежной подзоне может рассматриваться пункт, расположенный в бассейне р. Коин, в северотаежной подзоне – пункт, расположенный в бассейне р. Покью (левые притоки среднего-верхнего участка течения р. Вымь, являющейся крупным правым притоком р. Вычегда, принадлежащей к бассейну р. Северная Двина). Высоким уровнем содержания загрязняющих веществ отличаются растения, собранные в поймах рек. Полученные данные свидетельствуют о том, что в рассматриваемом районе еще до начала эксплуатации железной дороги на отдельных участках сформировались ареалы, в пределах которых отчетливо проявляются результаты за-

грязнения атмосферного воздуха и поверхностного стока, происшедшего ранее (в период с 1995 по 2002 г.) при перевозке бокситовой руды по автодороге, которая проходит к востоку от железнодорожной трассы на расстоянии от 100-300 м до 12-15 км. Относительно повышенное содержание приоритетных загрязнителей в биомассе индикаторных видов растений (мхов, лишайников), характеризующее положение границы аэрогенного распространения загрязняющих веществ, зафиксировано в полосе шириной от 150 до 250 м.

На рассматриваемой территории почвенный покров на суглинистых породах формируют в основном глееподзолистые почвы в сочетании с болотно-подзолистыми (торфянисто-подзолисто-глееватыми и торфяно-подзолисто-глеевыми). На песчаных породах, преимущественно подстилаемых суглинками, формируются сочетания подзолов гумусово-железистых и болотно-подзолистых иллювиально-гумусовых почв. Болотный тип почв представляют болотные верховые – торфяные и торфяно-глеевые. Почвенный покров в поймах формируют аллювиальные болотные и аллювиальные дерновые почвы под ивняками и заболоченными лесами [2].

Результаты химического анализа почв показали, что в 2005 г. существенных изменений в содержании оксидов алюминия и железа в почвах большей части разрезов не отмечено. В образцах, взятых из поверхностных органических горизонтов естественных почв, развитых на более дренированных участках, содержание Al_2O_3 колеблется в основном в пределах 0.11-0.65, Fe_2O_3 – 0.24-0.74 %. Сходные результаты были зафиксированы в почвах в 2000-2004 гг. Повышенные количества Al_2O_3 отмечены в некоторых разрезах болотно-подзолистых почв и, особенно, в верхнем слое болотной почвы (0-20 см) – 1.27 % (по сравнению с фоном выше примерно в четыре раза). По-видимому, при аэрогенном загрязнении пыль, содержащая большие количества оксидов алюминия и железа, сорбируется торфом. Выявленные повышенные содержания оксидов алюминия в некоторых образцах могут быть причиной техногенного влияния, но, возможно, обусловлены и особенностями почвообразования в гидроморфных условиях. В образцах отсыпки железнодорожного полотна Al_2O_3 обнаружен в небольших количествах (0.04-0.46 %). Также невысоко в них и содержание Fe_2O_3 (0.10-0.57 %),

за исключением образца отсыпки ж/д полотна, которое находится вблизи ст. Чинъяворык (начальный участок), где его содержание возрастает до 4.65 %, что можно объяснить техногенным влиянием.

Данные количественного химического анализа свидетельствуют о том, что содержание тяжелых металлов (Zn, Pb, Ni, Cu и Co) в почвенных образцах, взятых из верхних горизонтов, в основном не превышает их количество в почвах на площадках, условно принятых за фоновые, а также ПДК (ОДК). Несколько более высокое содержание Zn (до 90 мг/кг) в некоторых разрезах скорее всего связано с литологическими особенностями отложений рассматриваемой территории. Отмечено повышенное количество Ni (22 мг/кг) и Co (9 мг/кг) в двух разрезах болотно-подзолистых почв. В образцах грунта, отобранных с железнодорожной насыпи, содержание тяжелых металлов невысокое, за исключением отсыпки ж/д полотна, которое на-

ходится вблизи ст. Чинъяворык. В образцах отсыпки отмечены повышенные количества Zn – 145, Cu – 66, Ni – 21 мг/кг (выше или на уровне ПДК), что может быть связано с техногенным загрязнением территории. Ширина зоны влияния железной дороги, установленная по результатам определения содержания приоритетных загрязнителей (тяжелых металлов, оксидов железа и алюминия) в органогенных горизонтах почв, составляет от 30 до 100 м.

По данным химического анализа содержание нефтепродуктов в почвенных образцах, взятых из верхних органогенных горизонтов, невелико и колеблется в пределах 60–410 мг/кг. Повышенное количество нефтяных углеводородов, обнаруженное в смешанных образцах, отобранных с отсыпки ж/д полотна, расположенного вблизи шихтовального двора (конечный участок трассы) – 3700 мг/кг, и особенно на начальном участке трассы (ст. Чинъяворык) – 8100 мг/кг, обусловлено техногенным влиянием.

Таким образом, по результатам химических анализов почвенных образцов в 2005 г. не было выявлено сильного химического загрязнения почвенного покрова по содержанию тяжелых металлов и нефтеуглеводородов ни на одной из обследованных площадок. Загрязняется этими веществами в основном отсыпка железнодорожного полотна за счет работы транспорта. По-видимому, загрязняющие вещества, поступающие с техногенными потоками на почвенно-растительный покров, прежде всего влияют на растительность (главным образом, на мхи и лишайники), которая служит барьером для их попадания в почву. Загрязняющие вещества могут проникать с осадками также в почву, при этом часть их аккумулируется в органогенном слое, где для химических элементов создается биогеохимический барьер [5]. В этом слое могут сложиться неблагоприятные условия для жизнедеятельности почвенной биоты. Состав и количество удерживаемых элемен-



ЮБИЛЕЙ

Биологи Института и особенно радиоэкологи от всей души поздравляют **Раису Павловну Коданеву** с 80-летием!

Почти пятьдесят лет назад судьба привела Раису Павловну к радиобиологам и тут задержала до самого выхода на пенсию. Еще в далекие 1950-е годы после окончания Пермского сельскохозяйственного института им. Д.М. Прянишникова, имея уже небольшой опыт работы агронома в Удмуртии, она активно включилась в проведение радиобиологических исследований в Коми филиале АН СССР. Ее с полной уверенностью можно назвать одной из первых сотрудников лаборатории радиобиологии, созданной в 1959 г. в Коми

филиале. Ей сильно повезло: она открывала для себя и изучала основы радиобиологии у корифея радиобиологической науки – Н.В. Тимофеева-Ресовского в Миассово! Раиса Павловна – большой трудоголик, она внесла ощутимый вклад в становление и развитие радиобиологии растений в отделе радиоэкологии. Ее плодотворная и совместная работа с О.Н. Поповой на радиоактивных отвалах в пос. Водный на многие годы стала дорогим сердцу местом новых научных открытий и исследований. Раиса Павловна выполнила большую и колоссальную по своим масштабам работу: исследовала действие малых доз ионизирующей радиации на сельскохозяйственные растения, изучала цитогенетические аспекты их радиочувствительности. Ею были проведены работы по предпосевному гамма-облучению семян с целью повышения урожайности культур. Она активно пропагандировала знания, читая лекции работникам сельского хозяйства. В результате проведения большого объема экспериментальных исследований изменчивости ячменя под воздействием химических и радиационных мутагенов ею были получены хозяйственно-ценные мутанты ячменя, которые неоднократно участвовали в выставках достижений народного хозяйства Республики Коми.

Ее самобытный, удивительный дар живо и образно воспринимать события окружающего мира, большая трудоспособность, щедрая и редкая отзывчивость, помощь в любых житейских вопросах и пропаганда своих знаний в области сельского хозяйства окружающим ее людям являются до сих пор главными чертами ее беспокойного характера!

Сейчас Раиса Павловна на заслуженном отдыхе, много сил она посвящает своей семье и воспитанию внучки, не забывает трудиться на дачном участке.

Дорогая Раиса Павловна! Спасибо Вам за все! Спасибо, что долго были с нами, что честно и самоотверженно трудились на благо радиоэкологии, что делали жизнь нашу многокрасочной! Желаем крепкого здоровья, бодрости духа, долгих лет жизни и благополучия Вашим родным и близким!

тов зависят от содержания и состава гумуса, кислотности и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности, интенсивности биологического поглощения. В кислых гидроморфных почвах, преобладающих на данной территории, относительно подвижны и опасны для биоты соединения Pb, Ni, Co, Cu, Zn. Возможно негативное влияние на почвенно-растительный покров оксидов алюминия, которые содержатся в газопылевых выбросах и в пыли, образующейся при перевозке бокситовой руды. Заболоченные и переувлажненные почвы могут интенсивно поглощать из воздуха многие виды углеводородов (этилы, ацетилен, бутан, пропилен), постепенно накапливая их.

Данные, полученные в процессе мониторинга, охватывающего период строительства подъездной железной

дороги, свидетельствуют о сравнительно низкой исходной степени нарушенности ландшафтов и об отсутствии значимого негативного воздействия на почвы и растительность лесных экосистем почти на всем протяжении линейной части трассы и в зоне ее влияния. Результаты исследований, проводившихся в начальный период эксплуатации железной дороги, показали, что для выявления существенных изменений свойств почв и обнаружения критического уровня накопления в них загрязняющих веществ при эксплуатации подъездной железной дороги к СТБР необходимы долговременные наблюдения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Канев В.А., Евдокимова Т.В. Создание памятников природы в районах расположения производственных

объектов (на примере Республики Коми) // Роль особо охраняемых природных территорий в решении экологических проблем: Матер. Всерос. науч.-практ. конф. Йошкар-Ола, 2008. С. 61-64.

2. Кузнецова Е.Г., Евдокимова Т.В. Мониторинг почв вдоль трассы железной дороги в подзонах средней и северной тайги (Республика Коми) // Современные проблемы загрязнения почв: Матер. II междунар. науч. конф. М., 2007. Т. 2. С. 91-92.

3. Методы изучения лесных сообществ. СПб., 2002. 240 с.

4. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв / Под ред. Д.С. Орлова, В.Д. Васильевской. М.: Изд-во МГУ, 1994. 272 с.

5. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. М.: Высш. школа, 2002. 334 с.



ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ



БРИОФИТЫ ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОКРЕСТНОСТЕЙ ГОРОДА СЫКТЫВКАР



д.б.н. **Г. Железнова**
в.н.с. отдела флоры
и растительности Севера
E-mail:
zheleznova@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24-50-12

Научные интересы: *бриология, включая экологию, географию, систематику мохообразных; выявление редких видов мхов, нуждающихся в охране*



к.б.н. **Т. Шубина**
ученый секретарь
Института биологии
E-mail: tshubina@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24-52-02

Научные интересы: *бриология, флора листостебельных мхов, систематика, география, экология, охрана*



к.б.н. **М. Дулин**
н.с. этого же отдела
E-mail: dulin@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24-52-98

Научные интересы: *бриология, флора печеночников, видовое разнообразие, распространение, вопросы охраны*



В. Панова
инж. этого же отдела
E-mail: bryonet@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24-50-12

Научные интересы: *бриология, классификация местобитаний, систематика, гербарное дело*

Одной из основных задач изучения особо охраняемых природных территорий Республики Коми является наиболее полное выявление флористического разнообразия. Нами обследованы три заказника (рис. 1, 2), расположенных к юго-западу от г. Сыктывкар, на левом берегу р. Сысола при ее впадении в р. Выгегда (61°29'–61°39' с.ш., 50°25'–50°3'9" в.д.): флористический «Сыктывкарский» (167 га), комплексный «Важъелью» (1980 га), лесной «Юил» (3057 га). Изучаемый район входит в Сысольский округ (полоса среднетаежных лесов) Выгегодско-Печорской подпровинции Североевропейской таежной

провинции [1]. Растительный покров представлен хвойными и лиственными лесами, а также небольшими по площади болотными и луговыми участками. Хвойные леса образованы елью сибирской (*Picea obovata*¹), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris*), пихтой (*Abies sibirica*). Лиственные леса формируются березой (*Betula pubescens*, *B. pendula*), осиною (*Populus tremula*), иногда ольхой серой (*Alnus incana*).

