



ВЕСТНИК

Института биологии
Коми НЦ УрО РАН

№ 7
(153)

В номере

СТАТЬИ

- Пристова Т.** Фитомасса растений напочвенного покрова
лиственных и лиственно-хвойных насаждений средней тайги 2
- Скупченко Л., Мартынов Л.** Перспективное развитие дендрария ботанического сада
Института биологии Коми НЦ УрО РАН 5
- Фефилова Е., Кононова О.** Планктонные сообщества мелких лесных водоемов
в период ледостава 8
- Василевич М., Безносиков В., Кондратенок Б.** Макрокомпонентный состав
снежного покрова на территории таежной зоны Республики Коми 12

СООБЩЕНИЯ

- Бабак Т., Бачаров Д.** Структурные особенности представителей рода *Sedum* L.s.l.
в условиях Севера 18
- Елькина Г.** Сера в питании растений на подзолистых почвах 20
- Дулин М.** Печеночники тундрового пояса Толбачинского вулканического массива
(Камчатка) 23
- Михович Ж., Рубан Г., Зайнуллина К.** Некоторые особенности онтогенеза
свербиги восточной в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми 26
- Порошин Е.** Анализ филогенетической близости куньих по форме нижней челюсти 28
- Яковлева Е., Безносиков В., Кондратенок Б., Габов Д.**
Биоаккумуляция полициклических ароматических углеводов *Picea obovata* 30

ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ

- Гончарова Н., Канев В.** Растительность болотного заказника «Океан»
(Усть-Цилемский район, подзона крайнесеверной тайги) 33

ПАТЕНТ

- Сундуков Е.** Транспортные системы для крупногабаритных и тяжеловесных объектов 37

КОМАНДИРОВКА

- Дымова О.** Международное сотрудничество с Ягеллонским университетом
(Краков, Польша) 39

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. Кондратенок, 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

**ФИТОМАССА РАСТЕНИЙ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ЛИСТВЕННЫХ И ЛИСТВЕННО-ХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ**

Формирование смешанных лиственно-хвойных насаждений на значительных площадях сплошных вырубок в течение XX в. стало характерной особенностью северных лесов. В верхнем ярусе вторичных лесов преобладают осина и береза, под их пологом появляется ярус теневыносливых хвойных пород, преимущественно ели. Формирование насаждения на месте вырубки определяется особенностями самой рубки, характером поступившего в рубку леса, климатическими, почвенными и биотическими факторами [1]. На рубках 1950-1990 гг., проведенных на территории Республики Коми, сформировались преимущественно елово-березовые и сосново-березовые производные насаждения. Сплошные концентрированные рубки лесов привели к развитию вторичных лесов, для которых характерны неравномерная полнота, гетерогенный состав и структура основных ярусов [2]. Изучение сукцессионных процессов в смешанных лиственно-хвойных лесах важно для понимания динамики таежных лесов в целом.

Антропогенное воздействие и последующее естественное лесовозобновление оказывают существенное влияние на состав, структуру и фитомассу растений древесного яруса и напочвенного покрова. Согласно исследованиям С.В. Дегтевой, смена пород приводит к изменению видового состава фитоценозов, и в березняках количество видов может составлять до 361 [2]. Численность видов в лиственных насаждениях в 1.5-2.0 раза выше, чем в ельниках. Оценка фитомассы растений имеет важное прикладное и теоретическое значение. Исследования смешанных лиственных насаждений проводились на постоянных пробных площадях (ППП) на территории Ляльского лесозоологического стационара и в окрестностях дер. Кылтово Княжпогостского района Республики Коми, в течение 10 лет. Объекты изучения можно выстроить в определенный возрастной ряд (по возрастантию):

1. Березово-еловый молодняк разнотравного типа. Состав древостоя 8Б2Е, возраст 12 лет. Почва – торфянисто-подзолисто-глееватая.

2. Березово-осиновое насаждение разнотравного типа. Состав древостоя 5Ос4Б1Е ед.Пх, возраст 37 лет. Почва – торфянисто-подзолисто-глееватая.

3. Лиственно-хвойное насаждение разнотравно-черничного типа. Состав древостоя 53Ос40Б4С3Е, возраст 45 лет. Почва – иллювиально-гумусово-железистый подзол.

4. Сосново-лиственное насаждение черничного типа. Состав древостоя 51С24Б23Ос2Е, возраст 45 лет. Почва – иллювиально-гумусово-железистый подзол.



Т. Пристова

5. Березово-осиновое насаждение разнотравно-зеленомошного типа. Состав древостоя 7Ос2Б1Е+Пх, возраст 90 лет. Почва – типичный подзол.

До вырубки на месте березово-елового молодняка и средневозрастного березово-осинового насаждения произрастали ельник чернично-долгомошный и ельник черничный, состав древостоя 8Е2Б, подроста – 10Е, возраст 150-190 лет. Напочвенный покров исследуемых фитоценозов довольно мозаичен, наиболее значительно это выражено в лиственном молодняке и средневозрастном березово-осиновом насаждении. Исследуемые лесные экосистемы отличаются по видовому составу и количеству видов, формирующих напочвенный покров. Наибольшим видовым разнообразием отличается лиственно-хвойное насаждение, наименьшим – сосново-лиственное (табл. 1). Известно, что видовое разнообразие лиственных фитоценозов возрастает благодаря травянистым многолетникам [2].

Видовое сходство между исследуемыми лиственными насаждениями (табл. 2) определялось при помощи коэффициента Жаккара (Кж). Максимальное сходство (Кж > 70 %) наблюдается между березово-еловым молодняком и осиново-березовыми насаждениями (37- и 90-летнего возраста). Высокая степень сходства связана с одинаковыми почвами. Большое сходство (Кж > 50 %) наблюдается между всеми исследуемыми средневозрастными насаждениями и с молодняком. В данном случае сходство определяется схожестью с составом и возрастом древостоев. Уровень различия видового состава между исследуемыми фитоценозами (табл. 2) определялся при помощи коэффициента дифференциальности (Кд). Наибольшая степень различия (Кд > 50 %) наблюдается между средневозрастными лиственными насаждениями и 90-летним березово-осиновым. Это говорит о существенных изменениях видового состава, а значит и лесорастительных условий в ходе сукцессионного развития. К 90-летнему возрасту в лиственных насаждениях формируется особый видовой состав, отличный и от средневозрастных лиственных насаждений.

Максимальным накоплением фитомассы характеризуется березово-еловый молодняк – 1950.95 ± 220.53, минимальным – березово-осиновое насаждение (37 лет) – 406.49 ± 62.86 кг/га (табл. 1). Среди видов, доминирующих по фитомассе, в напочвенном покрове исследуемых фитоценозов можно выделить *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L., *Agrostis tenuis* Sibth., *Geranium sylvaticum* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Scop., *Melampyrum sylvaticum* L., *Solidago virgaurea* L., *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill., *Polytrichum commune* Hedw.,

Пристова Татьяна Александровна – к.б.н., н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: pristova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: биологический круговорот, атмосферные осадки, фитомасса растений.

Фитомасса растений напочвенного покрова, кг/га

Вид	Насаждение			
	лиственнно-хвойное	сосново-лиственное	березово-осиновое, 37/90 лет	березово-еловый молодняк
		Кустарнички		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	71.40±8.49	32.13±16.38	16.88±3.15 / 51.90±11.92	99.44±11.63
<i>V. myrtillus</i>	146.60±13.27	430.13±173.42	60.78±18.39 / 9.10±4.55	190.80±20.78
<i>Linnaea borealis</i>	3.10±0.33	8.97±0.72	1.04±0.23 / 2.73±0.79	1.58±0.45
Всего	221.10±13.15	471.23±206.79	78.70±21.77 / 63.73±17.26	291.82±32.86
		Папоротники		
<i>Dryopteris carthusiana</i>	20.20±2.54	–	11.24±5.62 / –	–
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	0.10±0.01	0.75±0.00	– / 30.16±5.00	–
Всего	20.30±0.26	0.75±0.00	11.24±5.62 / 30.16±5.00	–
		Хвощи и плауны		
<i>Equisetum sylvaticum</i>	0.03±0.01	0.19±0.06	8.24±1.81 / 0.57±0.19	11.10±2.06
<i>Equisetum fluviatilis</i>	–	–	– / –	6.08±0.97
<i>Diphasium complanatum</i>	13.50±1.67	–	– / –	5.02±1.09
Всего	13.53±1.78	0.19±0.06	8.24±1.81 / 0.57±0.19	22.20±4.12
		Злаки		
<i>Agrostis tenuis</i>	45.10±5.80	–	5.5±1.18 / 3.53±1.22	133.53±14.92
<i>Juncus filiformis</i>	14.80±7.20	35.75±8.13	– / –	44.18±5.26
<i>Luzula pilosa</i>	3.90±0.37	11.22±0.95	7.59±1.12 / 4.67±1.17	7.29±0.79
<i>Deschampsia caespitosa</i>	–	–	4.08±0.88 / 0.57±0.40	4.12±0.63
<i>Carex globularis</i>	–	–	10.62±0.91 / 14.23±3.55	34.62±3.80
Всего	63.80±10.48	45.97±9.08	27.79±4.09 / 23.00±8.35	223.74±25.40
		Травы		
<i>Maianthemum bifolium</i>	6.80±0.35	10.39±0.55	– / 2.05±0.73	–
<i>Platanthera bifolia</i>	0.40±0.12	–	– / –	–
<i>Dactylorhiza maculata</i>	12.10±1.10	–	– / –	–
<i>Ranunculus propinquus</i>	5.00±0.65	–	– / 1.37±0.68	2.35±0.61
<i>Rubus saxatilis</i>	15.40±1.63	2.13±0.16	3.03±0.59 / 10.24±2.06	37.24±10.63
<i>Fragaria vesca</i>	11.10±0.93	2.96±0.06	– / –	–
<i>Amoria repens</i>	1.10±0.08	–	– / –	–
<i>Vicia sylvatica</i>	5.80±0.86	–	– / –	–
<i>Geranium sylvaticum</i>	26.70±3.77	–	– / 64.18±11.72	–
<i>Oxalis acetosella</i>	5.60±2.00	–	3.24±0.30 / 5.92±0.75	1.05±0.35
<i>Viola epipsila</i>	0.20±0.02	–	– / –	–
<i>Lathyrus vernus</i>	–	–	– / 4.21±2.11	–
<i>Chamerion angustifolium</i>	45.30±2.59	–	8.24±1.34 / 3.64±1.82	191.33±4.73
<i>Angelica sylvestris</i>	11.90±1.61	–	12.54±2.65 / 2.50±1.25	–
<i>Pyrola media</i>	25.10±6.28	0.38±0.05	– / –	0.56±0.15
<i>Trientalis europaea</i>	12.60±4.44	7.85±2.85	3.70±0.15 / –	0.13±0.04
<i>Prunella vulgaris</i>	3.60±0.42	–	– / –	–
<i>Veronica chamaedrys</i>	1.00±0.12	–	– / –	–
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	47.20±20.87	16.25±6.25	1.61±0.23 / 0.23±0.7	39.95±5.24
<i>Adoxa moschatellina</i>	0.02±0.01	–	– / –	–
<i>Solidago virgaurea</i>	24.90±8.04	19.10±5.79	64.49±3.96 / 8.54±2.82	21.38±6.54
<i>Filipendula ulmaria</i>	–	–	– / –	–
<i>Crepis sibirica</i>	1.00±0.01	2.75±0.35	3.51±0.54 / –	–
<i>Crepis paludosa</i>	–	–	– / –	–
<i>Hieracium umbellatum</i>	4.20±0.37	1.00±0.30	4.36±0.89 / –	–
<i>Cirsium heterophyllum</i>	18.00±6.95	–	10.81±0.64 / –	–
<i>Ortilia secunda</i>	–	–	9.10±1.28 / 3.53±1.76	–
<i>Chrysosplenium alternifolium</i>	–	–	5.10±1.15 / –	–
Всего	285.02±88.02	62.81±11.72	129.73±13.72 / 106.41±25.77	293.99±28.29
		Мхи		
<i>Polytrichum commune</i>	328.5±82.69	83.75±36.25	32.62±4.74 / –	433.84±20.10
<i>Pleurozium schreberi</i>	27.90±1.92	7.33±0.69	– / 235.79±22.08	40.32±3.00
<i>Dicranum polysetum</i>	39.80±4.59	13.47±3.93	0.47±0.08 / –	11.05±0.93
<i>Dicranum sp.</i>	–	–	– / –	–
<i>Hylocomium splendens</i>	28.80±1.55	12.77±0.33	17.16±2.08 / 100.03±9.97	140.33±23.92
<i>Rhitiadelphus triquetrus</i>	4.00±0.45	–	– / –	–
<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	–	0.66±0.20	– / –	–
<i>Sphagnum magellanicum</i>	–	2.50±0.54	99.58±8.74 / –	484.36±80.47
<i>Aulacomnium palustre</i>	–	–	0.96±0.21 / 15.36±3.23	9.37±1.44
Всего	429.0±165.31	120.48±58.03	150.79±15.85 / 351.18±35.28	1119.27±129.86
Итого	1032.75±241.42	702.43±131.01	406.49±62.86 / 575.05±38.47	1950.95±220.53

Примечание: прочерк – вид отсутствует.