Бриологические исследования проводились в 2003-2004 гг. Все коллекции бриофитов (более 1300 образцов) хранятся в Гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (СЫКО). В результате проведенного исследования установлено, что в трех заказниках произрастает 109 видов листостебельных

¹ Названия видов сосудистых растений даются по работе С.К. Черепанова [4].



Рис. 1. Район исследования. Заказники в окрестностях г. Сыктывкар: «Важъелью» (1), «Юил» (2), «Сыктывкарский» (3).

мхов, относящихся к 59 родам, 28 семействам, и 49 видов и одна разновидность печеночников, относящихся к 33 родам и 18 семействам (табл. 1). Для окрестностей Сыктывкара (радиус исследований до 3.5 км), где наблюдается большее разнообразие бриоэкотопов, характерно и более высокое таксономическое разнообразие листостебельных мхов (129 видов) [3] и печеночников (54). Общими для заказников являются 13 видов печеночников и 41 вид листостебельных мхов. Значения коэффициента общности Жаккара (K_j) показывают, что в заказниках «Сыктывкарский», «Важъелью» и «Юил» уровень сходства видового состава листостебельных мхов несколько выше ($K_{j\min} = 0.43$, $K_{j\max} = 0.5$), чем печеночников ($K_{j\min} = 0.35$, $K_{j\max} = 0.5$). Разнообразие почвенно-грунтовых условий в заказниках нашло свое отражение в особенностях таксономического состава мхов. Наибольшим видовым разнообразием бриофитов характеризуется заказник «Важъелью», на территории которого отмечены ключевые болота и антропогенно нарушенные экотопы, активно заселяемые мохообразными (табл. 1).

В небольшом по площади и наиболее малочисленном по числу видов мхов и печеночников заказнике «Сыктывкарский» сделаны очень интересные флористические находки. Среди них – *Hylocomium umbratum*² – горный циркумполярный вид, редко встречающийся на равнинной территории. В Республике Коми ранее он был отмечен нами на Приполярном и Северном Урале на почве и гнилой древесине, каменистых выходах в горных лесах и на болотах. Еще один довольно редкий на территории Республики Коми вид – *Pohlia andalusica*, бореальный циркумполярный листостебельный мох, характерный для незадернованных сырых песчаных почв таежной зоны. Ближайшее место произрастания этого вида – территория Печоро-Илычского заповедника. Для печеночников наиболее интересны находки двух видов. Арктомонотанный, почти циркумполярный печеночник *Arnellia fennica* и арктобореальномонотанный циркумполярный *Leiocolea heterocolpos*, относящиеся к группе кальцефилов, редко встречающиеся в лесных сообществах. Эти виды приурочены в основном к скалам, сложенным карбонатными породами. В заказнике они были обнаружены на гниющей древесине и пристволовых



Рис. 2. Долина р. Сысола.

возвышениях во влажном смешанном осокново-разнотравном лесу.

Состав десяти ведущих по числу видов семейств рассматриваемых бриофлор заказников одинаков (табл. 2). В десятку вошли представители семейств бриофитов, характерные для таежной зоны Северного полушария. Широкое распространение на территории заказников лесных сообществ, формирующихся в условиях достаточно хорошей обеспеченности элементами минерального питания, способствует увеличению видового разнообразия семейств Brachytheciaceae и Mniaceae. Представители семейств Amblystegiaceae, Sphagnaceae и Scapaniaceae характерны для экотопов с избыточным увлажнением. Среди родов наибольшим разнообразием отличаются *Brachythecium*, *Dicranum*, *Sphagnum*, *Scapania* (табл. 3). Одной из особенностей систематической структуры бриофлор заказников является преобладание в них семейств и родов с одним-двумя видами. Так, 50 % семейств и 71 % родов включают по одному виду, что также свидетельствует о низкой специфичности изученных флор мохообразных.

Распространение бриофитов в пределах заказников чаще всего ограничивается особенностями субстрата, а также водными и эдафическими факторами окружающей среды. По приуроченности к определенным субстратам различаются группы мхов напочвенного покрова или эпигейные виды, гниющей древесины или эпиксильные виды, коры живых деревьев или эпифитные виды (к последним относятся мхи, поселяющиеся как на основаниях стволов, так и на стволах выше отметки 1 м). Кроме того, произрастание многих мохообразных тесно связано с определенными ценозами. Однородность растительного покрова в заказниках «Сыктывкарский», «Важъелью» и «Юил» позволила нам провести эколого-ценотический анализ для сводного списка бриофитов в целом, а не для каждого из заказников.

² Названия видов листостебельных мхов в основном приводятся по сводке «Check-list of mosses of the former USSR» [5], а печеночников по «Check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of the former USSR» [6] с поправками в соответствии с позже опубликованными работами.

Таблица 1

Показатели систематического разнообразия бриофлор в обследованных заказниках: листостебельные мхи (А) и печеночники (Б)

Показатель	Заказник					
	Важьелью		Юил		Сыктывкарский	
	А	Б	А	Б	А	Б
Количество видов	85	34	70	38	62	16
родов	53	23	43	27	38	14
семейств	25	16	18	16	19	11

Еловые леса, сформированные на территории заказников, отличаются не только самым разнообразным видовым составом мохообразных, но и хорошо развитым напочвенным покровом из листостебельных мхов. В ельниках кустарничково-зеленомошных общее проективное покрытие (ОПП) мохового покрова составляет 70-95 %. Напочвенный покров образуют *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *Ptilium crista-castrensis*, а также виды, характерные для заболочивающихся мест – *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*. Иногда пятнами встречается *Dicranum majus*. Значительно большее число листостебельных мхов зарегистрировано на других лесных субстратах. На гниющей древесине обильны эпигейные (*Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Rhytidiadelphus triquetrus*) и эпиксилные виды (*Brachythecium reflexum*, *B. starkei*, *Plagiothecium laetum*, *Pohlia nutans*, *Dicranum fuscescens*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Lepidozia reptans*, *Lophocolea heterophylla*), отмечен также эпифитный *Leskea polycarpa*. На коре поваленных деревьев нередко произрастают и эпифиты (*Pylaisiella polyantha*). На комлях поселяются *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Plagiothecium laetum*, *Pohlia nutans*, *Dicranum fuscescens*, *Brachythecium starkei*, *B. reflexum*, *Tetraphis pellucida*, *Blepharostoma trichophyllum*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Lophozia longidens*. На коре старых осин, неоднократно отмеченных в кустарничково-зеленомошных еловых сообществах, встречается самое большое число видов листостебельных мхов, при этом виды, поселяющиеся на комлях и стволах выше отметки 1.5-2.0 м, не одинаковы. На комлях осин всегда растут как эпиксилные и эпигейные, так и эпифитные мхи. Типичные эпифиты, среди которых *Pylaisiella polyantha*, *P. selwynii*, *Orthotrichum speciosum*, регистрируются в основном в верхних частях стволов. На корнях упавших елей с остатками земляного кома часто встречаются мхи, характерные для комлей ели, а на незадернованных участках почвы, образующихся на месте вывалов, поселяются пионерные виды – *Pogonatum urnigerum*, *Dicranella heteromalla*, *Polytrichum juniperinum*, *Marchantia polymorpha*.

Березово-еловые кустарничково-сфагново-долгомошные лесные сообщества также характеризуются развитым моховым покровом (ОПП до 80-90 %), в котором отмечается возрастание роли сфагновых видов. К числу господствующих относятся *Polytrichum commune*, *Sphagnum russowii*, в примеси к которым встречаются *Hylocomium splendens* и *Pleurozium schreberi*. На участках с застойным увлажнением нередко пятна *Sphagnum angustifolium*, *Dicranum majus*, *Aulacomnium palustre*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, а на более сухих – *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Dicranum polysetum*, *Ptilium crista-castrensis*. В перечисленных растительных сообществах набор видов мхов и печеночников, поселяющихся на валеже и комлях деревьев, такой же, как и в хвойных лесах зеленомошного типа.

Большое число видов мхов (26) отмечено и в березово-еловых папоротничково-хвоцево-сфагновых лесах. Общее проективное покрытие мхов составляет 60-80 %. В образовании мохового покрова на

участках с застойным увлажнением активно участвуют *Sphagnum girgensohnii* и *Polytrichum commune*, часто с примесью *Aulacomnium palustre*, *Plagiomnium ellipticum*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Calliergon cordifolium*. Небольшими пятнами постоянно встречаются *Climacium dendroides*, *Rhodobryum roseum*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *R. magnifolium*, *Sphagnum warnstorffii*, *Cirriphyllum piliferum*. На более сухих местах растут *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *R. subpinnatus*. Комли деревьев и гниющая древесина почти не отличаются по видовому составу листостебельных мхов. Здесь обычно поселяются *Sanionia uncinata*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Pleurozium schreberi*, *Ptilium crista-castrensis*, *Brachythecium reflexum*, *B. starkei*, *Dicranum fuscescens*.

Березово-еловые крупнотравные леса, формирующиеся в поймах притоков р. Сысола, отличаются от ранее рассмотренных сообществ, прежде всего, меньшей степенью развития мохового покрова и большим разнообразием видов листостебельных мхов. Напочвенные мхи представлены видами, относящимися к разным экологическим группам – от гидрофитов до мезофитов. Индикаторами переувлажненности почв могут служить такие гидрофиты и гидрогигрофиты, как *Sphagnum squarrosum*, *Calliergon giganteum*, *Pseudobryum cinclidioides*, а также гидрофиты и гигромезофиты – *Aulacomnium palustre*, *Calliergon cordifolium*, *Hypnum lindbergii*, *Plagiomnium ellipticum*, *P. medium*, *Polytrichum commune*, *Climacium dendroides*, *Sphagnum girgensohnii*, *S. capillifolium*. На участках со средней обеспеченностью влагой в пойменных березово-еловых сообществах

Таблица 2

Ведущие семейства листостебельных мхов заказников «Важьелью» (А), «Юил» (Б) и «Сыктывкарский» (В)

Семейство	Всего	Количество видов		
		А	Б	В
Amblystegiaceae	13 (1-2)	12 (1)	7 (3-4)	8 (2)
Brachytheciaceae	То же	8 (2-4)	То же	13 (1)
Bryaceae	8 (6-7)	6 (5-6)	5 (7)	3 (8-10)
Dicranaceae	10 (3)	8 (2-4)	9 (1)	4 (4-7)
Hylocomiaceae	6 (8-9)	5 (7-9)	4 (8-10)	То же
Hypnaceae	То же	То же	То же	3 (8-10)
Mniaceae	9 (4-5)	8 (2-4)	8 (2)	6 (3)
Plagiotheciaceae	5 (10)	4 (10)	4 (8-10)	4 (4-7)
Polytrichaceae	8 (6-7)	5 (7-9)	6 (5-6)	3 (8-10)
Sphagnaceae	9 (4-5)	6 (5-6)	То же	4 (4-7)

Примечание. Здесь и далее: в скобках указан ранг таксона.