Коэффициенты Жаккара (верхняя строка) и дифференциальности (нижняя строка) для видового состава растений исследуемых фитоценозов

Тип насаждения	Березово-еловый молодняк	Березово-осиновое (37 лет)	Лиственнично-хвойное	Сосново-лиственное
Березово-еловый молодняк	–	–	–	–
Березово-осиновое, лет 37	71.0	–	–	–
90	29.0	–	–	–
	73.3	36.2	50.0	36.2
	26.7	44.7	50.0	63.8
Лиственнично-хвойное	56.3	60.8	–	–
	43.8	39.2	–	–
Сосново-лиственное	55.6	45.3	58.2	–
	44.4	54.7	41.8	–

Таблица 2

Сосново-лиственное насаждение отличается доминированием кустарничков (70 %), а доля трав и мхов приблизительно одинакова и составляет 16 и 17 % соответственно. Среди доминирующих групп растений – кустарнички, травы и мхи. В средневозрастных лиственнично-хвойном и березово-осиновом насаждениях на травы приходится около 40, кустарнички – 20, мхи – около 40 %. В березово-еловом молодняке и березово-осиновом (90 лет) фитоценозах около 30 % приходится на травы, более половины – на мхи. Высокий уровень накопления фитомассы кустарничками (70 %) наблюдается в сосново-лиственном насаждении. Для статистического анализа показателя фитомассы растений напочвенного покрова исследуемых фитоценозов применен коэффициент вариации. Представленные данные указывают на относительно низкую вариабельность исследуемых фитоценозов по показателю фитомассы напочвенного покрова (табл. 4).

Фитомасса растений напочвенного покрова, %

Жизненная форма	Лиственнично-хвойное	Сосново-лиственное	Березово-еловый молодняк	Березово-осиновое: возраст, лет	
				37	90
Кустарнички	21.5	67.1	15.0	19.4	9.4
Папоротники	2.0	0.1	0	2.8	4.3
Хвощи и плауны	1.0	0.1	1.1	2.0	0.1
Злаки	6.3	6.5	11.5	6.8	19.0
Травы	27.6	9.0	15.0	31.9	15.6
Мхи	41.6	17.2	57.4	37.1	51.6

Таблица 3

Однако следует отметить, что 90-летнее березово-осиновое насаждение по данному показателю менее изменчиво, чем другие фитоценозы. Наименее устойчивы средневозрастные лиственные насаждения. Если в целом для фитомассы напочвенного покрова коэффициент вариации не превышает 25 %, то для отдельных групп растений его значение изменяется в более широких пределах (около 50 %). Коэффициент вариации указывает на низкую изменчивость фитомассы мохового покрова в березово-осиновых насаждениях и высокую устойчивость в 45-летних лиственных насаждениях.

Коэффициент вариации показателя фитомассы растений напочвенного покрова для различных групп растений, %

Тип насаждения	Фитомасса			
	общая	мхи	кустарнички	травы
Березово-еловый молодняк	11.3	11.6	11.3	9.6
Березово-осиновое, лет 37	15.5	10.5	27.7	10.6
90	5.6	10.1	27.1	24.2
Лиственнично-хвойное	23.4	38.5	6.0	31.0
Сосново-лиственное	18.7	48.2	43.9	18.7

Таблица 4

Pleurozium schreberi (Brid.). Mitt., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Br., Sch. et Gmb., *Sphagnum magellanicum* Brid.

Фитомасса папоротников, хвощей и плаунов в напочвенном покрове исследуемых насаждений, как правило, не превышает 5 % и значительного влияния на формирование фитомассы напочвенного покрова не оказывает (табл. 3). Фитомасса злаков также небольшая – около 10 %. Выделены доминирующие группы растений напочвенного покрова исследуемых насаждений. В средневозрастных лиственнично-хвойном и осиново-березовом фитоценозах около 40 % фитомассы приходится на травы и столько же на мхи. В березово-еловом молодняке и березово-осиновом насаждении (90 лет) это соотношение несколько иное: 30 и 50 % соответственно. По всей вероятности, с возрастом, по мере развития лиственного насаждения, участие трав в формировании фитомассы напочвенного покрова будет снижаться, что связано с развитием елового подростка во втором ярусе под пологом лиственных пород.

Устойчивость мохового покрова связана с лесными фитоценозами, произрастающими на торфянисто-подзолисто-глеевой почве, и большой долей участия в формировании фитомассы сфагновых мхов. Кустарничковый ярус в лиственнично-хвойном насаждении менее изменчив, чем в сосново-лиственном, несмотря на то, что здесь черника – доминирующий вид в травяно-кустарничковом ярусе. Наименее изменчива фитомасса трав в березово-еловом молодняке и 37-летнем березово-осиновом насаждении, наиболее – травянистый ярус в средневозрастном лиственнично-хвойном и 90-летнем березово-осиновом насаждении. Полученные результаты указывают, что видовой состав и фитомасса растений напочвенного покрова лиственных насаждений, сформированных в процессе антропогенной сукцессии на месте вырубki ельников, определяются составом, возрастом древостоя, типом почвы и этапом сукцессионного развития.

Итак, наибольшим и наименьшим видовым разнообразием отличаются лиственнично-хвойное и сосно-

во-лиственное насаждения соответственно. Максимальное видовое сходство (Кж 70 % и более) наблюдается между березово-еловым молодняком и осиново-березовыми насаждениями. Большое сходство (Кж 50 % и более) отмечается между всеми исследуемыми средневозрастными насаждениями и молодняками, что определяется составом древостоя. Высокий уровень различия (Кд 50 % и более) наблюдается между средневозрастными насаждениями и 90-летним березово-осиновым насаждением, свидетельствует о формировании особого видового состава, отличного от лиственных насаждений других возрастов. Максимальным накоплением фитомассы характеризуется березово-еловый молодняк

(1950.95±220.53 кг/га), минимальным – березово-осиновое насаждение 37-летнего возраста (406.49±62.86). Зависимости между фитомассой и количеством видов исследуемых фитоценозов не выявлено.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мелехов И.С. К типологии концентрированных вырубок в связи с изменениями в напочвенном покрове // Концентрированные рубки в лесах Севера. М.: Изд-во АН СССР, 1954. С. 110-125.
2. Ценоотическая и флористическая структура лиственных лесов европейского Севера / С.В. Дегтева, Г.В. Железнова, Т.Н. Пыстина, Т.П. Шубина. СПб.: Наука, 2001. 269 с. ❖

ПЕРСПЕКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕНДРАРИЯ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ КОМИ НЦ УРО РАН

Более 60 лет тому назад (1946 г.) был создан ботанический сад Института биологии Коми НЦ УРО РАН. Инициатором его создания является М.М. Чарочкин – ученый, большой любитель природы, энтузиаст своего дела. Дендрарий ботанического сада закладывался практически на полях плодопитомника, лишенных древесной растительности, поэтому находящиеся в нем насаждения искусственные. Сейчас дендрарий занимает площадь около 4 га (фото 1). Территория разделена на семь кварталов, отделенных друг от друга дорожками и аллеями из боярышника, ели, ирги, сирени. Коллекционные насаждения внутри кварталов сгруппированы по принципу географического происхождения: виды растений Европы, Сибири, Дальнего Востока и Восточной Азии, Северной Америки. Отдельную группу представляют растения садовых форм, гибриды и сорта. Коллекционный фонд в настоящее время составляют около 600 таксонов. Главное назначение дендрария – обогащение культурной флоры Республики Коми новыми видами древесных растений для озеленительных целей, а также сохранение их генетического фонда.

Использование устойчивых декоративных видов из других флор в озеленении имеет большое значение. Оно дает возможность создавать уютные зеленые уголки не только в самом дендрарии, а также в парках и городских посадках, приносящие человеку покой и равновесие. Известно, что гармония должна быть во всем, что окружает человека, а сад и дом должны

благоприятствовать гармонии души [5]. Сады, дендрарии, городские озеленительные посадки и композиции в них, построенные по ландшафтно-архитектурным принципам, способствуют эффекту созерцательного спокойствия у людей и воспитывают чувственное отношение к окружающей природе. Ботанический сад Института биологии выполняет функцию не только научно-практическую, но и культурно-просветительскую [4]. С коллекциями экзотических растений дендрария знакомятся и жители республики, и участники различных конференций и симпозиумов. Здесь проводят экскурсии и практические занятия со школьниками и студентами. Поэтому дендрарий ботанического сада должен быть образцом декоративности и высокой культуры.

Основной облик дендрария ботанического сада сложился давно. Благодаря искусственным насаждениям деревьев и кустарников в виде аллей и рядовых посадок до настоящего времени сохранились элементы регулярного стиля ландшафтной архитектуры. Внутри кварталов растения представлены различными типами посадок: небольшими группами, рядами и одиночно. Применение большого количества экземпляров одного вида недопустимо, так как площади дендрария весьма ограничены. Композиционных объектов, за исключением, пожалуй, одной каменистой горки, в саду долгое время не было. К концу 80-х–началу 90-х годов прошлого столетия многие виды древесных растений достигли своего критического возраста



Л. Скупченко



Л. Мартынов

и стали выпадать из коллекции. Пришло время обновления дендрария с точки зрения ландшафтно-архитектурной реконструкции. В 1996 г. был разработан план перспективного развития дендрария ботанического сада на 10 лет [7], по которому предусматривалась частичная его реконструкция. В частности, после проведения основной прочистки территории от лишней и пришедшей в упадок древесной растительности планировалась посадка новых видов растений, создание разного рода экспозиций, отдельных родовых комплексов и малых архитектурных форм. Учитывалось то обстоятельство, что парки и сады северных областей с коротким и прохладным летом должны быть светлыми и просторными [6]. Кроме того, учитывая небольшую площадь дендрария, основной задачей было и остается создание на малой площади иллюзии большого и разнообразного пространства, на котором будет достигнуто увеличение эффекта декоративности [7]. По перспективному плану развития дендрария намечалось создание коллекционных участков ив (салицетум), роз (розарий), мхов, не-

Скупченко Людмила Алексеевна – к.б.н., с.н.с. отдела Ботанический сад. E-mail: punegov@ib.komisc.ru. Научные интересы: интродукция растений, биоразнообразие, декоративное садоводство.

Мартынов Леонид Григорьевич – к.б.н., вед. инженер этого же отдела. E-mail: avokueva@ib.komisc.ru. Научные интересы: декоративное садоводство.

которых представителей семейства вересковых, а также рокарии, экспозиции сада непрерывного цветения, рядовые посадки.

В соответствии с планом создана композиция из декоративных хвойных и лиственных растений на участке площадью 80 м² (фото 2). Площадь участка спланирована разновысотными террасами, что позволяет более красочно и в большем количестве разместить растения в экспозиции. Участок солнечный, с влагопроницаемой почвой, слегка затененный с северной стороны декоративными деревьями и кустарниками, что является хорошим фоном и защитой экзотических растений от холодных ветров. Здесь нашли благоприятные условия для роста и развития многие декоративные формы туи, можжевельника. Хорошо чувствуют себя садовые формы кипарисовика горохоплодного (*Chamaecyparis pisifera*), туювек поникающий (*Thujaopsis dolabrata*), тис ягодный (*Taxus baccata*) и такие редкие растения ботанических садов, как лавровишня

лекарственная (*Laurocerasus officinalis*) и каштан посевной (*Castanum sativum*), который ежегодно обмерзает, но из коллекции не выпадает.