Таблица 3

Ведущие роды листостебельных мхов заказников «Важьелью» (А), «Юил» (Б) и «Сыктывкарский» (В)

Род	Всего	Количество видов		
		А	Б	В
Brachythecium	10 (1)	5 (3)	5 (3)	10 (1)
Sphagnaceae	9 (2)	6 (1-2)	6 (1-2)	4 (2-4)
Dicranum	7 (3)	6 (1-2)	То же	То же
Pohlia	5 (4)	3 (5-8)	2 (6-13)	1 (>11)
Plagiomnium	4 (5)	То же	4 (4)	4 (2-4)
Polytrichum	4 (6)	4 (4)	3 (5)	2 (5-10)
Hypnum	3 (7-10)	2 (9-15)	1 (>14)	1 (>11)
Calliergon	То же	3 (5-8)	2 (6-13)	2 (5-10)
Campylium	» »	2 (9-15)	1 (>14)	То же
Rhizomnium	» »	3 (5-8)	2 (6-13)	1 (>11)

растут мезофиты – *Cirriphyllum piliferum*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *R. triquetrus*, *Ptilium crista-castrensis*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*. Упавшие стволы и пни частично покрыты мохообразными – *Ptilium crista-castrensis*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Sanionia uncinata*, *Brachythecium reflexum*, *B. salebrosum*, *B. starkei*, *Campylium sommerfeltii*, *Dicranum fuscescens*, *D. fragilifolium*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Climacium dendroides*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Chiloscyphus polyanthos*, *Lophocolea heterophylla*, *Blepharostoma trichophyllum*. На комлях деревьев поселяются те же мхи, что на почве и гниющей древесине.

Наибольшее число листостебельных мхов (29 видов) зарегистрировано в ельниках разнотравных. Моховой покров развит слабо (ОПП от 7 до 10 %), почти не выражен. Мхи, не выдерживая конкуренции со стороны сосудистых растений, заселяют лишь свободные местообитания. На почве небольшими куртинками встречаются *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *R. subpinnatus*, *Climacium dendroides*, *Rhodobryum roseum*, *Plagiomnium medium*. Незадернованные участки, образовавшиеся после вывалов, зарастают не только пионерными (*Pogonatum urnigerum*, *Ceratodon purpureus*), но и обычными таежными мохообразными (*Polytrichum commune*, *Plagiomnium medium*). На почвенном коме корней выпавших деревьев поселяются *Brachythecium salebrosum*, *B. starkei*, *Campylium sommerfeltii*, *Plagiothecium laetum* и др. На основаниях елей и берез регистрируются почти одни и те же виды листостебельных мхов – *Sanionia uncinata*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum fuscescens*, *D. scoparium*, *Ptilium crista-castrensis*, *Plagiothecium laetum*, *Brachythecium reflexum*. Упавшие стволы и пни почти сплошь покрыты мхами, многие из которых встречаются и на комлях деревьев. Наименьшим видовым разнообразием листостебельных мхов хвойных лесов заказников характеризуются сосновые кустарничково-зеленомошные леса. В почти сплошном моховом покрове (ОПП до 90 %) доминирует *Hylocomium splendens* с примесью *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *Ptilium crista-castrensis* и *Dicranum majus*.

Хорошо развит напочвенный покров в заболоченных березовых хвоцево-вахтово- и хвоцево-сфагновых лесах (ОПП мхов от 80 до 95 %). Основными

доминантами мохового покрова являются сфагновые (*Sphagnum girgensohnii*, *S. warnstorffii*) и бриевые мхи (*Polytrichum commune*, *Aulacomnium palustre*, *Climacium dendroides*, *Pleurozium schreberi*). В обводненных понижениях, а особенно в местах с проточным увлажнением всегда присутствуют *Tomentypnum nitens*, *Paludella squarrosa*, *Helodium blandowii*, *Cratoneuron filicinum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Plagiomnium ellipticum*, *P. medium*, *Brachythecium mildeanum*. Комли берез массово заселяются бриофитами. Постоянными обитателями гниющей древесины в заболоченных березняках являются *Sanionia uncinata*, *Climacium dendroides*, *Aulacomnium palustre*, *Drepanocladus aduncus*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum fragilifolium*, *Lophocolea heterophylla*.

В разнотравных березняках моховой покров выражен слабо, его покрытие варьирует от 5 до 7 %. Небольшие куртинки из *Rhytidiadelphus triquetrus*, *R. subpinnatus*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum polysetum* и *D. scoparium* образуются на сухих или умеренно влажных участках, а на более сырой почве поселяются *Plagiomnium ellipticum*, *P. medium*, *Polytrichum commune*, *Climacium dendroides*. Гниющая древесина является более освоенным субстратом, чем почва, и здесь всегда присутствуют не только эпиксильные, но и напочвенные виды мхов. Чаще других видов на валеже и пнях в березняках разнотравных растут *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum juniperinum*, *Plagiothecium laetum*, *P. denticulatum*, *Sanionia uncinata*, *Brachythecium salebrosum*, *Dicranum fuscescens*, *D. scoparium*, *D. polysetum*, *Lophocolea heterophylla*, *Ptilidium pulcherrimum*.

В осиновых лесах заказников моховой покров неоднороден. В разнотравных осинниках ОПП мхов составляет от 10 (в снытевых осиновых сообществах) до 40 % (в кустарничково-разнотравных). Только кустарничково-зеленомошные осиновые леса отличаются хорошо развитым напочвенным покровом (ОПП мхов 60-80 %). Эпигейные мхи в перечисленных сообществах осины представлены почти одним и тем же набором видов – *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*. В сырых понижениях часто растут *Plagiomnium ellipticum*, *P. medium*, *Climacium dendroides*, реже – *Polytrichum commune* и мезотрофные виды рода *Sphagnum*. На гниющей древесине в зависимости от степени ее разложения фиксируются различные группы мхов: эпигейные, эпифитные и эпиксильные. На упавших стволах регистрировались практически все виды эпифитных мхов. Комли осин обрастают целыми сплетениями из *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Climacium dendroides*, *Platydictya subtilis*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Sanionia uncinata*, *Thuidium recognitum*, *Isopterygiopsis pulchella*, из которых по стволу выше поднимается лишь *Sanionia uncinata*. Кора осин на высоте от одного до двух метров заселена немногими мхами, большинство из которых является типичными эпифитами в лесах таежной зоны – *Pylaisiella polyantha*, *P. selwynii*, *Orthotrichum speciosum*, *O. obtusifolium*, *Neckera pennata*.

Исследованные участки болот в основном низинного типа. В мочажинах произрастают широко рас-

пространенные виды – *Sphagnum riparium*, *S. fallax*, *Warnstorfia exannulata*, *Calliergon giganteum*, *C. cordifolium*, *Plagiochila porelloides*, *Scapania irrigua*, а на участках болот с проточным увлажнением обильны *Cratoneuron filicinum*, *Helodium blandowii*, *Paludella squarrosa*, *Palustriella commutata*, *Tomentypnum nitens*, *Marchantia polymorpha*. В центре болот, в обводненных местах, встречаются *Warnstorfia exannulata*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Calliergonella cuspidata*. Для низинных осоково-разнотравно-гипново-сфагновых болот, формирующихся в долинных экотопах в при-террасных понижениях, характерны такие виды, как *Sphagnum squarrosus*, *Aulacomnium palustre*, *Rhizomnium magnifolium*, *Plagiomnium ellipticum*, *Bryum pseudotriquetrum*. По окраинам вахтово-осоковых и осоково-сфагновых болот растут не только болотные, но и лесные виды мхов, среди которых *Timmia bavarica* отмечен в пределах заказника «Важъелью» только в таких местообитаниях.

Разнообразие мхов луговых местообитаний заказников небольшое. Здесь произрастают представители родов *Plagiomnium*, *Bryum*, *Brachythecium*, *Rhodobryum* и *Rhytidiadelphus*. На разнотравно-злаковых лугах в поймах небольших речек обычны влаголюбивые виды – *Calliergon cordifolium*, *Climacium dendroides*, *Hypnum lindbergii*, *Plagiomnium ellipticum*, *Philonotis fontana*, *Pellia neesiana*, *Chiloscyphus polyanthos*.

На просеках и вырубках моховой покров всегда хорошо выражен. Нарушенные местообитания (обочины и колеи лесных дорог) зарастают бриофитами преимущественно из окружающих растительных сообществ. В зарастании слабо дренируемых участков участвуют *Sphagnum girgensohnii*, *S. capillifolium*, *Aulacomnium palustre*, *Polytrichum commune*, *Polytrichastrum longisetum*, *Warnstorfia exannulata*, *Hypnum lindbergii*, способствующие дальнейшему заболачиванию. На обнаженном грунте поселяются пионерные виды – *Atrichum tenellum*, *Pohlia melanodon*, *Ditrichum cylindricum*, *Cephaloziella rubella*, *Nardia geoscyphus*, *Cephalozia bicuspidata*, *Scapania irrigua*, *Lophozia ventricosa*. На сухих и умеренно увлажненных задернованных участках почвы обычны лесные виды мхов. На песчаной почве поселяются виды, характерные для обнаженных грунтов – *Polytrichum piliferum*, *Ceratodon purpureus*, *Pogonatum urnigerum*, *Barbula unguiculata*.

В прибрежноводных местообитаниях весьма обычны влаголюбивые эпигейные виды *Hypnum lindbergii*, *Calliergon cordifolium*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Plagiomnium ellipticum*, *Marchantia polymorpha*, *Pellia neesiana*, *Plagiochila porelloides*, *Scapania irrigua*, поселяющиеся не только на почве, но и на покрытой наилком сырой древесине. На древесном субстрате в пойменных экотопах также поселяются эпиксильные (*Oncophorus wahlenbergii*, *Brachythecium salebrosum*, *Sanionia uncinata*, *Camyllum sommerfeltii*) и пионерные виды (*Ceratodon purpureus*, *Leptobryum pyriforme*, *Cephalozia bicuspidata*). В реках обнаружены типичные водные виды (*Fontinalis antipyretica*, *Dichelyma falcatum*, *Leptodictyum riparium*, *Scapania undulata*), обитающие либо в воде, либо у самой кромки воды, прикрепляясь к древесине или камням.

По отношению к влажности среди листостебельных мхов и печеночников наиболее многочисленна группа мезофитов (соответственно 44 и 59 % общего количество видов, зарегистрированных в заказниках). Переувлажненные местообитания предпочитают 39 % листостебельных мхов и 22 % печеночников, относящихся к группам гидро-, гигро-, гигрогидро-, гидрогигро- и мезогигрофитов.

Географический анализ показал, что в бриофлоре трех заказников преобладают бореальные виды (65% общего числа видов), большая часть которых выступает в роли доминантов напочвенного покрова в лесных и болотных ценозах (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum girgensohnii*). Значительна доля (12 %) неморального элемента (*Pylaisiella polyantha*, *P. selwynii*, *Orthotrichum speciosum*, *O. obtusifolium*, *Neckera pennata*), представителей которого можно встретить на гниющей древесине, коре лиственных деревьев (чаще всего на осинах, реже на старых ивах). Среди печеночников по числу видов на первое место выходит арктобореально-монтажная группа (45%), включающая такие виды, как *Lophozia longidens*, *Scapania irrigua*, *Cephalozia lunulifolia* и *Calypogeia integristipula*, а на второе – бореальная группа (35 %) с широко распространенными видами (*Chiloscyphus pallescens*, *Lophozia silvicola*, *Crossocalyx hellerianus* и др.).

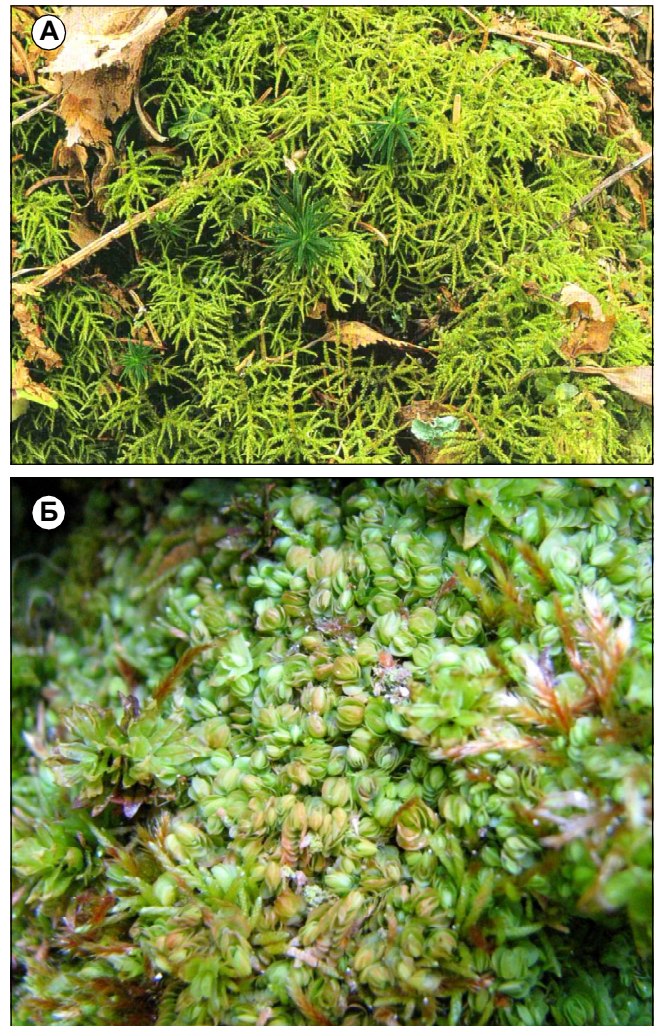


Рис. 3. *Hylocomium umbratum* (А) и *Arnellia fennica* (Б).

На исследованной территории нами выявлены также редкие охраняемые на территории Республики Коми виды бриофитов, включенные в Красную книгу Республики Коми [2]. Во всех заказниках в хорошем состоянии найден листостебельный мох *Neckera pennata*, имеющий категорию охраны 3. Он находится под охраной во многих европейских странах [7]. Собраны виды, требующие дальнейшего биологического надзора в нашем регионе: *Barbula unguiculata*, *Dichelyma falcatum*, *Ditrichum cylindricum*, *Hylacomium umbratum* (рис. 3а), *Hypnum pallescens*. В заказнике «Сыктывкарский» отмечен печеночник *Arnellia fennica* (рис. 3б) с категорией 3.

Проведенный анализ бриофлоры заказников «Сыктывкарский», «Важъелью» и «Юил» позволяет охарактеризовать ее как равнинную среднетаежную. Установлено, что мхи принимают заметное участие в сложении лесной и болотной растительности. Наибольшее число видов мохообразных заказников связано с почвенным и древесным субстратами. Приуроченность редких видов мхов к опреде-

ленной лесной формации во многом зависит от наличия в ней специфических экотопов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части РСФСР. Л., 1989. 64 с.
2. Красная книга Республики Коми. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. М., 1998. 528 с.
3. Шубина Т.П., Железнова Г.В. Листостебельные мхи равнинной части средней тайги европейского Северо-Востока. Екатеринбург, 2002. 157 с.
4. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.
5. (Игнатов М.С., Афонина О.М.) Ignatov M.S., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR // *Arctoa*, 1992. Vol. 1 (1-2). P. 1-86.
6. (Константинова Н.А., Потемкин А.Д., Шляков Р.Н.) Konstantinova N.A., Potemkin A.D., Schljakov R.N. Check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of the former USSR // *Arctoa*, 1992. Vol. 1 (1-2). P. 87-127.
7. Red Data Book of European Bryophytes. Trondheim, 1995. 291 p.



ФЛОРА ВЫСШИХ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ И БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТНОГО ЗАКАЗНИКА «ДОН-ТЫ»

к.б.н. В. Канев
н.с. отдела флоры и растительности Севера
E-mail: kanev@ib.komisc.ru

Научные интересы: ботаника, сравнительная флористика

В течение последних восьми лет специалисты отдела флоры и растительности Севера проводят работы, направленные на выявление фитоценотического и флористического разнообразия особо охраняемых природных территорий (ООПТ) Республики Коми. Летом 2008 г. состоялась экспедиция в болотный заказник «Дон-ты». Данная ООПТ – эталон типичного переходного болота средней тайги – находится в восточной части Республики Коми, в Усть-Куломском районе (Усть-Куломский лесхоз, Керчешское и Усть-Куломское лесничества), на водоразделе рек Кулом-ю и Вычегда, на юго-восток от с. Дон, площадь заказника 7941 га. Массив древесно-кустарничково-сфагновый переходного типа. Торфяная залежь переходная, сложена из осоково-сфагновыми, осоково-сфагново-гипновыми торфами со средней мощностью 2.19 м, максимальная ее величина – 7.5 м. Вокруг болота выделена буферная зона шириной 300 м. Предложен для охраны Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН. Утвержден постановлением Совета министров Коми АССР № 484 от 30 ноября 1978 г. Охраняется Усть-Куломским лесхозом [1].

Согласно геоботаническому районированию, принятому в России [2], изученная территория относится к Камско-Печорско-Западноуральской подпровинции Урало-Западносибирской таежной провинции Евразийской таежной области и располагается в подзоне средней тайги. По лесорастительному районированию, принятому в Республике Коми [4], территория относится к округу еловых, сосновых и березовых лесов на возвышенностях и увалистых равнинах в бассейнах верхней Вычегды и верхней Печоры. Рельеф низменно-равнинный, высота над уровнем моря от 102 до 159 м. Растительность в приозерной депрессии представлена в основном сфагновыми переходными болотами, а на хорошо дренированных пространствах «Донского всхолмления» широко распространены смешанные хвойно-лиственные, еловые и сосновые леса преимущественно зеленомошного типа. На территории болотного заказника «Дон-ты» широко распространены массивы олиготрофных и олигомезотрофных болот.

Олиготрофные сфагновые болота

Поверхность этих болот слабовыпуклая, расположены они в основном

около озер Малый Кадом и Шер Кадом. Микрорельеф таких болот средне- и крупнокочковатый, переходящий в центре болота в грядово-мочажинный (фото 1).

Гряды кустарничково-сфагновые и кочки (диаметр до 1 м) хорошо выражены, высота их до 40-50 см, ширина 1-2 м (до 5 м), длина 5-7 м, отдельные гряды до 15-20 м. Эти гряды могут быть облесены сосной (*Pinus sylvestris*), высота которой 2-3 м. Огромную роль на грядах и кочках играют мелкие кустарнички: карликовая береза (*Betula nana*), кассандра (*Chamaedaphne calyculata*), багульник болотный (*Ledum palustre*), подбел узколистный (*Andromeda polifolia*), клюква болотная (*Oxycoccus palustris*) и водяника (*Empetrum hermaphroditum*). Их проективное покрытие (ПП) на грядах может достигать 100 %. Из трав постоянны морощка (*Rubus chamaemorus*) и росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). Моховой покров таких гряд образован исключительно сфагнумом бурым (*Sphagnum fuscum*; ПП 90-100 %) и политрихумом сжатым (*Polypodium strictum*; ПП до 10%).

Мочажины относительно труднопроходимы, некоторые с водой на поверхности и участками голого (дегра-

дированного) торфа (фото 2). Растительность мочажин представлена шейхцеро-, очеретниково (*Rhynchospora alba*)- и осоково (*Carex limosa*)-сфагновыми сообществами. В отличие от гряд в мочажинах кустарничков нет. Исключением является только клюква болотная. Растительный покров сильно разрежен (общее проективное покрытие (ОПП) 10-20 %). Кроме шейхцерии и осоки топяной в обводненных мочажинах и на голом торфе растет только рослянка английская (*Drosera anglica*) (фото 3).

Из мхов в мочажинах распространен сфагнум обманчивый (*Sphagnum fallax*); в условиях большой обводненности, где сфагны образуют плавающий ковер, – сфагнумы большой и Йенсена (*S. majus* и *S. jensenii*). Прибрежные и прилегающие к лесным островам участки менее обводнены. Древесный ярус представлен сосной, временно поселяется береза (*Betula pubescens*), но она быстро отмирает. Микрорельеф кочковато-мочажинный с участками плохо выраженного грядово-мочажинного комплекса. Здесь преобладают кустарничково-пушицево-сфагновые, шейхцеро-осоково-сфагновые, осоково-сфагновые и пушицево-сфагновые сообщества.

Кустарничково-сфагновые и кустарничково-пушицево-сфагновые сообщества приурочены исключительно к повышениям микрорельефа. В травяно-кустарничковом ярусе чаще всего преобладают хамедафне болотная (ПП 40 %) и пушица влагалищная (ПП до 30 %), реже – подбел узколистый (ПП 20-25 %). Береза карликовая, багульник болотный, клюква болотная и морошка менее обильны (ПП 5-15 %). На отдельных кочках (грядах) единично произрастают рослянка круглолистная, осока бутылчатая, осока топяная и др. Моховой покров образован сфагновыми мхами (ПП 95-100 %): сфагнумом магелланским (*Sphagnum magellanicum*), узколистым (*S. angustifolium*), бурый (*S. fuscum*). Как примесь встречаются зеленые мхи: политрихум сжатый (*Polytrichum strictum*) и аулакомниум болотный (*Aulacomnium palustre*).



Фото 1. Грядово-мочажинный комплекс олиготрофных сфагновых болот.