Руководствуясь планом, недалеко от служебного здания у шоссе на дороге была заложена небольшая коллекция ив на площади 500 м². Ивы – быстрорастущие растения, устойчивы к газам, дыму, пыли и весьма декоративны в летний период. Использование ив на этом участке дало быстрый эффект озеленения. Здесь произрастают наиболее декоративные и неприхотливые формы ивы ломкой (*Salix fragilis*) – и шаровидная (*S. f. 'Bullata'*), и элегантная (*S. f. 'Elegantissima'*), и извилистая (*S. f. 'Tortuosa'*) и другие. Увеличение количества видов ивы ограничено малыми размерами участка. В эти годы согласно плану была заложена небольшая коллекция мхов (фото 3). Размещена она в тенистом и увлажненном месте среди деревьев ольхи, образовавшихся естественно от корневой поросли. В центре этого участка, где вода не спадает,

был сооружен маленький пруд. Республика Коми – зона естественно произрастающих еловых и сосновых лесов, в которых развивается моховой покров, изобилующий различными видами этих удивительных растений, отличающихся обилием зеленых красок различных оттенков. В качестве сопутствующих древесных пород в коллекцию мхов были высажены экзотические ели и можжевельника. Здесь же для декорирования экспозиции были высажены и другие древесные культуры – туя, спирея, свидина белая с серебристо-окаймленной листвой (*Swida alba 'Argenteomarginata'*), барвинок малый (*Vinca minor*) и травянистые многолетники. К сожалению, до настоящего времени сохранилась только часть коллекции, поэтому ее необходимо восполнить. Коллекция мхов будет выполнять не только ландшафтно-архитектурную функцию, но и просветительскую.

Согласно перспективному плану развития дендрария была заложена коллекция роз. Основу коллекции со-



Фото 1. Один из уголков дендрария.
 Фото 2. Композиция из вечнозеленых лиственно-декоративных растений. 2002 г.
 Фото 3. Коллекция мхов. 1999 г.
 Фото 4. Роза сорта Нью-Даун.
 Фото 5. Ель сибирская 'Голубая' (*Picea obovata* 'Glaucosa'). Стриженная форма. 2007 г.
 Фото 6. Туя западная 'Плотная' (слева) и 'Желтая' (*Thuja occidentalis* 'Dumosa' и 'Lutea'). Садовые формы. 2007 г.
 Фото 7. Спирея березолистная (*Spiraea betulifolia*). Экспозиция горки.
 Фото 8. Туя западная 'Шаровидная Низкая' (*Thuja occidentalis* 'Globula Nana'). Экспозиция горки.

ставили наиболее распространенные дикорастущие виды – роза колючейшая, р. морщинистая и р. белая (*Rosa spinosissima*, *R. rugosa*, *R. alba*), их садовые формы и сорта с простыми и махровыми цветками от кремово-белой до темно-розовой окраски. Несколько сортов чайно-гибридных и других групп культивировали горшечным способом, т.е. растения весной выносили в открытый грунт из оранжереи, а на зиму вновь заносили. Такой способ культивирования был обусловлен тем, что сохранение роз зимой требовало обязательной зимней защиты, а выполнение данного мероприятия сопровождалось определенными трудностями. Единственным сортом, способным переносить зимние условия без значительных повреждений, оказался сорт розы 'Нью Даун' из группы плетистые (фото 4).

Актуальным остается вопрос создания в саду живых изгородей и бордюров из различных древесных пород. В черте города использование в качестве живых стриженных изгородей видов боярышника, желтой акации, жимолости, клена татарского, пузыреплодника общеизвестно. В саду в течение 10 лет для создания живых изгородей и бордюров были проведены посадки из хвойных древесных пород, выращенные из семян местного сбора. Целью являлось не только показать разнообразие элементов ландшафтного дизайна, но и практически изучить вопросы возможного культивирования некоторых видов хвойных в стриженной форме. Например, весьма оригинально выглядит плотная посадка ели сибирской голубой (*Picea obovata* 'Glauca') в виде круга, огибающего толстый ствол тополя (фото 5). Прекрасное впечатление производят густые живые изгороди из ели и туи, размещенные в шахматном порядке.

Только за последние десять лет коллекционный фонд древесных растений ботанического сада по числу таксонов увеличился в два раза. Такое быстрое увеличение коллекции объясняется тем, что руководство Института биологии стало представлять больше командировок и экспедиций с целью приобретения посадочного и семенного материала интродуцентов для изучения. В Республике Коми развилась и сама сеть поставок саженцев декоративных культур различными цветоводческими фирмами. Растения для выращивания стали более доступными. Существенное значение быстро распространению древесных интродуцентов на Севере оказывает климат, который меняется в сторону

потепления [2]. Стало возможным выращивание многих экзотических растений и тех, которые раньше при интродукции в ботаническом саду считались неперспективными, в частности, европейские виды южного происхождения. В ботанический сад постоянно поступает материал древесных растений для изучения, который в конечном итоге высаживается на постоянное место. Посадки осуществляются ежегодно по заранее разработанным проектам и планам. За последние четыре года в дендрарий высажено декоративных растений более 250 наименований. Принципы подбора и размещения растений остаются прежними [3]. При размещении на местности учитываются все их биологические особенности: размеры и габитус в разновозрастной фазе развития, декоративные свойства, способность переносить низкие температуры в зимнее время и искусственную формовку. Кроме того, учитываются требования растений к освещенности, составу и влажности почвы и т.д. Видовые древесные растения, согласно их географическому происхождению, высаживаются в кварталы. Наиболее декоративные виды, их формы и сорта размещают в центральных местах на газонах или горках с камнями и без них, начиная от входа в сад, вокруг служебного здания, длинной полосой вдоль центральной дороги со стороны дендрария, ведущей наверх. Вьющиеся древесные растения высаживают у пергол и других приспособлений.

Красиво оформленная древесными и цветочно-декоративными растениями парадная часть территории сада – залог высокой оценки научной и практической его деятельности. Поэтому при оформлении мы уделяли большое внимание правильному размещению растений на территории для получения наибольшего декоративного эффекта. Опишем некоторые объекты декоративного оформления растений, начиная наше знакомство непосредственно со стороны входа в ботанический сад. В первую очередь обращает на себя внимание больших размеров горка с экспозицией растений, расположенная перед служебным зданием справа от центральной дороги. Фактически это насыпь к пожарному водоему, искусно декорированная элементами ландшафтного дизайна. Красивое впечатление производит опорная стенка, выложенная крупными камнями-валунами, как бы закрепляя крутой склон. Более мелкими камнями оформлен бордюр, здесь же располагается пруд. На горке размещены

в основном травянистые многолетники, среди них несколько экземпляров туи западной (*Thuja occidentalis*) – формы желтая и желтеющая (*Th. o. 'Lutea'* и *Th. o. 'Lutescens'*). У подножия горки растет сосна горная низкая (*Pinus pumila* var. *pumilio*), а еще ниже – самшит вечнозеленый (*Buxus sempervirens*). Перед фасадом здания узкой полосой высажены лавровишня лекарственная с крупными блестящими листьями, курильский чай кустарниковый (*Pentaphylloides fruticosa*) с цветками желтой и белой окраски, туя западная с густой округлой кроной и др. Красивым фоном для горки служат деревца шаровидной формы ивы ломкой, размещенные на участке коллекции ив, о которой мы уже упоминали. Вдоль проходящего параллельно шоссе дорожки забора – длинный ряд таволги Биллиарда (*Spiraea × billardii*). Во время длительного цветения ее темно-розовые цветки, собранные в узкие метелки, оставляют яркое впечатление. Удачное сочетание декоративных деревьев и кустарников в комплексе с горкой при входе производит впечатление высокой декоративности и академичности.

С левой стороны от центральной дороги на газоне размещен куртинами знакомый уже нам самшит вечнозеленый, а за ним – изгибающаяся лентой ряд из таволги средней (*Spiraea media*). В перспективе здесь будут высажены и другие декоративные растения. Выше, на этой же стороне, расположена упомянутая уже раньше густая живая изгородь из ели сибирской в форме круга. По правую сторону от дороги расположена деревянная беседка (в саду их три), вокруг которой отдельными группами размещены красивоцветущие кустарники, например, стерильная форма гортензии древовидной (*Hydrangea arborescens* 'Sterilis'), впечатляющая крупными (до 18 см) шапками белых соцветий. Здесь же на газоне находится виноград пятилисточковый (*Parthenocissus quinquefolia*), густо обвивающий декоративную стенку и придающий саду особую изысканность благодаря листьям с красивой мозаикой. На этой же стороне расположен участок цветочно-декоративных растений площадью примерно 1 га, который в дальнейшем будет реконструирован.

Как уже отмечалось, наиболее высокодекоративные растения размещены со стороны дендрария у центральной дороги. На этой стороне куртинами высажены садовые формы хвойных древесных растений – можжевельники, туи, кипарисовики, удачно

подобранные по габитусу и окраске хвои (фото 6). Здесь же представлена экспозиция из пяти видов кизильника, отличающихся большим изяществом мелких листьев. Несомненно, эти виды постоянно привлекают внимание посетителей сада. За этими посадками дальше вглубь дендрария располагается розарий. Однако местоположение розария, как показало время, из-за недостаточной освещенности и высокой влажности почвы оказалось не совсем удачным для успешного произрастания благородных сортов роз, а также эстетического восприятия. Поэтому коллекцию роз планируется перенести на новое солнечное место, и работа в этом направлении уже проводится. Еще выше на пересечении центральной дороги с боярышниковой аллеей в угловой части дендрария расположена горка с декоративными кустарниками, она была создана первой (фото 7). На горке нет камней. Подбор и посадка растений в этой экспозиции осуществляется по типу «кустарникового» миксбордера [1]. Растения высаживают близко друг к другу для того, чтобы происходило быстрое смыкание крон. С помощью формовочной обрезки можно регулировать контуры вегетативных частей растений. Такой прием размещения преследует три цели: усилить красоту восприятия композиционных решений, сэкономить место и облегчить уход за растениями, так как под плотными кронами образуется значительно меньше сорняков. От горки вниз шлейфом вдоль дороги куртинками на определенном расстоянии высажены низкорослые декоративно-лиственные и хвойные кустарники, которые являются как бы продолжением экспозиции горки. Ежегодно в экспозицию включаются новые виды и формы растений,

грамотно и умело расположенные (фото 8).

В дендрарии имеется еще одна экспозиция наподобие горки, расположена она дальше слева по линии центральной дороги, переходящей в аллею из ели колючей голубой. Об этой экспозиции мы уже упоминали. В ней представлена коллекция вечнозеленых растений. В отличие от других экспозиционных горок, она отличается геометрическими формами. По правую сторону от аллеи создается еще одна горка. Среди крупных камней будет размещена коллекция рододендронов и других представителей семейства вересковых. Экспозиционная горка краем будет заходить через густой ряд шаровидной формы ивы ломкой, культивируемой на высоких штамбах, что создаст особую красоту композиции и разнообразие микроклимата под пологом насаждений. И если опять перейти на левую сторону от аллеи, то мы окажемся на участке отдела растений садовых форм, гибридов и сортов, где создаются коллекции родовых комплексов таволги, чубушника и сирени. Под коллекцию сиреней – сирингарий – отведена довольно большая площадь (600 м²). Здесь рядами размещаются наиболее декоративные формы видов сирени и их сорта, главным образом, сирени обыкновенной. В коллекции пока 13 из 20 изученных сортов. Поскольку зимостойкость сирени обыкновенной в последние годы значительно повысилась, необходимо возобновить изучение ее сортового разнообразия. Прямоугольная форма участка и ровные ряды посаженной сирени, безусловно, украсят один из уголков дендрария.