Шейхцеро-осоково (*Carex limosa*)- и пушицево (*Eriophorum vaginatum*, *E. russeolum*)-сфагновые сообщества приурочены к обводненным мочажинам. В условиях большой обводненности постоянно встречаются шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris*), осока топяная (*Carex limosa*) – единственная, характерная для верховых болот. Кроме видов-доминантов, ПП каждого из которых составляет 20-40 % (осоки топяной, шейхцерии болотной, пушиц рыжеватой и влагалищной), в мочажинах произрастает только клюква болотная, ПП которой составляет до 5-8%, и насекомоядные рослянки (*Drosera rotundifolia*, *D. anglica*). Встречаются пятна с пушицей рыжеватой. Напочвенный покров образован исключительно сфагновыми мхами. В мочажинах распространен сфагнум обманчивый (*Sphagnum fallax*); в условиях большой обводненности сфагны образуют плавающий ковер, – сфагнумы большой и Йенсена (*S. majus* и *S. jensenii*).



Фото 2. Мочажины с деградированным торфом на олиготрофном сфагновом болоте.

Мезотрофные сфагновые болота и мезотрофные участки олиготрофных болот

По размерам мезотрофные болота обычно уступают олиготрофным. Поверхность их ровная. Микрорельеф таких болот средне- и крупнокочковатый, переходящий в центре болота в грядово-мочажинный. Такие болота чаще всего облесены сосной (*Pinus sylvestris*) высотой деревьев 6-7 м (максимальной до 10 м), сомкнутость 0.2-0.3. Береза (*Betula pubescens*) и ель (*Picea obovata*) встречаются

единично только в прибрежной части болот. Много сухостойных деревьев (фото 4). Основная часть болот занята сосново-кустарничково-сфагновыми сообществами. Из кустарничков наиболее обильны карликовая береза, хамедафне болотная (ПП 35-40 %). Багульник болотный, подбел узколистый, клюква болотная и голубика (*Vaccinium uliginosum*) менее обильны (ОПП 10-20 %); однако эти виды постоянны и играют значительную роль в сложении растительного покрова болот данного типа, а в ряде случаев являются и доминирующими видами. Нередко в прибрежной части этих болот можно встретить и лесные кустарнички: чернику (*Vaccinium myrtillus*) и бруснику (*V. vitis-idaea*; ПП до 1 %). Из травянистых растений на мезотрофных болотах обычны пушица влагалищная (*Eriophorum vaginatum*), многоколосковая (*E. polystachion*), осока бутылчатая (*Carex rostrata*), малоцветковая (*C. pauciflora*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*), рослянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). ПП каждого из этих видов не более 10 %. Моховой покров образован сфагновыми мхами (ПП до 100 %). Наиболее обильны сфагнумы магелланский (*Sphagnum magellanicum*), узколистый (*S. angustifolium*), менее распространены сфагнум бурый (*S. fuscum*) и др.

В результате флористических исследований в заказнике «Дон-ты» и на прилегающей территории было выявлено, что флора высших сосудистых споровых, голосеменных и покрытосе-

менных растений составляет 379 видов, относящихся к 212 родам и 74 семействам. Уровень видового богатства является невысоким для подзоны средней тайги, так как находящиеся недалеко флоры сел Усть-Кулом и Помоздино насчитывает 506 и 486 видов соответственно.

К споровым растениям относятся 17 видов (4.5%), которые представлены папоротниками, хвощами, плаунами. Восемь видов относятся к папоротникам – *Matteuccia struthiopteris*, *Dryopteris carthusiana*, *Gymnocarpium dryopteris*, *Athyrium filix-femina*, *Diplazium sibiricum* и др. Приведенные в пример папоротники иногда образуют сплошной покров и образуют папоротниковые леса. Пять видов относятся к хвощам – хвощи полевой, речной, болотный, луговой, лесной, камышовый (*Equisetum arvense*, *E. fluviatile*, *E. palustre*, *E. pratense*, *E. sylvaticum*). Хвощи довольно обычны и часто встречаются во всех сообществах – луговых, лесных, водных. Четыре вида относятся к плауновидным – сплюснутый (*Diplazium complanatum*), булавовидный (*Lycopodium clavatum*), годичный (*L. annotinum*) и полушник щетинистый (*Isoetes setacea*).

Четыре вида принадлежат к голосеменным, которые представлены хвойными растениями – пихта сибирская (*Abies sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*). *Picea obovata*, *Pinus sylvestris*, *Abies sibirica* являются основными породами в лесных сообществах и образуют здесь основные еловые и сосновые леса.

Остальные виды высших сосудистых растений (358) относятся к покрытосеменным или цветковым растениям, из которых 91 – однодольные (семейства Sparganiaceae, Potamogetonaceae, Scheuchzeriaceae, Alismataceae, Hydrocharitaceae, Poaceae, Cyperaceae, Araceae, Lemnaceae, Juncaceae, Melanthiaceae, Trilliaceae, Convallariaceae, Orchidaceae), а 267 – двудольные. Соотношение двудольных и однодольных составляет 2.9:1.0.

Наибольшим разнообразием отличаются семейства астровые (Asteraceae) с 45 видами, мятликовые



Фото 3. Рослянка английская или длиннолистная (*Drosera anglica*), вид верховых олиготрофных болот.

(Poaceae) с 32, осоковые (Cyperaceae) с 26, розоцветные (Rosaceae) с 23, лютиковые (Ranunculaceae) и гвоздичные (Caryophyllaceae) с 18 видами каждое. Замыкают десятку ведущих семейств норичниковые (Scrophulariaceae) с 16 видами, бобовые, гречишные, ивовые с 12 видами каждое. Всего десятка ведущих семейств включает 56.5 % видов флоры.

Среди ведущих родов наибольшим числом видов представлен род *Carex* (20 видов). Большинство видов осок в целом являются довольно обычными для таежных флор и произрастают вблизи водоемов и заболоченных мест (*Carex aquatilis*, *C. cespitosa*, *C. rhynchophylla*), на болотах (*Carex limosa*, *C. lasiocarpa*), а вид осоки *Carex globularis* (осока шаровидная) часто является доминантом в болотных и лесных сообществах. Второй род по численности видов – *Salix* (11), все виды этого рода являются древесными поро-

дами (деревьями, кустарниками) и произрастают на болотах (*Salix hastata*, *S. myrtilloides*), по берегам рек (*Salix viminalis*, *S. triandra*), в лесах (*S. caprea*). Относительным разнообразием видов также отличаются роды *Ranunculus*, *Hieracium*, *Stellaria*, *Poa*, *Equisetum*, *Calamagrostis*, *Viola*, *Galium*, *Veronica*, *Rubus*. Наибольшее количество родов содержат семейства Asteraceae (28) и Poaceae (19), далее следуют Rosaceae (11), Caryophyllaceae (10), Ranunculaceae (9), Brassicaceae (8), Apiaceae (8), Scrophulariaceae (7), Lamiaceae (7), Ericaceae (6), Orchidaceae (6), Fabaceae (5), Polygonaceae (5).

Географический анализ флоры по составу широтных групп показал преобладание бореальных видов, к числу которых относится 72.3 % выявленных сосудистых растений. Большинство бореальных видов являются широко распространенными и нередко доминирующими и ценообразующими видами почти всех сообществ – береза пушистая (*Betula pubescens*), пихта сибирская (*Abies sibirica*), ель сибирская (*Picea obovata*), вейник пурпурный (*Calamagrostis purpurea*), осока водяная (*Carex aquatilis*), осока шаровидная (*Carex globularis*), горец змеиный (*Bistorta major*), иван-чай узколистный (*Chamaenerion angustifolium*), бодяк разнолистный (*Cirsium heterophyllum*).

Суммарная доля северных широтных групп составила 6.8 %. Арктических видов нет. Из аркто-альпийских видов (1 %) отмечены ива копьевидная (*Salix hastata*), горец живородящий (*Bistorta vivipara*), манжетка Мурбека (*Alchemilla murbeckiana*), белокопытник гладкий (*Petasites radiatus*). Из гипоарктических видов (5.8 %) – звездчатка толстолистная (*Stellaria crassifolia*), щучка извилистая (*Avenella flexuosa*), пушица влагилищная (*Eriophorum vaginatum*), осока заливная (*Carex paupercula*), очанка холодная (*Euphrasia frigida*), береза карликовая (*Betula nana*), лютик северный (*Ranunculus propinquus*). Южные широтные группы включают неморальные, неморально-бореальные и лесостепные виды, в общей сложности их доля достигает 6.9 %, часть из них являются реликтами климатического оптимума голоцена, которые в основном произрастают в пой-



Фото 4. Кустарничково-сфагновое сообщество на мезотрофном болоте.

менных лесах с почвой, богатой питательными веществами, достаточным увлажнением и защищенными от сильных ветров.

Неморальных видов во флоре три (0.8 %) – фиалка удивительная (*Viola mirabilis*), звездчатка лесная и ланцетовидная (*Stellaria nemorum* и *S. holostea*). Неморально-бореальных больше (16 видов, или 4.2 %) – волчье лыко обыкновенное (*Daphne mezereum*), черемуха обыкновенная (*Padus avium*), яснотка белая (*Lamium album*), мятлик неморальный (*Poa nemoralis*), чина весенняя (*Lathyrus vernus*), вероника дубравная (*Veronica chamaedrys*), перловник поникший (*Melica nutans*), подмаренник вздутоплодный (*Galium physocarpum*). Лесостепных видов семь, или 1.9 % – смолевка татарская (*Silene tatarica*), лапчатка неблестящая (*Potentilla imposita*), фиалка песчаная (*Viola arenaria*), вероника щитковая (*Veronica scutellata*), василек шероховатый и луговой (*Centaurea scabiosa* и *Centaurea jacea*) белокопытник ложный (*Petasites spurius*). Виды с полизональным распространением составляют 14 % флоры. Часть из них является сорными и произрастает около лесных избышек, на сорных местах, вдоль дорог (ромашка ромашковидная – *Lepidotheca suaveolens*, крапива двудомная – *Urtica dioica*, жерушник болотный – *Rorippa palustris*, горец птичий – *Polygonum aviculare*), а другая часть водными и встречается в основном водоеме – оз. Донты (рдест пронзеннолистный – *Potamogeton perfoliatus*, уруть мутноватая – *Myriophyllum verticillatum*, роголистник погруженный – *Ceratophyllum demersum*, болотник гермафродитный – *Callitriche hermaphroditica*).

В составе флоры среди долготных групп преобладают виды с широкими голарктическими и евразийскими ареалами (соответственно 33.0 и 41.7 %). К азиатским видам (3.9 %) относятся основные древесные породы – ель сибирская (*Picea obovata*), пихта сибирская (*Abies sibirica*). Кроме того, к этой группе относятся и другие виды – вейник тупоколосковый (*Calamagrostis obtusata*), звездчатка Бунга (*Stellaria bungeana*), трищетинник сибирский (*Trisetum sibiricum*). 16.9 % составляют европейские виды – души-



Фото 5. Очеретник белый (*Rhynchospora alba*) – растение, включенное в Красную книгу Республики Коми, произрастающее только на сфагновых болотах.

стый колосок обыкновенный (*Anthoxanthum odoratum*), осока сближенная (*Carex appropinquata*), крапива Сондена (*Urtica sondenii*), купальница европейская (*Trollius europaeus*). Космополитных видов немного, 4.5% – рдест плавающий (*Potamogeton natans*), болотник гермафродитный (*Callitriche hermaphroditica*), мятлик однолетний (*Poa annua*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), тростник обыкновенный (*Phragmites australis*). Большинство видов этой группы являются сорными, которые произрастают в основном у лесных избышек, на месте бывших полей, другая часть – водными видами.

Проведенный ценотический анализ флоры позволил выделить ряд основных ценотипов. Больше полови-

ны видов относится к луговому (*Leucanthemum vulgare*, *Linaria vulgaris*, *Alopecurus pratensis*) и лесному (*Melica nutans*, *Spiraea media*, *Aconitum septentrionale*, *Trientalis europaea*) ценотипам – 25.9 и 29.7 % соответственно. В промежуточной лесо-луговой группе (*Calamagrostis lapponica*, *Melampyrum pratense*, *Galium boreale*) число видов в несколько раз меньше, чем в каждой из двух предыдущих (8.7 %). Болотный ценотип (13.4 % видов) включает, кроме собственно болотных растений (*Rubus chamaemorus*, *Thyselium palustre*, *Eriophorum polycytachion*, *Oxycoccus palustre*), также лугово-болотные (*Carex caespitosa*) и лесо-болотные (*Carex globularis*) виды, которые кроме болот и заболоченных лесов произрастают на бечевниках. Среди болотных растений встречаются насекомоядные – росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia*). Водных растений вместе с прибрежно-водными (*Potamogeton alpinus*, *Carex aquatilis*, *Nuphar lutea*, *Sparganium emersum*) – 11.7 %. Показатель участия (10.6 %) сорных видов (*Stellaria media*, *Capsella bursa-pastoris*, *Spergula arvensis*, *Urtica dioica*, *Melilotus albus*, *Viola arvensis*, *Androsace filiformis*), которые встречаются на сорных местах около изб и кострищ, свидетельствует о среднем антропогенном воздействии на флору.

Основной жизненной формой являются травы, к которым относится свыше 3/4 биоморфологического состава флоры (88.1 %). Большая часть трав (79.4 %) – многолетние (*Trollius europaeus*, *Ranunculus repens*, *Veronica longifolia*, *Achillea millefolium*). Однодвулетних растений (*Poa annua*, *Stellaria media*, *Fallopia convolvulus*, *Pedicularis palustris*, *Erysimum cheiranthoides*) на порядок меньше – 8.7 %. Все древесные жизненные формы насчитывают 11.9 % видов, из них деревьев всего 3.7 %, кустарников чуть больше – 4.8 % (*Daphne mezereum*, *Salix myrsinifolia*, *Salix phylicifolia*, *Juniperus communis*). Большинство древесных растений (*Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Pinus sylvestris*, *Betula pubescens*, *Populus tremula*) являются лесообразующими породами и образуют первый ярус – соответственно еловые, елово-пихтовые,



Фото 6. Вырубка сосновых деревьев около оз. Средний Кадам на дрова.

Охраняемые сосудистые растения в заказнике «Дон-ты» и на прилегающей территории

Название вида	Семейство	Категория охраны	Встречаемость	Место произрастания
<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Vahl	Cyperaceae Juss.	3(R)	Редко	Верховое болото
<i>Scolochloa festucea</i> (Willd.) Link	Poaceae Barnhart	2(V)	» »	Озера
<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soo	Orchidaceae Juss.	5(Cd)	» »	Заболоченные сосновые леса
<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soo	Orchidaceae Juss.	То же	» »	Там же
<i>Dactylorhiza traunsteineri</i> Saut. ex Reichb.	Orchidaceae Juss.	3(R)	» »	» »
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	Orchidaceae Juss.	5(Cd)	» »	Осиновые и смешанные леса
<i>Nymphaea candida</i> J. Presl	Nymphaeaceae Salisb.	То же	» »	Озера
<i>Ranunculus lingua</i> L.	Ranunculaceae Juss.	2(V)	» »	Там же

елово-кедровые, сосновые, березовые и осиновые леса, другая часть деревьев образует второй древесный ярус (*Salix caprea*, *S. pyrolifolia*, *Sorbus aucuparia*). Кустарники играют важную роль в растительном покрове лесов и лугов и нередко являются доминантами в сообществах, особенно виды рода ива (*Salix* sp.) образуют монодоминантные сообщества в поймах рек. Довольно разнообразен набор кустарничков и полукустарничков – 3.4 % (*Oxycoccus microcarpus*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Andromeda polifolia*, *Linnaea borealis*, *Vaccinium myrtillus*), некоторые из них играют существенную роль в растительном покрове лесов, болот при образовании травяно-кустарничкового яруса.

Экологические группы видов растений выделяли на основе их отношения к фактору увлажнения. Более половины видов растений флоры заказника (51.7 %) относятся к мезофитам – растениям, которые произрастают в местах с достаточным, но не избыточным увлажнением (*Salix caprea*, *Trifolium pratense*, *Delfinium elatum*, *Leucanthemum vulgare*). Растений сухих местообитаний, т.е. ксеромезофитов (*Viola arenaria*, *Potentilla imposita*, *Chaerophyllum prescottii*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Veronica officinalis*) – 31 вид (8.2 %), которые произрастают на сухих лугах и в сосновых лесах. В то же время довольно значительная часть видов (40.1 %) принадлежит к группам растений, характерным для сырых местообитаний – гигромезофитам (9.3 % – *Valeriana wolgensis*, *Phalaroides arundinacea*, *Dactylorhiza hebridensis*), гигрофитам (22.9 % – *Caltha palustris*, *Stellaria crassifolia*), гидрофитам (2.6 % – *Sparganium emersum*, *Comarum palustre*) и гидатофитам (5.3 % – *Potamogeton gramineus*, *Utricularia vulgaris*). Это

связано с большой заболоченностью и обводненностью данной территории.

В болотном заказнике «Дон-ты» отмечено восемь охраняемых в Республике Коми видов сосудистых растений (см. таблицу), включенных в региональную Красную книгу [3]. Виды категорий 0(Ex) – вероятно исчезнувшие на данной территории, и 1(E) – находящиеся в республике под угрозой исчезновения в нашей флоре отсутствуют. Видов второй категории 2(V), относящихся к особо охраняемым растениям, как редкие уязвимые виды с сокращающейся численностью, два. Таковыми являются тростянка овсянцеливая (*Scolochloa festucea*) и лютик длиннолистный (*Ranunculus lingua*). Два вида – очеретник белый (*Rhynchospora alba*) (фото 5) и пальчатокоренник Траунштейнера (*Dactylorhiza traunsteineri*) относятся к редким (категория охраны 3(R)). Виды четвертой категории 4(I) во флоре отсутствуют. Четыре вида растений – пальчатокоренник Фукса (*Dactylorhiza fuchsii*), пальчатокоренник пятнистый (*Dactylorhiza maculata*), любка двулистная (*Platanthera bifolia*), кувшинка чисто-белая (*Nymphaea candida*) – представлены в дополнительной, пятой (5(Cd)) категории охраны, куда включаются виды, довольно обычные, но резко сокращающие свою численность в условиях антропогенного воздействия (лекарственные, декоративные), являющиеся индикаторами данного процесса и требующие биологического надзора.

Болотные системы заказника «Дон-ты» представляют собой малонарушенные системы, которые играют огромную гидрологическую роль, влияя на прилегающие к болоту участки. Но в результате активного рыболовства, сбора ягод и грибов на озере Дон-ты и прилегающей территории

(система Кадамских озер) происходят антропогенные изменения в лесной растительности данного заказника и выражается это в следующем – строительство изб и баз отдыха, наличие мусорных мест по берегам озер, вырубка и подсочка деревьев в лесных сообществах по окраинам болот для дров (фото 6).

Флора высших сосудистых растений заказника «Дон-ты» составляет 379 видов, относящихся к 212 родам и 74 семействам. Уровень видового богатства является средним для подзоны средней тайги, флора является типично бореальной. Показатели систематической, географической, ценотической, экологической и биологической структур являются характерными для флор подзоны средней тайги. В ценотическом анализе преобладают виды лесных и луговых сообществ, сорных видов относительно много, поэтому антропогенные изменения растительности на данной территории значительны. В болотном заказнике «Дон-ты» отмечены восемь охраняемых в Республике Коми видов сосудистых растений, включенных в региональную Красную книгу [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Исаченко Т.И., Лавренко Е.М. Ботанико-географическое районирование // Растительность европейской части СССР. Л.: Наука, 1980. С. 10-20.
2. Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми / Р.Н. Алексеева, Т.М. Безносова, В.П. Гладков и др.; отв. ред. А.И. Таскаев, Н.И. Тимонин. Сыктывкар, 1993. Ч. I. 190 с.
3. Красная книга Республики Коми. М., 2008. 528 с.
4. Леса Республики Коми / Г.М. Козубов, А.И. Таскаев, С.В. Дегтева и др. М., 1999. 332 с.



ВЕРХНИЙ СЛОЙ МЕРЗЛОТЫ КАК ЧАСТЬ СИСТЕМЫ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Близкое подстиление многолетней мерзлоты оказывает существенное влияние на строение и свойства тундровых почв. Кроме того, верхний слой мерзлоты периодически оттаивает и становится частью почвенного профиля, мощность которого обычно принято определять по максимальной за теплый сезон глубине протаивания. Вместе с тем, верхние мерзлотные горизонты обычно имеют определенные отличия



к.г.н. **Д. Каверин**
н.с. отдела почвоведения
E-mail: dkav@mail.ru

Научные интересы: *география, генезис, гидротермический режим почв*



к.г.н. **Г. Мажитова**
с.н.с. отдела почвоведения

Научные интересы: *география, генезис, гидротермический режим почв, криопедология*



к.г.н. **А. Пастухов**
н.с. отдела почвоведения
E-mail: alpast@mail.ru

Научные интересы: *география, генезис, криогенные процессы в почвах*

от эпигенетической толщи многолетней мерзлоты. Так, при исследованиях почв и верхнего слоя мерзлоты рядом авторов [7, 8] было предложено выделять так называемый переходный слой на контакте почвы с многолетнемерзлой толщей, периодически находящийся то в мерзлом, то в талом состоянии и имеющий признаки педогенного и криогенного преобразования. Мощность переходного слоя обычно не превышает несколько десятков сантиметров. Переходный слой представляет собой своеобразный буфер, предохраняющий мерзлоту от скачкообразного оттаивания из-за его высокой льдистости, которая образуется в результате периодического оттаивания и сегрегации льда у фронта последующего промерзания. Буферное действие этого слоя имеет особенно важное значение в периоды изменений климата. Наиболее полно концепцию переходного слоя раскрыл Шур [7], который предложил выделять переходный слой на основании следующих признаков: повышенной льдистости (влажности), наличия криотурбаций, сопоставимого с почвенным профилем содержания органического вещества, относительного повышения рН.

Задачей нашего исследования было на основании идентификационных признаков выяснить степень выраженности переходного слоя в мерзлотных почвах европейского Северо-Востока; дать сравнительную характеристику почвенных профилей в системе «сезонно-талый слой–переходный слой–многолетняя мерзлота».