Таким образом, в дендрарии ботанического сада проводится большая

и трудоемкая работа, направленная на изменение и улучшение архитектурно-художественного ландшафта. Однако решение проблемы обустройства дендрария в этом направлении нельзя рассматривать в отрыве от проблем цветочных. Это совместная комплексная программа перспективного развития ботанического сада. Естественно, что сад не может получить настоящего развития без проведения необходимых строительных работ по его благоустройству. Например, назрела необходимость ремонта старых дорог, которые давно пришли в негодность, и строительства новой дорожной сети. Как известно, дорожная сеть в ботанических садах и дендрариях выполняет не только свое прямое назначение, но и эстетическую функцию, являясь неотъемлемой частью ландшафтной архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марковской Ю.Б. Современный цветник. Миксбордер. М., 2002. 176 с.
2. Мартынов Л.Г. Возможности интродукции древесных растений в Республике Коми в связи с изменениями некоторых климатических показателей // Интродукция растений: теоретические, методические и прикладные проблемы: Матер. междунар. конф., посвящ. 70-летию Бот. сада-института МарГТУ и 70-летию проф. М.М. Котова. Йошкар-Ола, 2009. С. 190-191.
3. Мартынов Л.Г. Декоративные деревья и кустарники на садовом участке. Сыктывкар, 1992. 104 с.
4. (Мишуров В.П.) Ботанический сад Института биологии Коми НЦ УрО РАН / В.П. Мишуров, Г.А. Волкова, Л.А. Скупченко и др. М., 2002. 96 с.
5. Рандхава М. Сады через века. М., 1981. 318 с.
6. Рубцов Л.И. Проектирование садов и парков. М., 1973. 194 с.
7. Скупченко Л.А. Перспективный план развития дендрария ботанического сада. Сыктывкар, 1998. 48 с. ❖

ПЛАНКТОННЫЕ СООБЩЕСТВА МЕЛКИХ ЛЕСНЫХ ВОДОЕМОВ В ПЕРИОД ЛЕДОСТАВА

В водоемах средних и высоких широт, на которых период ледостава продолжается около полугода, в зимнее время существуют своеобразные планктонные сообщества, представленные холодолюбивыми стенотермными видами, зимними генерациями круглогодичных форм, а также летними видами в состоянии физиологического уг-



Е. Фефилова



О. Кононова

нетения. Общее число этих форм в планктоне обычно гораздо ниже по сравнению с летним разнообразием видов. Наименьшие за год численность и биомасса зоопланктона в этих водоемах также приходятся на зимние месяцы [2, 4, 13]. Зимние виды способны к размножению и воспроизводству только в самый холодный период года. Размножаются подо льдом

Фефилова Елена Борисовна – к.б.н., н.с. лаборатории ихтиологии и гидробиологии. E-mail: fefilova@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *экология водных сообществ, зоопланктон, биология и экология ракообразных.*

Кононова Ольга Николаевна – к.б.н., н.с. этой же лаборатории. E-mail: kon@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *пресноводный зоопланктон, биоиндикация.*

также моноциклические весенние виды и зимние генерации круглогодичных форм. Летние формы зимой переживают период покоя, находясь в состоянии диапаузы. Диапазирующие циклопиды на копепоидных (личиночная диапауза) или взрослой стадии остаются в планктоне или опускаются на дно в осадок так же, как латентные эмбрионы коловраток и ракообразных, переживая неблагоприятные условия [2, 3, 5, 8-11]. В зимнее время такими условиями в постоянных водоемах являются низкая температура, недостаток кислорода и освещения, а во временных водоемах это, прежде всего, отсутствие воды. Специфичное население временных водоемов должно иметь адаптивную возможность переживать летние и зимние периоды их пересыхания и быстро восстанавливать активность на время короткого благоприятного периода наполнения, который начинается еще в период покрытия льдом [1, 6, 14, 15]. Целью наших исследований было охарактеризовать зоопланктон постоянных и временных мелких водоемов бассейна средней Вычегды в период покрытия их льдом и выявить условия активации организмов зоопланктона из зимней диапаузы в этих водоемах.

Были исследованы зоопланктон мелких водоемов: озера (Еля-ты), двух прудов (водоемы 1 и 2), двух временных луж (водоемы 3 и 4) в лесной зоне в окрестностях г. Сыктывкар. Озеро Еля-ты имеет постоянную связь с р. Сысола. Длина озера – 2370 м, ширина до 150 м, площадь – 0.28 км². В озере преобладают песчано-илистые грунты. Пруды являются изолированными водоемами площадью каждый около 0.003 км². Грунты в обоих прудах смешанные илистые с детритом, в прибрежной зоне местами глинистые. Ледостав в прудах в период исследований начался 20 ноября 2005 г. и продолжался до 26 апреля 2006 г., образование устойчивого ледяного покрова осенью 2006 г. произошло 16 октября. Пересыхание временных водоемов в этом году пришлось на 23 июня (водоем 3) и 21 августа (водоем 4). Наибольшая глубина наполненных водоемов 3 и 4 составляла около 0.5 м. В прудах пробы зоопланктона отбирали с ноября 2005 по ноябрь 2006 г. (исключая декабрь) и в январе 2008 г. В период ледостава в 2005-2006 гг. пробы отбирали с частотой один раз в месяц. Во временных водоемах пробы зоопланктона получали с мая по август 2006 г. В озере сбор планктона проводили в январе 2008 г. Для экспериментальных исследований 30 января и 18 марта 2008 г. отбирали пробы донного субстрата из озера, пруда 1 и водоема 4.

Образцы мягких субстратов, отобранных с середины водоемов, перемешивали и разделяли на две субпробы объемом 50 мл. Затем их и пробы из прибрежной зоны помещали в сосуды объемом 1 дм³ и заливали процеженной через сито водой из тех водоемов, откуда они были получены. 30 января 2008 г. начался первый эксперимент по выведению планктонных животных в двух повторностях по восемь экспериментальных сосудов в каждой. По температурному режиму и продолжительности светового дня в эксперименте имитировали условия поздней весны (4-10 °С и фотопериод 16 ч) и середины лета (20-22 °С и фотопериод 17 ч). Наблюдения животных продолжались до 22 февраля 2008 г. На втором этапе

эксперимента использовали почвенные пробы только из водоема 4 – 20 марта они были помещены в сосуды с водой, полученной из снега и льда, и выставлены на экспонирование в трех повторностях: 20-22 °С и фотопериод 13-15 ч (n = 6), 20-22 °С и фотопериод 24 ч (n = 3), 4-10 °С и фотопериод 13-15 ч (n = 3), где n – число повторностей. Эксперимент был завершен 11 апреля 2008 г.

В планктоне обследованных водоемов в период ледостава был обнаружен 51 вид и форма животных. Из них 25 видов и форм – коловратки, 10 – ветвистоусые и 16 – веслоногие раки. Эти виды и формы составляли лишь 27 % всех форм, встреченных в водоемах в течение года. Только в зимние месяцы было обнаружено 15 таксонов ниже рода планктонных животных (7.5 % общего числа таксонов), в этот период и в марте коловратки и рачки не размножались. Копеподы находились в состоянии диапаузы на стадии взрослой особи или копепоидита. Озерный зоопланктон в зимние месяцы был наиболее разнообразен и представлен шестью видами коловраток и девятью – ракообразных. Численность планктона в январе в середине озера составила 3-10 тыс. экз./м³, что в 45 тыс. раз меньше, чем наибольшая численность летом (26 июля 2005 г.). До 50 % общей численности составляли *Kellicottia longispina* (Kellicott) и неполовозрелые веслоногие. В прудах зимой обитали единичные коловратки и циклопиды. Кроме взрослых животных в пробах присутствовали копепоиды родов *Cyclops* и *Mesocyclops*. В январе численность зоопланктона в прудах составляла десятки особей на 1 м³, в апреле – уже 17-18 тыс. экз./м³. В апреле самки *Cyclopoidea* (четыре вида) с яйцевыми мешками составляли около 2-9 % численности животного планктона. Один из видов циклопид размножался подо льдом в начале мая, два вида – в осенние месяцы.

Экспериментальным путем установлены главные факторы, инициирующие и контролирующие смену зимних сообществ на летние в обследованных водоемах. В ходе эксперимента, начатого в январе, из всех водоемов было выявлено 11 видов животных. В начале наблюдений в экспериментальных сосудах были обнаружены взрослые и неполовозрелые *Cyclopoidea* и коловратки *Bdelloida n.det* (см. таблицу). Очевидно, что в таком физиологическом состоянии эти рачки и коловратки присутствовали в отобранном субстрате и проводили холодный период в водоемах. Они содержались также в зимних пробах зоопланктона из обследованных экосистем. Состояние циклопид из оз. Еля-ты до окончания эксперимента не изменялось при различных температурах и продолжительности светового дня. В планктоне в экспериментальном сосуде с пробой из пруда 1 на 13-й день эксперимента (11 февраля) в условиях более высоких температур (20-22 °С) появились взрослые особи и самки с яйцевыми мешками *Thermocyclops crassus* (Fischer), а еще через 10 дней – яйценосные самки *Cyclops kolensis* Lilljeborg. В этом же лабораторном сосуде наблюдалось массовое развитие коловраток *Brachionus angularis* Gosse и *Lecane luna* (Muller). При низких температурах (4-10 °С) до окончания эксперимента коловратки в планктоне не появились, а *Cyclops scutifer* Sars на 16-й день наблюдений образовывал яйцевые мешки. Из суб-

Результаты эксперимента по реактивации зоопланктона из зимней диапаузы, январь-февраль 2008 г.

Таксон	Условия эксперимента, дата									
	Т 20-23 °С, фотопериод 17 ч					Т 1-11 °С, фотопериод 16 ч				
	30.01	05.02	11.02	14.02	22.02	30.01	05.02	11.02	14.02	22.02
<i>Synchaeta tremula</i> (Müller)	–	–	–	–	–	–	–	–	EIL	EIL
<i>S. pectinata</i>	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–
<i>Lecane luna</i>	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
<i>Keratella cochlearis</i>	–	–	4	4	4	–	–	–	–	–
<i>Brachionus angularis</i>	–	–	1	1	1	–	–	–	–	–
<i>Bdelloida</i> n.det.	–	–	–	–	–	4	4	4	4	4
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Müller)	–	–	–	–	–	EIM	EIM	EIM	EIM	EIM
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	4	4	–	–	–	–	–	–	–	–
Копеподиты <i>Cyclops</i>	EIM, EIL	EIM, EIL	EIM, EIL, 1	EIM, EIL, 1	EIM, EIL, 1	EIM, EIL	EIM, EIL	EIM, EIL	EIM, EIL	EIM, EIL
<i>Cyclops scutifer</i> Sars	EIL	EIL	EIL	EIL	EIL	EIM	EIM, 1	EIM, 1	EIM, 1	EIM, 1
<i>C. furcifer</i> Claus	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1
<i>C. kolensis</i>	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
Копеподиты <i>Mesocyclops</i> или <i>Thermocyclops</i>	EIL, 2	EIL	EIL	EIL	EIL	–	–	–	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> Sars	–	–	–	–	–	–	–	–	EIL	EIL
<i>T. crassus</i> (Fischer)	–	–	1	1	1	–	–	–	–	–
Nauplii	–	–	1	1	1	–	–	–	–	–

Примечание: пробы донного субстрата из середины (EIM) и побережья (EIL) оз. Еля-ты, 1 – середины водоема 1 и 4 – водоема 4. Т – температура воды в экспериментальных сосудах. Выделены пробы с яйценосными самками. Прочерк – вид или форма не обнаружены.

страта водоема 4 примерно на 13-й день после начала эксперимента в планктоне появились *Synchaeta pectinata* Ehrenberg и *Keratella cochlearis* (Gosse), который не был ранее установлен для этого водоема.

С 20 марта по 11 апреля в водоеме 4 экспериментально было выведено из состояния зимней диапаузы 22 вида и формы, из них 16 – коловраток, четыре – кладоцеры и два вида копепоид. Причем восемь из них (*Notommata* sp., *Cephalodella gibba* (Ehrenberg), *Dicranophorus longidactylum* Fadeev, *D. forcipatus* (Muller), *Colurella colurus* (Ehrenberg), *Enteroplea lacustris* Ehrenberg, *Eosphora* sp. и *Alona rectangula* Sars) ранее не были установлены для этого водоема летом и весной в период его наполнения. Возможно, численность этих видов в природных условиях в водоеме 4 очень низкая. В лабораторных сосудах только *Notommata* sp. присутствовала в планктоне при всех условиях эксперимента на протяжении времени его проведения и появлялась самое раннее 24 марта при температуре 22 °С и фотопериоде 13 ч (см. рисунок). Остальные из выше-названных видов и форм встречались при тех или иных условиях эксперимента. В первый день эксперимента в лабораторных сосудах были обнаружены яйценосные самки двух видов циклопид (см. рисунок). Науплиусы, которые за период наблюдений развились до взрослых животных, появились позже и являлись потомками этих самок. Динамика численности популяций в экспериментальных сосудах была обусловлена контролируемыми условиями. Низкие температуры замедляли скорость выхода из зимней диапаузы коловраток и ракообразных и негативно влияли на величину пика численности живородящих коловраток (*Bdelloida*) (см. рисунок).

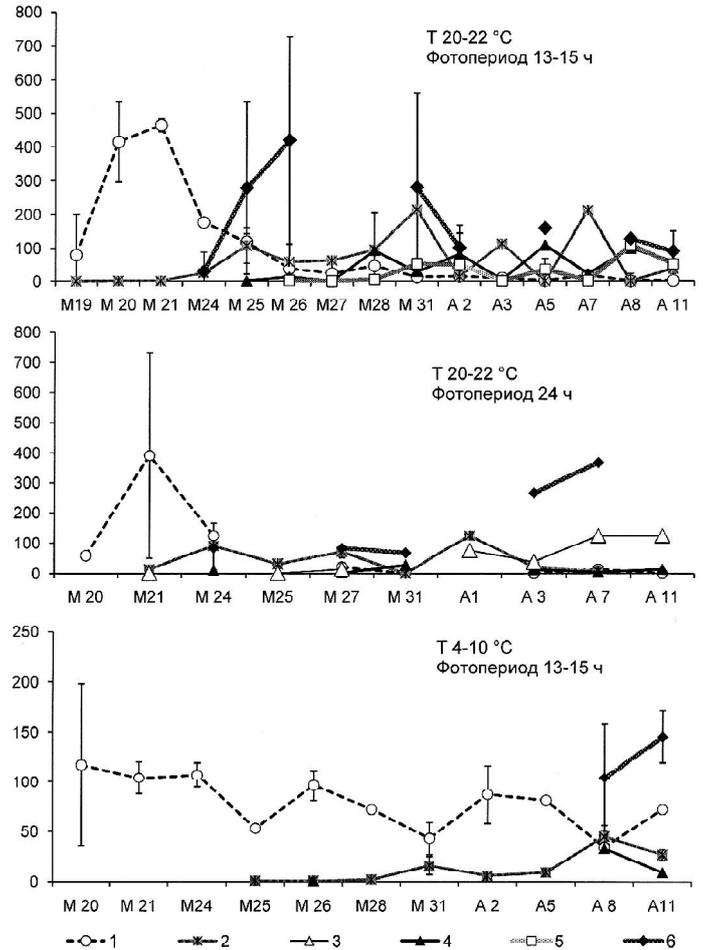
Зимний зоопланктон обследованных мелких водоемов был беден качественно и количественно и беднее, чем сообщества крупных стоячих водоемов

умеренного пояса. Так, в Рыбинском водохранилище в зимние месяцы в планктоне существуют 19 зимних видов коловраток и ракообразных и 17 круглогодичных видов, представленных зимними генерациями [2], что в три раза больше числа видов, обнаруженных нами зимой в оз. Еля-ты, и в 7.2 раза больше числа видов в водоемах 1 и 2. Возможно, размер водоема имеет большее значение в формировании зимних, чем летних планктонных сообществ [12]. Зимний зоопланктон обследованных озера и прудов в январе-марте был представлен коловратками и ракообразными, которых по наблюдениям в других водоемах относят к зимним и круглогодичным зимним генерациям. Так, *Polyarthra dolichoptera* Idelson является зимним видом в Рыбинском водохранилище [2]. В оз. Вортсъярв (Эстония) она присутствует в планктоне с октября по май [4], а в обследованных нами водоемах эта коловратка встречалась в январе, также в летние и осенние месяцы. То же можно сказать о других трех встреченных зимой в оз. Еля-ты видах коловраток. Являясь круглогодичными представителями планктонной фауны, подо льдом они образовывали зимние генерации. Взрослые *Cyclops strenuus* Fischer в водоемах 1 и 2 встречались только подо льдом весной и осенью. Самки с яйцевыми мешками появлялись в популяциях данных водоемов в апреле – позже, чем в олиготрофных озерах Норвегии, где вид размножался с декабря по март [8], и в сходные сроки с оз. Пааярви, Финляндия [11]. В Рыбинском водохранилище *C. kolensis* размножался в мае-июне [2], в оз. Пааярви – в апреле-мае [11], в оз. Байкал развивается и размножается в течение всего года [3]. В обследованных нами водоемах 1 и 2 самки с яйцевыми мешками *C. kolensis* присутствовали как подо льдом в апреле и ноябре, так и в летние месяцы. Очевидно, что размер водоема не влияет на число генераций данного вида столь существенно, как считалось [3].

В результате фенологических наблюдений и экспериментов уже были выявлены факторы и их пороговые величины, приводящие к диапаузе или, наоборот, выходу из состояния диапаузы для отдельных видов коловраток и ракообразных. Температура и длина светового дня называются среди наиболее важных таких факторов [3]. Однако их роль в воздействии на один и тот же вид может быть относительной и меняться в водоемах разного типа и в различное время [3, 7, 8, 11]. Из субстрата, отобранного нами в январе, получено при культивировании в течение 21 дня при благоприятных температурах и фотопериоде в два раза меньше видов планктонных животных, чем из отобранного в марте-апреле. Из сборов из водоема 4 в январе были реактивированы из зимней диапаузы более чем в пять раз меньше коловраток и рачков, чем в январе. Это связано с тем, что в январе-феврале большинство видов находились в эндогенной фазе диапаузы [3], т.е. оказались еще не восприимчивы к влиянию сигнальных факторов. Способными к восприятию этих факторов оказались в январе-феврале *B. angularis* и *T. crassus* из водоема 1, виды летние теплолюбивые, в самом пруду они появляются не раньше июня (*T. crassus*) или августа (*B. angularis*).

Показательным являлось то, что бделлоиды, которые зимуют на взрослой стадии [3], в эксперименте, проводимом зимой, обрели активность только при низких температурах: 1-11 °С, а при комнатной температуре отсутствовали в планктоне, что подтверждает предыдущий опыт увеличения периода размножения этих коловраток при низких температурах. В весеннее время *Bdelloida* первыми появлялись в экспериментальных сообществах, при температурах выше 20 °С имели пик численности на второй день эксперимента, затем их численность снижалась. Второй по численности вид коловраток *E. brachionus* (Ehrenberg) в культивируемых сообществах способен к диапаузе на стадии яйца [3] и появляется в планктоне в среднем немного позже *Bdelloida*. Динамика численности этого вида при различной продолжительности освещения в целом подтверждает утверждение о том, что диапауза видов р. *Epiphanes* инициируется длиной светового дня [3]. То, что из зимующих яиц из временного водоема только в зимние месяцы в условиях эксперимента появились многочисленные *K. cochlearis*, которые ранее не были известны для этого водоема, позволяет предположить, что зимние генерации этого круглогодичного в крупных экосистемах вида присутствуют в подледной луже ранней весной, когда фенологические наблюдения не проводили. В экспериментальных исследованиях *Synchaeta* sp. наблюдали зимой и весной. В первом случае она была многочисленна, во втором – единична. Вероятно, в весенних экспериментальных сообществах массовому развитию *Synchaeta* sp. из амиктических яиц препятствовал дефицит пищи, который индуцирует диапаузу у представителей этого рода [3].

Особенностью ракообразных, обитающих во временных водоемах, является их способность переживать безводные периоды на взрослой стадии [14].



Динамика состава и численности массовых планктонных видов (экз./0.1 дм³) в экспериментальных сосудах: 1 – *Bdelloida* n.det., 2 – *Epiphanes brachionus*, 3 – *Daphnia middendorffiana* Fischer, 4 – *Ceriodaphnia dubia* Richard, 5 – *Simocephalus* sp., 6 – *Nauplius*. По горизонтали указаны даты в марте-апреле 2008 г.

Взрослые подвижные *M. viridis* (Jurine) и *D. bicuspidatus* (Claus), причем с яйцевыми мешками, были обнаружены в экспериментальных планктонных сообществах из водоема 4 на второй день эксперимента, почти сразу после наполнения лабораторных сосудов водой, в январе и марте при различных условиях. Копеподиты этих видов, на стадии которых существует их летняя диапауза [1], в экспериментальных условиях не встречались до тех пор, пока вылупившиеся из яиц особи не достигли этой стадии развития. В сосудах, куда изначально не попали с субстратом взрослые *M. viridis* и *D. bicuspidatus*, они не появились и впоследствии. Причем зимующие яйца *M. viridis* (в прикрепленных к самке яйцевых мешках) в январе оказались невосприимчивыми к изменению условий, и науплиусы из них не появились.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.Р. Влияние диапаузы циклопов на их биологию и продукцию во временных водоемах дельты Волги // Основы изучения пресноводных экосистем. Л., 1981. С. 74-80.
2. Ривьер И.К. Состав и экология зимних зоопланктонных сообществ. Л.: Наука, 1986. 160 с.
3. Alekseev V.R., De Stasio B.T., Gilbert J.J. Diapause in aquatic invertebrates theory and human use. Amsterdam (The Netherlands): Springer, 2007. 256 p.

4. *Haberman J., Virro T.* Zooplankton // Lake Vortsjarv. Tallinn: Estonian Encyclopaedia, 2004. P. 233-251.

5. *Hansen A.M., Santer B.* The life cycle of *Cyclops vicinus* in Lake Sobygard: new aspects derived from sediment analyses // *Hydrobiol.*, 2003. Vol. 510. P. 17-21.

6. *Havel J.E., Eisenbacher E.M., Black A.A.* Diversity of crustacean zooplankton in riparian wetlands: colonization and egg banks // *Aquatic Ecol.*, 2000. Vol. 34. P. 63-76.

7. *Kurashov E.A.* Distribution and summer diapause of *Canthocamptus staphylinus* (Jurine) (Copepoda: Harpacticoida) in Lake Ladoga // *Hydrobiol.*, 1996. Vol. 32. P. 191-196.

8. *Naess T., Nilssen J.P.* Life cycle dynamics of a *Cyclops strenuus* (Crustacea, Copepoda) population with unusual diapause and reproductive characteristics // *Arch. Hydrobiol.*, 1991. Vol. 122, № 3. P. 323-334.

9. *Naess T., Nilssen J.P., Demmo R.* Individual lake characteristics modify the life cycle and diapause habitat of two neighbouring populations of the cyclopoid copepod *Thermocyclops oithonoides* // *Can. J. Zool.*, 1993. Vol. 71, № 8. P. 1663-1672.

10. *Nilssen J.P., Waervagen S.B.* Superficial ecosystem similarities vs autecological stripping: the «twin species» *Mesocyclops leuckartii* (Claus) and *Thermocyclops oithonoides* (Sars) – seasonal habitat utilization and life history traits // *J. Limnol.*, 2000. Vol. 59, № 2. P. 79-102.

11. *Sarvala J.* Benthic resting periods of pelagic cyclopoids in an oligotrophic lake // *Holarctic Ecol.*, 1979. Vol. 2. P. 88-100.

12. *Sondergaard M., Jeppesen E., Jensen J.P.* Pond or lake: does it make any difference // *Arch. Hydrobiol.*, 2005. Vol. 162, № 2. P. 143-165.

13. *Ventela A-M., Saarikari V., Vuorio K.* Vertical and seasonal distributions of microorganisms, zooplankton and phytoplankton in a eutrophic lake // *Hydrobiol.*, 1998. Vol. 363. P. 229-240.

14. *Williams D.D.* The role of dormancy in the evolution and structure of temporary water invertebrate communities // *Arch. Hydrobiol.*, 1998. Vol. 52. P. 109-124. – (Special Issues Adv. Limnol.).