Исследованы тундровые мерзлотные почвы подзоны северной лесотундры (европейский Северо-Восток, бассейн р. Сейда), характеризующиеся распространением островной многолетней мерзлоты [1]. Район исследования представляет собой термокарстовую депрессию на водораздельном массиве. Глубина залегания мерзлоты варьирует от 0.4 до 2.0 м. Растительность представлена преимущественно кустарниково-кустарничковой мохово-лишайниковой тундрой. Органогенные почвы развиты на торфяниках различной мощности (до нескольких метров),

подстилаемых плейстоценовыми пылеватыми суглинками, выходящими на поверхность на бортах депрессии, где развиты минеральные (в том числе мерзлотные) почвы. Объектами исследования выбраны три минеральных и три органогенных мерзлотных почвенных профиля:

- тундровая глубокоооглеенная, глубина залегания многолетней мерзлоты 150 см;
- торфяно-глеевая мерзлотная, глубина мерзлоты 85 см;
- тундровая глеевая мерзлотная, глубина мерзлоты 174 см;
- сухоторфяная мерзлотная, глубина мерзлоты 55 см;
- сухоторфяная мерзлотная, глубина мерзлоты 52 см;
- торфяная мерзлотная, глубина мерзлоты 42 см.

В пределах сезонно-талого слоя был произведен отбор образцов по горизонтам, в многолетнемерзлой породе – кернами приблизительно каждые 50 см вплоть до глубины 10 м. Бурение льдистых горизонтов мерзлоты проводилось машинным методом.

Мерзлотные минеральные и торфяные горизонты характеризуются разнообразием криогенной текстуры. В многолетнемерзлых минеральных горизонтах преобладают слоистые криогенные текстуры. В полевых условиях переходный слой может быть выделен визуально непосредственно по типу криогенной текстуры с высоким содержанием льда (атакситовая, толстошлировая, ледогрунт) (рис. 1). В верхней части мерзлой толщи (188-190 см) минерального профиля № 1 нами была зафиксирована сложная льдистая криотекстура: толстошлировая с элементами сетчатой между прослойками льда. Однако, в верхних мерзлых горизонтах профиля 2 криотекстура тонкошлировая с визуальной льдистостью не более 10 % (рис. 2). В многолетнемерзлых торфяных горизонтах преобладают более льдистые, по сравнению с суглинками, криогенные текстуры: атакситовые, порфириновые, толстошлировые. Хотя верхний многолетнемерзлый слой не всегда

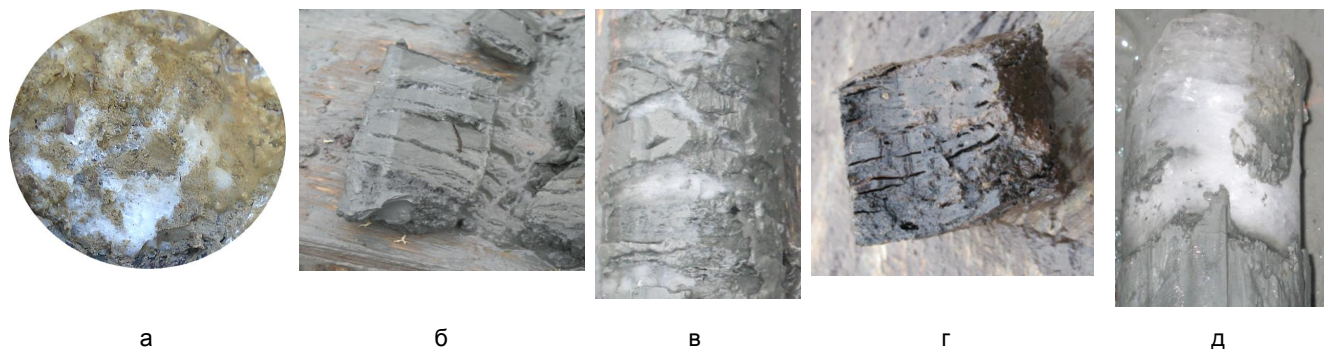


Рис. 1. Типы криогенных текстур: атакситовая (а), слоистая (б), сетчатая (в), шлировая (г) и ледогрунт (д).

отличается «льдыстыми» криотекстурами. Так, в профиле 4 торфяной горизонт на глубине 55-75 см имеет косослоистую криотекстуру, а более льдистая сетчатая текстура выявлена ниже – в подстилающем торф суглинке. В профиле 5 в верхнем мерзлом горизонте (52-70 см) вовсе не обнаруживается видимый лед, льдистые текстуры наблюдаются лишь с глубины более 1 м. Наиболее четко по морфологии льдистый слой проявляется в профиле 6, где верхние горизонты мерзлого торфа (40-80 см) характеризуются атакситовой криотекстурой (рис. 2).

Четко выраженных криотурбаций в верхних многолетнемерзлых горизонтах выявлено не было. Криотурбации обнаруживаются в пределах сезонно-талого слоя (профиль 2), а также в многолетнемерзлых горизонтах в пределах второго метра, но не на контакте с сезонно-талым слоем (СТС). Криотурбации на такой глубине, тем не менее, являются свидетелями более мощного сезонно-талого слоя в прошлом. Криотурбации на значительных глубинах можно объяснить существованием промежуточного слоя, который представляет собой горизонт максимального голоценового протаивания мощностью до нескольких метров и выделяется специалистами в основном в пределах Восточной Сибири

[2, 7]. На территории европейского Северо-Востока выделить этот слой в пределах эпигенетической толщи многолетней мерзлоты достаточно сложно ввиду его неясной выраженности. Промежуточный слой уже не является частью почвенного профиля и представляет собой самостоятельное геокриологическое образование [7].

Считается, что переходный слой является наиболее увлажненной частью почвенного профиля, его влажность (льдистость) обычно выше в сравнении с деятельным слоем и нижележащей мерзлотой. В исследованных нами профилях было выявлено относительное повышение содержания весовой влаги (льда) в верхних многолетнемерзлых горизонтах. В минеральных почвах при переходе от сезонно-талого слоя к мерзлотным горизонтам весовая влажность (льдистость) повышается почти в два раза и достигает 40-50 % в профилях 1, 2 (рис. 3). Отсутствие повышения льдистости в профиле 3 может быть объяснено его оттаиванием в последние десятилетия и присоединением к сезонно-талому слою, мощность которого составляет выше 1.5 м. Данные мониторинга мерзлотных почв и грунтов показывают, что многолетняя мерзлота в минеральных почвах региона имеет высокие отрицательные температуры (до $-1...-2^{\circ}\text{C}$) [3, 4], в связи с чем мерзлота нестабильна и постепенно оттаивает на фоне повышения среднегодовых температур воздуха и почвы.

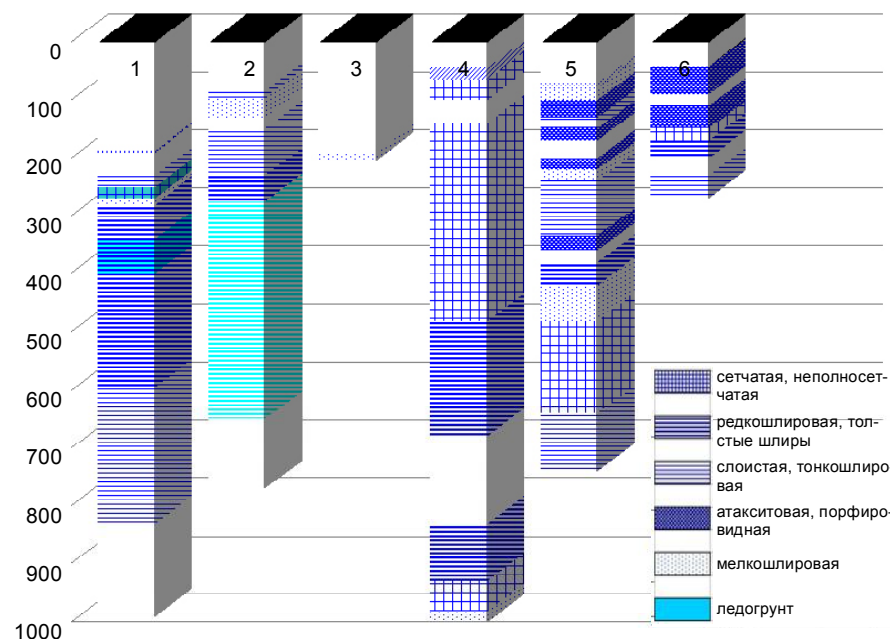
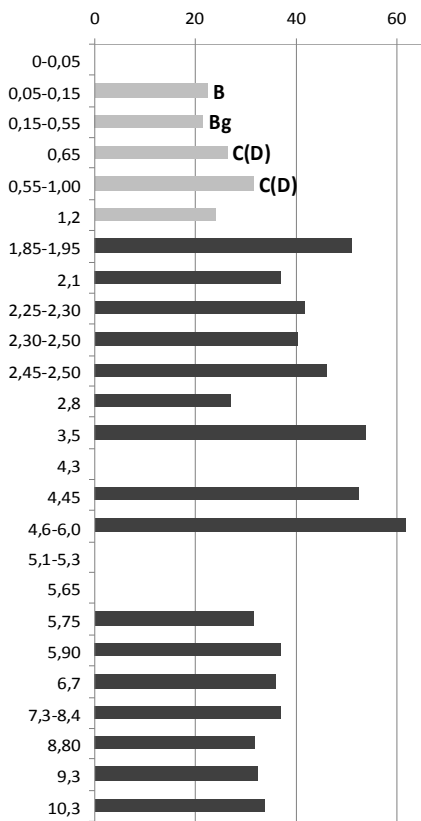


Рис. 2. Криогенное строение профилей (1-6). По вертикали – глубина, см.

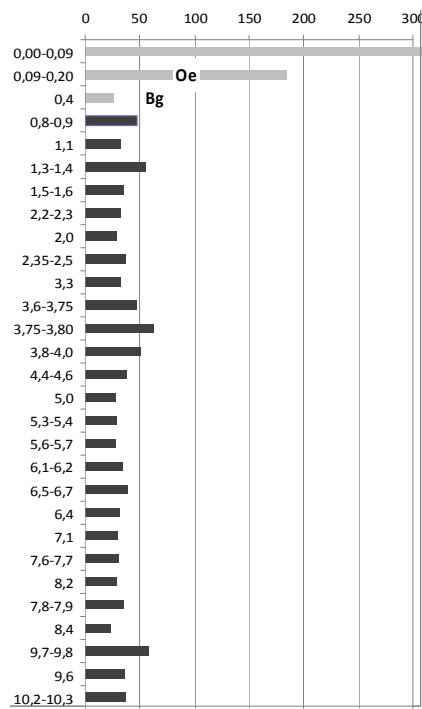
Наиболее длительные наблюдения за динамикой верхнего слоя мерзлоты, где обычно наблюдается формирование переходного слоя, были проведены на площадке R2 циркумполярного мониторинга деятельного слоя (CALM) в окрестностях г. Воркута (бассейн р. Аяч-Яга).