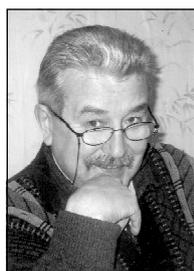
15. *Williams D.D.* Temporary forest pools: can we see the water for the trees? // *Wetlands ecology and management*, 2005. Vol. 13. P. 213-233. ❖

МАКРОКОМПОНЕТНЫЙ СОСТАВ СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ ТАЕЖНОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

Поступление веществ из атмосферы играет важную роль в геохимическом балансе экосистем. Атмосфера участвует в обмене и перераспределении веществ на Земле, а ее химический состав дает объективную информацию о качестве воздушной среды [18]. Выпадение химических элементов из атмосферы в виде осадков на подстилающую поверхность и их состав – актуальная проблема как на национальном, так и международном уровнях [4, 10]. Снежный покров выступает эффективным накопителем веществ, которые сохраняются в нем в неизменном состоянии в течение зимы, а его химический состав отражает действительную величину сухих и влажных выпадений и количественные параметры загрязнения экосистем. Чувствительность снежного покрова к смене индустриальной обстановки в регионе позволяет объективно оценивать состояние окружающей среды. Различия районов по естественному поступлению макро- и микрокомпонентов из атмосферы вызывает необходимость



М. Василевич



В. Безносиков



Б. Кондратенко

оценки фонового поступления их на подстилающую поверхность. Определение фоновых показателей состава снежного покрова необходимо для индикации техногенного воздействия их на окружающую среду [3, 25]. Изучение химического состава снежного покрова особенно важно в условиях северных ландшафтов, где снежный покров сохраняется в течение 6-8 месяцев. Кроме того, высокоширотные территории отличаются от других климатических зон тем, что снег вносит значительный вклад в накопление химических веществ ландшафтов и формирование химического состава вод суши [21]. При анализе фактического материала о химическом составе осадков на территории страны выяв-

лена пространственная связь между ареалами загрязнений и их источниками, показано формирование фона и вклад дальнего переноса загрязняющих веществ из районов с развитой промышленностью и сельским хозяйством, обобщены данные о распределении основных приоритетных загрязняющих веществ

в непромышленных районах с целью определения их фонового содержания в природных средах [2]. Однако подобных исследований на территории европейского северо-востока России ранее не проводилось. Цель настоящей работы – изучение химического состава снежного покрова и пространственное распределение макрокомпонентов на территории таежной зоны Республики Коми.

Объекты и методы исследований

Исследование снежного покрова фоновых территорий южной, средней и северной подзон таежной зоны было проведено в 2005-2007 гг. Пробы отбирали¹ (рис. 1) во II-III декадах марта на открытых, визуально ровных пло-

Василевич Мария Ивановна – асп. экоаналитической лаборатории.

Безносиков Василий Александрович – д.с.-х.н., зав. лабораторией химии почв. E-mail: soil@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *экология и химия почв*.

Кондратенко Борис Михайлович – к.б.н., зав. экоаналитической лабораторией. E-mail: kondratenok@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *аналитическая химия*.

¹ Отбор проб, хранение образцов снежного покрова, их химический анализ были выполнены в соответствии с руководством по контролю загрязнения атмосферы (РД.52.04 186-89).

щадках с предположительно равномерным поверхностным распределением загрязнителей в снежном покрове пластиковой трубой (внутренний диаметр 5.50 см и площадь сечения 23.7 см²) на всю глубину его залегания на участках размером 10×10 м, расположенных вдали от препятствий, создающих ветровую тень, и лесных насаждений, а также от автомобильных и железных дорог для исключения возможного локального загрязнения. При оценке необходимого количества индивидуальных проб (кernов), обеспечивающего представительность выборки для усредненной пробы, статистически установлено, что с одного исследуемого участка достаточно отбирать одну смешанную пробу (не менее трех kernов).

Общий объем пробы составлял не менее 2.5 дм³. Координатную привязку точек проводили с помощью GPS.

Количественный химический анализ образцов талой воды был выполнен по следующим показателям: удельная электропроводность, водородный показатель (pH), HCO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Cl⁻, P-PO₄³⁻. Химико-аналитические исследования проб талой воды были проведены в аккредитованной лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Содержание исследуемых компонентов в снеговой воде определяли в единицах массовых концентраций (мг/дм³). Для более корректной интерпретации результатов эксперимента полученные результаты пересчитывали в соответствующие значения уровней поступления веществ на поверхность в г/м² по следующей формуле:

$$P[\text{г}/\text{м}^2] = \frac{C_m[\text{мг}/\text{дм}^3] \cdot V[\text{дм}^3]}{S[\text{см}^2] \cdot n} \cdot 10,$$

где P – масса определяемого компонента, поступившего на единицу площади поверхности земли за весь период сохранения снежного покрова; C_m – массовая концентрация компонента в талой воде; V – объем талой воды всей пробы; S – площадь внутреннего поперечного сечения трубы для отбора проб снега; n – число kernов снежного покрова, отобранных в данной точке; 10 – коэффициент для согласования размерности.

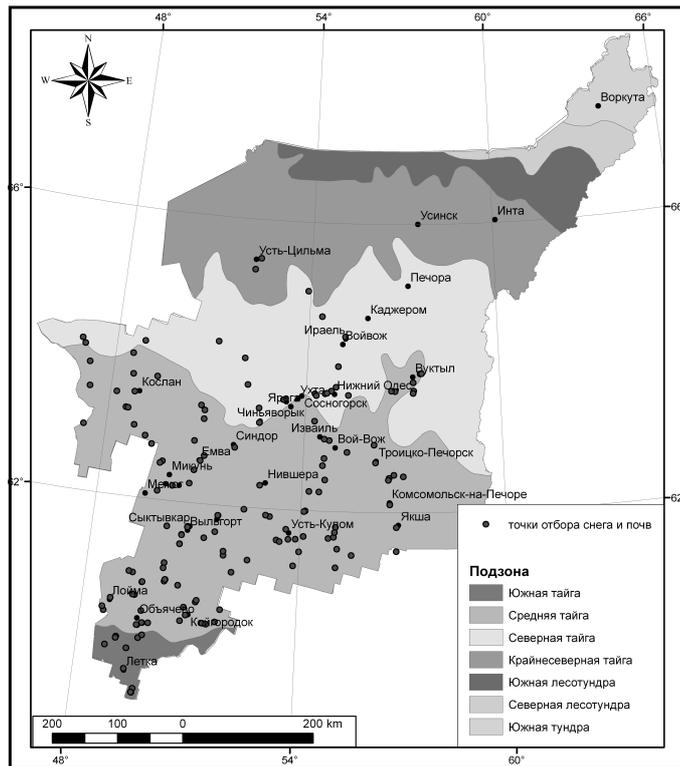


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб снежного покрова на фоновых территориях таежной зоны Республики Коми.

Для каждого участка была проведена статистическая обработка результатов (факторный и корреляционный анализ). Точки отбора проб были нанесены на электронную карту Республики Коми с точной географической привязкой с использованием программы Arc View 3.2. На основе полученных данных о содержании химических компонентов в снежном покрове были построены растровые изображения распределения загрязняющих веществ (grid-слои). Поверхности распределения моделировали путем интерполяции, применяя метод обратных взвешенных расстояний с использованием программного модуля Spatial Analyst (Arc View 3.2).

Обсуждение результатов

Наиболее показательными интегральными параметрами химического состава атмосферных осадков являются минерализация (сумма ионов $\Sigma_{\text{и}}$) и значение водородного показателя (pH). Минерализация дает первичное представление о качестве природных вод. В пределах зоны избыточного и достаточного увлажнения, занимающей северную половину европейской территории России, значение минерализации атмосферных осадков варьирует в диапазоне 5–25 мг/дм³ [7]. Среднее значение минерализации талой воды, по нашим данным, составило 2.8 мг/дм³ и имеет тенденцию к

уменьшению с увеличением широты. Максимальные значения минерализации получены на восточной границе исследованного района, проходящей вдоль подножия Уральского хребта. Повышенный уровень минерализации атмосферных осадков в горной местности, как считает Н.Ф. Глазовский с соавторами [3], обусловлен естественным геохимическим накоплением в результате их конденсации. Выявлена зависимость величины pH от суммарной концентрации ионов в талой воде. В большинстве случаев между ними наблюдается корреляционная взаимосвязь: с повышением суммарного содержания ионов значение pH в осадках возрастает ($r_{\text{pH}-\Sigma_{\text{и}}} = 0.17 > r_{5\%} = 0.12$, $n = 226$). Полученные нами результаты отража-

ют химический состав снежного покрова фоновых территорий таежной зоны Республики Коми (табл. 1) и отмечают динамику его изменения в пространстве (табл. 2).

Важное значение для понимания химических процессов, происходящих при таянии снега, имеет кислотность талых вод. Кислые осадки, поступающие в почву, усиливают миграцию и выщелачивание различных элементов из почвенных горизонтов. Известно, что при среднем содержании диоксида углерода в атмосфере 375 ppm и температуре 20 °C в воде атмосферных осадков устанавливается значение pH ~5.65, если pH > 5.65, говорят о подщелачивании осадков, при pH < 5.65 осадки считают закисленными. Результаты наших исследований показали, что талая снежная вода в таежной зоне характеризуется слабокислой реакцией. Среднее значение pH составило 4.7 ± 0.1 , наблюдается подкисление снежного покрова с севера на юг: pH в среднем за три года по северной тайге – 4.8 ± 0.1 , южной – 4.6 ± 0.1 , что ниже значений, полученных В.М. Дроздовой с соавторами [6] для территории Коми АССР в период с 1958 по 1961 г. Значения pH талой воды в данный период времени варьировали в диапазоне 5.0–6.0. По данным Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, наблюдается тен-

Химический состав талых вод, мг/дм³

Год	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Σ _{ионов}
2005	1.54	1.11	0.17	0.160	0.065	0.12	0.018	0.068	3.25
2006	0.76	1.26	0.18	0.120	0.074	0.20	0.020	0.069	2.68
2007	0.75	1.21	0.15	0.110	0.087	0.15	0.025	0.100	2.58
Среднее	1.02±0.26	1.19±0.04	0.170±0.009	0.130±0.015	0.075±0.006	0.160±0.023	0.021±0.002	0.079±0.006	2.84±0.20

денция закисления снежного покрова на севере европейской территории России (на 10-20 %) в сравнении с центральной и южной частями европейского Севера. За последние 10 лет наибольшая частота проявления закисления снежного покрова (рН <5.6) отмечалась на Кольском п-ове, в регионе Урала, на севере и северо-востоке Западной Сибири. Тенденция к закислению проявляется также на Сахалине и в районе Чукотки, в Прибайкалье [9, 11, 15].

Характер распределения значений рН талой воды по группам кислотности показал, что около 76 % значений находится в диапазоне 4.5-5.0. (табл. 3). Наибольшему подкислению подвержена территория южной подзоны тайги, где не обнаружено значений рН ≥5.0. Для средней и северной подзон тайги характерен разброс значений рН, однако преобладали величины в диапазоне 4.5-5.0 (73.5-92.6 %). На территории северной подзоны тайги практически отсутствуют тенденции и сильного подкисления, и техногенного подщелачивания снежного покрова. Выявлены участки с достаточно эффективной нейтрализацией кислотных компонентов щелочными составляющими снеговых вод. Самые высокие значения водородного показателя характерны для таких промышленных центров, как Сыктывкар, Ухтинско-Сосногорская агломерация, Вуктыл, что связано с подщелачиванием в резуль-

тате техногенной эмиссии поллютантов. Формирование кислотности снежного покрова оценивали через отношение суммы концентраций анионов (A = [SO₄²⁻] + [NO₃⁻] + [Cl⁻]) к сумме концентраций катионов (K = [NH₄⁺] + [Ca²⁺] + [Mg²⁺] + [Na⁺] + [K⁺]) [7]. Такой подход вполне оправдан, поскольку наличие в талой воде катионов во многом обусловлено растворением соединений (карбонатов, фосфатов, силикатов), поступающих в атмосферу в результате ветровой эрозии почв, горных пород. Процесс гидролиза карбонат-, фосфат- и силикат-анионов в водной среде сопровождается образованием гидроксид-ионов. Таким образом, концентрация катионов эквивалентна концентрации гидроксид-ионов.

Из полученных данных (табл. 4) следует, что талая вода таежной зоны характеризуется значениями K/A < 1 при увеличении данного соотношения с юга на север от 0.42 до 0.83 (среднее значение равно 0.58). Таким образом, кислотно-основные свойства снежного покрова таежной зоны определяются дефицитом нейтрализующих соединений и преобладанием в талой воде ионов водорода, что соответствует общей ситуации на территории России, где доля катионов в атмосферных осадках, как правило, близка к 30 % суммарного содержания ионов, исключая гидроксид-ионы и ионы водорода [12]. Средние значения

концентраций сульфатов и нитратов в атмосферных осадках в зимние периоды 2005-2007 гг. были использованы нами для расчета величины кислотности pA_s = -log([SO₄²⁻] + [NO₃⁻]), которая по своему физическому смыслу является величиной рН осадков при условии, что в них не происходит нейтрализации серной и азотной кислот щелочными компонентами. Это величина наряду с рН обычно рассматривается при обсуждении кислотно-основных свойств атмосферных осадков [22]. Рассчитанные значения кислотности талых вод указывают на определяющую роль основных анионов и незначительную степень их нейтрализации.

Значимую роль в повышении кислотности талых вод исследуемых территорий играют анионы SO₄²⁻, о чем свидетельствуют высокие значения соотношения молярных концентраций эквивалентов ([SO₄²⁻] / [NO₃⁻]) ≥ 1.4. На основе соотношения [SO₄²⁻] / [NO₃⁻] выделены зоны наибольшего техногенного воздействия – территории с развитой промышленностью (Вуктыльский, Ухтинский и Сосногорский районы). Преобладание сульфатов над нитратами может быть объяснено различиями в эффективности вымывания образующих их оксидов из атмосферы: взаимодействие атмосферной влаги с диоксидом серы и выпадение сульфат-ионов более эффективно, чем нитрат-ионов [23]. Для тундровой зоны республики [26] также отмечено преобладание сульфат-ионов над нитратами. Основные нейтрализующие компоненты – соединения кальция и магния, что следует из близости соотношений K/A и ([Ca²⁺] + [Mg²⁺]) / [SO₄²⁻]. Увеличение значения данного соотношения в северной подзоне тайги свидетельствует о подщелачивании снега по сравнению с южной подзоной тайги. Существует невысокая степень взаимосвязи между величиной кислотности талых вод и содержанием в них основных ионов: r_{рН-Ca²⁺} = 0.22, r_{рН-Mg²⁺} = 0.29. Относительно высокое значение коэффициента корреляции между концентрациями ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ (r = 0.56) указывает на единый эрозийный источник по-

Таблица 2

Поступление химических соединений на фоновые территории таежной зоны за 2005-2007 гг. (n = 226, P = 0.95)

Показатель	Подзона тайги		
	южная	средняя	северная
рН	4.55±0.1	4.68±0.1	4.77±0.1
Удельная электропроводность, μS/cm	10.02±0.47	9.85±0.13	9.41±0.32
Cl ⁻ , г/м ²	0.016±0.001	0.021±0.0003	0.031±0.001
SO ₄ ²⁻ , г/м ²	0.11±0.01	0.13±0.002	0.16±0.01
N-NH ₄ ⁺ , г/м ²	0.0043±0.0002	0.0080±0.0001	0.0096±0.0003
N-NO ₃ ⁻ , г/м ²	0.044±0.002	0.036±0.001	0.026±0.001
N общий, г/м ²	0.049±0.002	0.046±0.001	0.033±0.001
P общий, мг/м ²	0.26±0.03	0.47±0.01	0.65±0.05
Na ⁺ , г/м ²	0.0220±0.0002	0.017±0.001	0.024±0.002
K ⁺ , г/м ²	0.0064±0.0008	0.0097±0.0003	0.0171±0.0016
Ca ²⁺ , г/м ²	0.016±0.0014	0.021±0.001	0.039±0.003
Mg ²⁺ , г/м ²	0.0027±0.0002	0.0026±0.0001	0.0045±0.0003

ступления этих компонентов в атмосферу. Элементы магний и натрий имеют, как правило, морское происхождение, калий – терригенное. Значение соотношения $([Mg^{2+}] + [Na^+]) / ([Ca^{2+}] + [K^+])$ отражает преобладание морской (>1) или терригенной (<1) составляющей. В южной подзоне тайги ионы натрия и магния преобладают над содержанием ионов калия и кальция, что обусловлено техногенными факторами, а не влиянием морского аэрозоля. Данное предположение подтверждается отклонением соотношения $[Na^+] / [Cl^-]$ относительно значения для морской соли, равного 0.86. В южной и северной подзонах тайги это соотношение составляет 2.08 и 1.22 соответственно. С юга на север таежной зоны наблюдается увеличение концентрации в снеге хлорид-ионов и катионов натрия. Этот факт указывает на усиление влияния северных воздушных масс, богатых морским аэрозолем.

Увеличение содержания хлорид-ионов в снеге объясняют их эмиссией в атмосферу в процессе сжигания угля, типогенным элементом которого является хлор [19]. В этом случае наблюдалось бы преобладание хлорид-ионов над ионами натрия: соотношение $[Cl^-] / [Na^+] \gg 1.17$. Построение картосхемы распределения значений эквивалентного соотношения $[Cl^-] / [Na^+]$ для снежного покрова таежной зоны позволило отметить, что для большей части территории характерны значения данного соотношения в диапазоне от 0.58 до 1.17. Кроме того, наблюдается взаимосвязь хлорид-ионов с другим элементом морского происхождения – магнием ($r_{Mg-Cl} = 0.42$), эквивалентное содержание которого в снеге с юга на север возрастает. Другим аргументом может быть низкое значение коэффициента корреляции между хлоридами и сульфат-ионами ($r_{Cl-SO_4^{2-}} = 0.14$), поступление которых обусловлено эмиссией от сжигания топлива на ТЭЦ в зимний период. Важным для выяснения происхождения состава атмосферных осадков является преобладание SO_4^{2-} над Cl^- , что является показателем загрязненности атмосферы промышленными эмиссиями [17]. В среднем для северо-западных территорий России содержание в атмосферных осадках сульфатов в два раза больше, чем хлоридов. Большая часть сульфатов имеет не морское происхождение.

Полученные нами значения соотношения $[SO_4^{2-}] / [Cl^-]$ в талой воде уменьшаются с юга на север – от 4.9 в южной до 3.7 в северной подзоне тай-

ги. Для сравнения, на территории Байкальского биосферного заповедника это соотношение не превышает 3, что соответствует фоновым значениям [15]. Наши результаты (табл. 4) указывают на незначительное повышение доли морской составляющей сульфат-ионов в северотаежной подзоне. Общее поступление сульфат-ионов в зимнее время составляет в среднем 0.13 г/м². Данный факт указывает на то, что фоновые территории таежной зоны незначительно подвержены техногенному воздействию по сравнению с северо-западной частью России, где выпадение SO_4^{2-} варьирует в диапазоне 5-10 г/м² в год [5]. Сравнение исследований по различным территориям северного полушария также подтверждают низкое поступление сульфат-ионов в таежной зоне региона по сравнению с другими районами (табл. 5). Анализ средних выпадений сульфат-ионов на территорию северного полушария показал, что таежную зону Республики Коми можно приравнять к арктическим регионам. Важными характеристиками, дающими представление о степени опасности закисления окружающей среды, являются величины выпадений из атмосферы соединений серы и азота, которые в долгосрочной перспективе могут привести к значительному подкислению отдельных компонентов биогеоценозов. Среднегодовое количество атмосферных выпадений в виде N, S, H⁺, влияющих на наземные и водные экосистемы, не превышает нормы выпадений этих соединений для северных и центральных районов европейской территории России [8]. На основании полученных данных были построены геохимические ряды ионов в составе снежного покрова, в которых использованы значения превышения молярной кон-

центрации эквивалента данного иона относительно минимальной концентрации (табл. 4). По классификации О.А. Алекина [1], талые воды в большинстве случаев относят к сульфатному классу, группе кальция, четвертому типу ($[HCO_3^-] = 0$), т.е. воды являются кислыми с преобладанием

Таблица 3
Распределение значений pH в снежном покрове фоновых территорий, % (n = 226)

Подзона тайги	Диапазон значений pH			
	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0
Южная	28.6	71.4	0.0	0.0
Средняя	19.5	73.5	5.4	1.6
Северная	0.0	92.6	7.4	0.0
Всего	17.7	75.7	5.3	1.3

центрации эквивалента данного иона относительно минимальной концентрации (табл. 4). По классификации О.А. Алекина [1], талые воды в большинстве случаев относят к сульфатному классу, группе кальция, четвертому типу ($[HCO_3^-] = 0$), т.е. воды являются кислыми с преобладанием

Таблица 4
Соотношения эквивалентных концентраций основных ионов в жидкой фазе талой воды

Показатель	Подзона тайги		
	южная	средняя	северная
pH	4.6	4.7	4.8
pA ₁	4.4	4.5	4.6
$\frac{[NH_4^+] + [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}] + [Na^+] + [K^+]}{[SO_4^{2-}] + [NO_3^-] + [Cl^-]}$	0.42	0.49	0.83
$\frac{[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]}{[SO_4^{2-}]}$	0.46	0.46	0.71
$\frac{[SO_4^{2-}]}{[NO_3^-]}$	0.72	1.17	2.28
$\frac{[Mg^{2+}] + [Na^+]}{[Ca^{2+}] + [K^+]}$	1.21	0.73	0.61
$[Na^+] / [Cl^-]$	2.08	1.24	1.22
$[Cl^-] / [Na^+]$	0.48	0.81	0.82

в балансе катионов ионов водорода. По данным Федеральной службы России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, на всей территории России в 50 % случаев атмосферные осадки относятся к сульфатно-гидрокарбонатному типу. Меньший вклад вносят нитраты и хлориды. Таким образом, полученные геохимические

Таблица 5
Средние выпадения сульфат-ионов на различных территориях северного полушария

Страна, регион	SO ₄ ²⁻ , г·м ⁻² ·год ⁻¹	Источник
Канада (северные районы)	2.55	[20]
Россия		
европейская территория	1.50	[11]
северо-запад	2.43	[24]
	2.70	[12]
Республика Карелия	1.17	[9]
Республика Коми	0.40	Настоящая работа
Ямал	0.39	[24]
Таймыр	0.30	То же
Земля Франца Иосифа	0.42	» »
Северная Земля	0.27	» »
Новосибирские острова	0.12	» »
Якутия	0.80	[10]

кие ряды ионов подтверждают имеющиеся данные о химическом составе атмосферных осадков на европейской территории России.

Результаты факторного анализа дополняют и во многом объясняют полученные выше взаимосвязи между минеральными компонентами снежного покрова. Более четкая картина распределения ионов по группам была выявлена в результате анализа суммарной матрицы результатов по химическому составу снежного покрова за три года исследований (табл. 6). По результатам факторного анализа были выделены три основные группы ионов (60 %). К первой группе отнесены ионы Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- , поступающие в снежный покров в виде хорошо растворимых соединений. Ионы Mg^{2+} , K^+ и Cl^- имеют почвенно-эрозионное происхождение. Ионы натрия и хлорид-ионы проявляют высокую степень сродства и мигрируют в геохимическом цикле в виде аэрозолей морского происхождения [10]. Вторая группа включает азотсодержащие и сульфат-ионы, которые образуются в результате взаимодействия атмосферной влаги с оксидами азота, серы и аммиаком, обуславливающих подкисление осадков. Ионы третьей группы (Mg^{2+} , Ca^{2+} , $P-PO_4^{3-}$) накапливаются в снежном по-

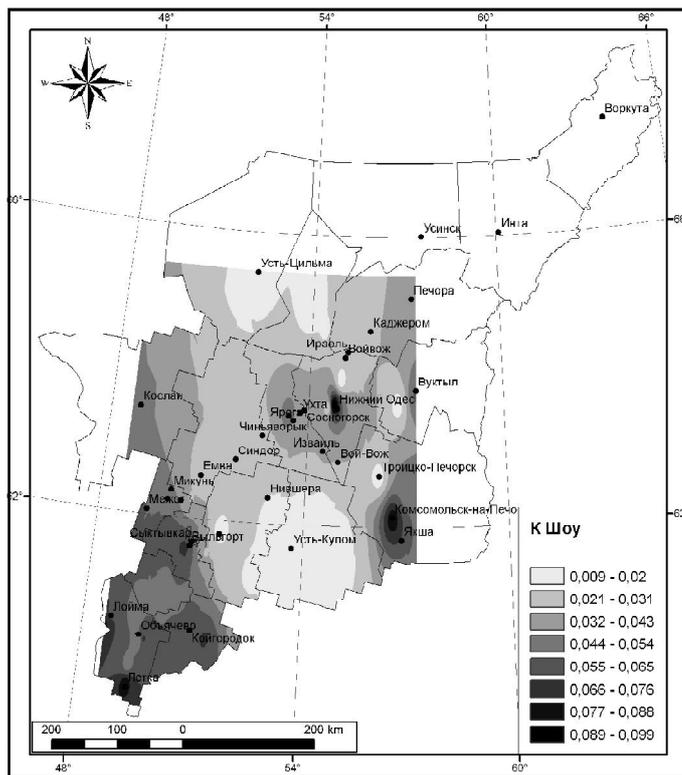


Рис. 2. Картограмма распределения значений коэффициента Шou, рассчитанных для химического состава талой воды фоновых территорий таежной зоны Республики Коми.