С 1999 г. на площадке R2 было зафиксировано существенное увеличение мощности деятельного слоя – 22 см в среднем по площадке. При этом верхняя граница многолетней мерзлоты опустилась на 36 см, сопровождаемая просадкой поверхности почвы (рис. 4) в среднем на

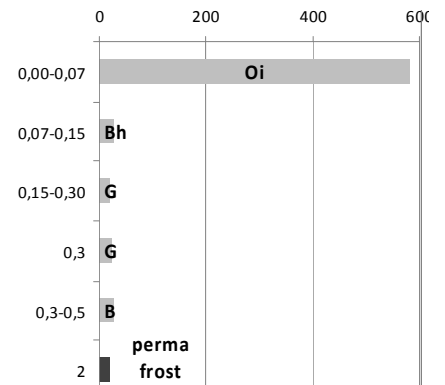
Профиль 1. Тундровая глубокоогулеенная мерзлотная, мерзлота 150 см



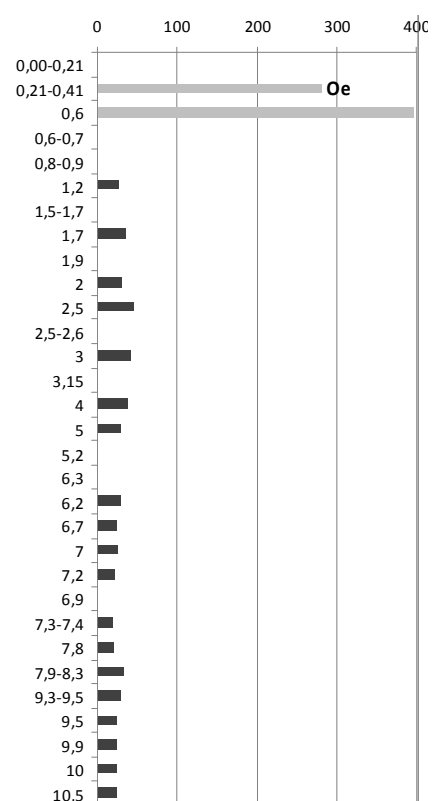
Профиль 2. Торфяно-глеевая мерзлотная, мерзлота 85 см



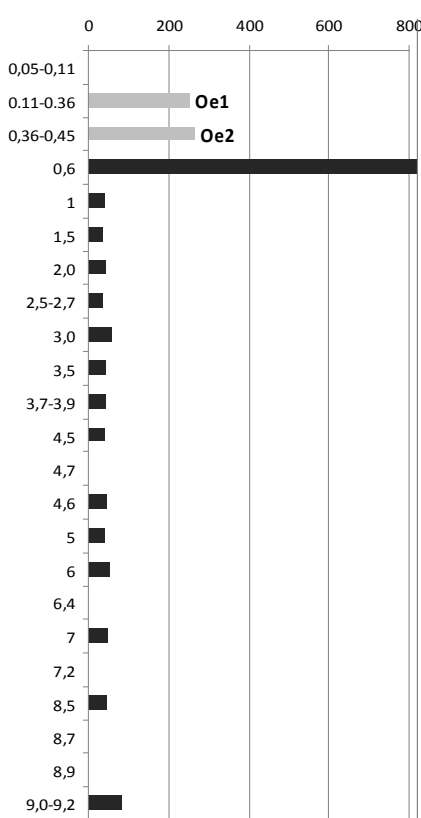
Профиль 3. Тундровая глеевая мерзлотная, мерзлота 174 см



Профиль 6. Торфяная мерзлотная, мерзлота 42 см



Профиль 4. Сухоторфяная мерзлотная, мерзлота 55 см



Профиль 5. Сухоторфяная мерзлотная, мерзлота 52 см

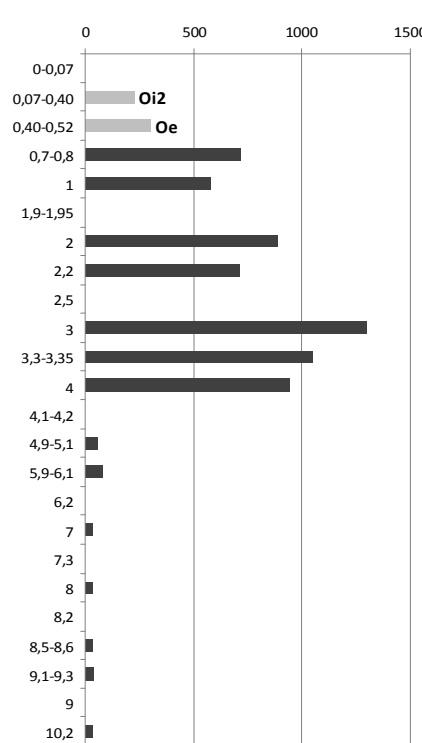


Рис. 3. Весовая влажность (льдиистость) в тундровых мерзлотных почвах и подстилающей мерзлоте, %. Светло-серым цветом показана влажность в пределах сезонно-талого слоя

22 см [5]. Для определения содержания льда в верхнем слое многолетней мерзлоты мы старались избежать бурения на площадке с целью сохранения

ее целостности. Объемная льдиистость протаявших за период наблюдений горизонтов была определена расчетом так называемой «нормализованной просадки» (соотношение просадки к опусканию поверхности многолетней мерзлоты). За период измерения просадки на площадке CALM этот индекс варьировал в диапазоне 0,4-0,5, что соответствует объемной льдиистости оттаявшего слоя 40-50%. Такое высокое содержание льда обычно характерно для переходного слоя в минеральных почвах. Таким образом, поверхностная просадка обусловлена протайкой верхнего высокольдиистого слоя мерзлоты.

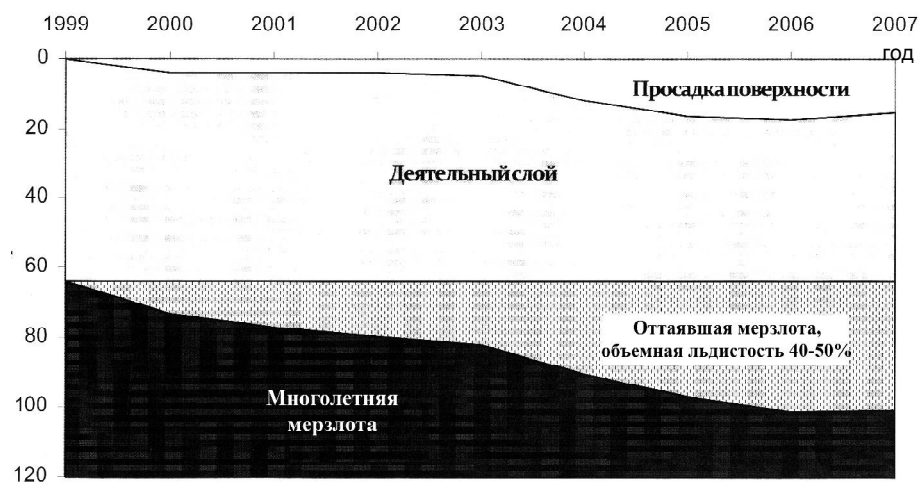


Рис. 4. Просадка поверхности почвы и увеличение мощности сезонно-талого слоя на площадке CALM. По вертикали – глубина, см.

В верхних многолетнемерзлых горизонтах исследованных торфяных почв весовая льдистость достигает 300-800 %, что в два-три раза выше относительно СТС и нижележащих многолетнемерзлых горизонтов. Повышенная льдистость переходного слоя и относительно низкие среднегодовые температуры мерзлоты ($-2...-3^{\circ}\text{C}$) на фоне хорошей термоизоляционной способности торфяных горизонтов способствуют стабильному положению верхней границы мерзлоты в торфяных мерзлотных почвах. В эпизоды оттаивания в переходном слое может накапливаться органическое вещество, поступающее из вышележащих почвенных горизонтов. Органика здесь промерзает на десятки, иногда сотни лет [6]. Это накладывает отпечаток на ее качество и сказывается на скорости разложения при переходе в талое состояние. Как следствие, уровень pH в многолетнемерзлых горизонтах возрастает: непосредственно при переходе от СТС к мерзлой толще незначительно (на 0.5-0.6), однако с глубиной значения pH доходят до нейтральных и слабощелочных. Максимальные значения pH (более 7) обнаруживаются в мерзлых суглинистых горизонтах на глубине в несколько метров. Наибольшие величины pH мерзлого торфа колеблются в интервале 5-6, что несколько меньше, чем в суглинистых кернах. Это связано с кислым характером торфяных слоев. Связывание углерода как в верхних минеральных горизонтах мерзлоты, так и в нижних практически не отличается от такового в талых почвенных горизонтах и редко превышает 1 %. Для переходного слоя в исследуемых почвах характерны следующие диагностические признаки:

- явно льдистые криогенные текстуры в верхних горизонтах мерзлоты были обнаружены лишь в двух из шести описанных профилей (в одном минеральном и одном органическом);
- криотурбации не обнаруживаются;
- в большинстве профилей на контакте обнаруживается повышение весовой льдистости;
- содержание углерода вполне сопоставимо с таковым в почве;
- pH в верхних мерзлых горизонтах незначительно повышается, однако сопоставим с таковым в деятельном слое почвы.

Таким образом, наши данные позволяют сделать следующие выводы: на европейском Северо-Востоке близкое залегание многолетней мерзлоты оказывает значительное влияние на почвообразование в связи с различным термическим режимом почв. В тундровых

мерзлотных почвах верхний слой мерзлоты является промежуточным звеном между современным сезонно-талым слоем почвы и эпигенетической толщей мерзлоты, хотя и не всегда имеет все признаки классического переходного слоя. Тем не менее, высокольдистый переходный слой хорошо проявляется в органических почвах, в минеральных профилях он выражен менее четко. Отсутствие высокольдистого слоя некоторых минеральных почв обусловлено его оттаиванием в условиях современного потепления климата. Оттаивание переходного слоя в мерзлотных почвах является основной причиной поверхностных просадок в тундре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геокриологическая карта СССР (М: 1:2500000) / Под ред. Е.Д. Ершова, К.А. Кондратьевой. М., 1998.
2. Гречищев С.Е., Чистотин Л.В., Шур Ю.Л. Основы моделирования криогенных физико-геологических процессов. М.: Недра, 1984. 384 с.
3. Мажитова Г.Г. Мониторинг гидротермического режима тундровых почв // Структурно-функциональная организация почв и почвенного покрова европейского Северо-Востока. СПб.: Наука, 2001. С. 153-162.
4. Мажитова Г.Г. Температурные режимы почв в зоне несплошной многолетней мерзлоты европейского северо-востока России // Почвоведение, 2008. № 1. С. 20-27.
5. Мажитова Г.Г., Каверин Д.А. Динамика глубины сезонного протаивания и осадки поверхности почвы на площадке циркумполярного мониторинга деятельного слоя (CALM) в европейской части России // Криосфера Земли, 2008. Т. XI, № 4. С. 20-30.
6. Судьба вечной мерзлоты: взгляд из прошлого в будущее / П.Ф. Демченко, А.А. Величко, Г.С. Голицын и др. // Природа, 2001, № 1. С. 43-49.
7. Шур Ю.Л. Верхний горизонт толщи мерзлых пород и термокарст. Новосибирск: СО Наука, 1988. 213 с.
8. Яновский В.К. Экспедиция на р. Печору по определению южной границы вечной мерзлоты // Труды комиссии по изучению вечной мерзлоты. Л., 1933. Т. 2. С. 65-149.