крове в результате растворения в кислой среде фосфатов. Поступление этих компонентов в снежный покров обусловлено, главным образом, как естественными процессами выветривания горных пород, содержащих фосфаты магния и кальция, так и техногенными факторами. Максимальные значения сульфат-ионов соответствуют пятому фактору [13]. Накопление нитрат-ионов и аммонийного азота в снежном покрове обусловлено выделением их в процессе жизнедеятель-

ности растений [16], а также в результате техногенной эмиссии при сжигании различных видов топлива. Таким образом, формирование химического состава снежного покрова происходит как за счет природных, так и техногенных факторов. Антропогенный (пятый фактор) путь поступления нитрат-ионов проявился во взаимосвязи с сульфат-ионами в результате техногенной эмиссии в процессе сжигания различных видов топлива.

Для общей характеристики химического состава снежного покрова фоновых территорий таежной зоны использовали значения коэффициента Шou, что позволило дополнительно выявить зоны повышенного поступления веществ (рис. 2). Расчет проводили по следующей формуле:

$$R = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ki,$$

где n – число определяемых компонентов, Ki – содержание i -компонента в снежном покрове, $г/м^2$.

Расчеты показали, что наибольшее поступление веществ отмечено для южных районов Республики Коми: Прилузский, Сысольский, Койгородский, Сыктывдинский, а также территории вблизи промышленных населен-

Таблица 6

Факторные веса компонентов снежного покрова на территории таежной зоны Республики Коми

Компонент	Номер фактора, F										$\sum_{f=1}^F r(X)^2_f$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Факторные веса компонента, r^2										
Cl^-	0.653	0.000	0.019	0.038	0.057	0.077	0.033	0.007	0.001	0.116	1.000
SO_4^{2-}	0.092	0.232	0.121	0.012	0.313	0.200	0.009	0.013	0.001	0.007	1.000
$N-NH_4^+$	0.213	0.467	0.074	0.004	0.010	0.023	0.001	0.200	0.003	0.004	1.000
$N-NO_2^-$	0.309	0.184	0.014	0.115	0.021	0.162	0.115	0.078	0.000	0.001	1.000
$N-NO_3^-$	0.150	0.179	0.070	0.012	0.333	0.218	0.004	0.031	0.002	0.001	1.000
$P-PO_4^{3-}$	0.106	0.041	0.244	0.467	0.037	0.002	0.060	0.042	0.001	0.000	1.000
Na^+	0.520	0.120	0.056	0.088	0.025	0.043	0.039	0.003	0.000	0.106	1.000
Mg^{2+}	0.454	0.061	0.239	0.016	0.002	0.001	0.034	0.017	0.175	0.000	1.000
K^+	0.560	0.000	0.012	0.068	0.008	0.063	0.178	0.027	0.084	0.000	1.000
Ca^{2+}	0.065	0.131	0.503	0.129	0.031	0.014	0.044	0.004	0.079	0.000	1.000
$\sum_{n=1}^N r(X)^2_n$	Суммарный вес каждого фактора										
	3.123	1.415	1.353	0.950	0.836	0.803	0.516	0.423	0.346	0.236	10
	Относительный суммарный вес каждого фактора, %										
	31.23	14.15	13.53	9.50	8.36	8.03	5.16	4.23	3.46	2.36	100

Примечание: выделены максимальные величины.

ных пунктов Ярега, Ухта, Сосногорск, Нижний Одес. Повышение значений коэффициента Шоу отмечено также для восточных территорий – Троицко-Печорский и Вуктыльский районы. Более благоприятная ситуация согласно значениям коэффициента Шоу отмечена для северных районов – Усть-Цилемского, Ижемского, Усть-Куломского. Минимальное значение 0.01 соответствует Усть-Куломскому району.

Итак, снежный покров таежной зоны европейского северо-востока России (Республика Коми) характеризуется низкой минерализацией и кислой реакцией среды. Кислотность талой воды обусловлена преобладанием сильных минеральных кислот и возрастающим с юга на север дефицитом нейтрализующих соединений. Наблюдается статистически достоверная широтная дифференциация в распределении элементов в снежном покрове таежной зоны республики. В результате факторного анализа массивов данных выявлены источники поступления веществ в снежный покров как природного, так и техногенного происхождения. Создана картографическая основа пространственного распределения химических компонентов в снежном покрове, которая позволила выявить зоны накопления, обусловленные влиянием естественных факторов среды и источников техногенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометиздат, 1970. 246 с.
2. *Глазовский Н.Ф., Учватов В.П.* Химический состав атмосферной пыли некоторых районов ЕТС. Пушино, 1981. 31 с.
3. *Глазовский Н.Ф., Злобина А.И., Учватов В.П.* Химический состав снежного покрова некоторых районов Верхнеокского бассейна // Региональный экологический мониторинг. М.: Наука, 1983. С. 67-86.
4. *Горюнова Н.В., Шевченко В.П., Новигатский А.Н.* Геохимия снежно-

го покрова в Арктике // Криогенные ресурсы полярных регионов: Матер. междунар. конф. Нарьян-Мар, 2007. Т. 1. С. 204-206.

5. *Джамалов Р.Г., Злобина В.Л.* Влияние состава атмосферных осадков на качество грунтовых вод // Водные ресурсы, 1997. Т. 24, № 6. С. 645-651.

6. (*Дроздова В.М.*) Химический состав атмосферных осадков на европейской территории СССР / *В.М. Дроздова, О.П. Петренчук, Е.С. Селезнева* и др. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 209 с.

7. *Зверев В.П., Варванина О.Ю., Путилина В.С.* Закономерности изменения состава атмосферных осадков на территории России // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология, 1997. № 5. С. 30-38.

8. Критерии оценки экологической обстановки территории для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М., 1992. 48 с.

9. *Лозовик П.А., Потапова И.Ю.* Поступление химических веществ с атмосферными осадками на территорию Карелии // Водные ресурсы, 2006. Т. 33, № 1. С. 111-118.

10. *Макаров В.Н.* Геохимический мониторинг атмосферных осадков в Центральной Якутии. Якутск, 2007. 88 с.

11. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2005 г. М.: Росгидромет, 2006. 190 с.

12. Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2006 г. М.: Росгидромет, 2007. 162 с.

13. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. М.: Высш. школа, 1975. 423 с.

14. Руководство по контролю загрязнения атмосферы / Под ред. А.Д. Семенова. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 693 с.

15. *Санина Н.Б., Склярова О.А., Костин С.Б.* Геохимические исследования снегового покрова Байкальского биосферного заповедника (в связи с проблемой деградации пихтовых лесов северного склона хр. Хамар-Дабан) // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология, 2003. № 2. С. 120-129.

16. *Смоляков Б.С., Шинкоренко М.П.* Сезонная динамика ионного состава атмосферных аэрозолей и осадков Новосибирской области // Оптика атмосферы и океана, 2002. Т. 15, № 5-6. С. 464-470.

17. *Чудаева В.А., Чудаев О.В., Юрченко С.Г.* Особенности химического состава атмосферных осадков на юге Дальнего Востока // Водные ресурсы, 2008. Т. 35, № 1. С. 60-71.

18. (*Шевченко В.П.*) Осадочный материал в снежном покрове дрейфующих льдов в проливе Фрама / *В.П. Шевченко, А.П. Лисицын, Е.И. Полякова* и др. // Опыт системных океанологических исследований в Арктике. М., 2001. 644 с.

19. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях. Екатеринбург, 2005. 654 с.

20. Acid deposition long-term trends. Washington (D.C., USA): Acad. Press, 1986. 439 p.

21. *Lisitzn A.P.* Sea-ice and iceberg sedimentation in the World Ocean: recent and past. Berlin: Springer, 2002. 563 p.

22. *Miller J.D., Anderson H.A., Harriman R.* The consequences of liming a highly acidified catchment in central Scotland // *Water, Air, and Soil Pollution*, 1995. Vol. 85, № 2. P. 1015-1020. – (Proc. V Intern. Conf. Acidic Deposition: Science and Policy. Goteborg, 26-30 June, 1995; Vol. 2).

23. *Moody J.L., Samson P.J.* The influence of atmospheric transport on precipitation chemistry at two sites in the Midwestern United States // *Atmospheric Environm.*, 1989. Vol. 23. P. 2117-2132.

24. *Расына Ж.М.* Chemical tracers of the origins of arctic air pollution // *Pollution of the Arctic atmosphere*. Berlin-Heidelberg: Elsevier, 1991. P. 97-122.

25. (*Ryaboshapko. A.*) Balances of oxidized sulfur and nitrogen over the former Soviet Union territory / *A. Ryaboshapko, L. Gallardo, M.E Kjellstro et al.* // *Atmospheric Environm.*, 1998. Vol. 32. P. 647-658.

26. (*Walker T.R.*) Anthropogenic metal enrichment of snow and soil in north-eastern European Russia / *T.R. Walker, S.D. Young, P.D. Crittenden et al.* // *Environm. Pollution*, 2003. Vol. 121. P. 11-21. ❖

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Доктору биологических наук, профессору **Тамаре Константиновне Головке** с присвоением почетного звания «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» за большие заслуги в научной деятельности!

Указ Президента Российской Федерации № 877 от 9 июля 2010 г.

Желаем дальнейших творческих успехов!



СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *SEDUM* L.S.L. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА

Представители сем. Crassulaceae DC., как правило, приурочены к семиаридным областям, демонстрируют достаточно большое разнообразие жизненных форм, структур органов и тканей. Исследование морфологии и анатомии отдельных представителей семейства важно не только для решения таксономических задач, но и для того, чтобы получить представление об уровнях специализации разных структур и путях эволюции суккулентных растений. В процессе эволюции большинство видов сем. Crassulaceae адаптировались к произрастанию в аридных условиях, в местообитаниях с высокой температурой и освещенностью. Для предотвращения повреждений фотосинтетического аппарата от высокой инсоляции на листьях образуется толстая кутикула, уменьшаются размеры хлоропластов. Для перенесения засушливого периода появляется водозапасающая ткань. Редукция листовой поверхности уменьшает транспирационные потери воды. Выработался особый тип фиксации CO₂ – САМ (метаболизм по типу толстянковых – Crassulaceae acid metabolism), позволяющий экономно использовать воду в процессе фотосинтеза. На сегодняшний день при рассмотрении семейства Crassulaceae остаются нерешенными и дискуссионными несколько вопросов. Первый – вопрос о суккулентности и его критериях. Наличие водозапасающей ткани, как полагали раньше, не является прямым доказательством суккулентности даже у типичных представителей этой группы, таких как кактусы (Cactaceae A.L. Juss) и толстянки (Crassulaceae DC). В понятие суккулентности А.П. Хохряков и И.Е. Синева [6] включают не только растения с наличием водозапасающей ткани, но и особого САМ-метаболизма. К этой группе Л.И. Лотова [4] относит растения с большим количеством пентоз в клетке, увеличивающих водоудерживающую способность и, как следствие, имеющих высокую оводненность. Однако все рассмотренные критерии носят качественный характер. Количественная оценка впервые была предложена В. Лархером [3], который ввел понятие «степень суккулентности», отражающее отношение между транспирирующей поверхностью и запасом воды в тканях. Второй вопрос связан с преобразованиями на клеточно-функциональном уровне, наблюдаемыми у суккулентных растений в условиях холодного климата. Встречаемость растений этой группы по мере продвижения к более северным широтам снижается по двум причинам: первая – разрушение водоносной ткани при воздействии низких температур и вторая – неэффективность САМ-метаболизма. Условия среды



Т. Бабак



Д. Бачаров

сильно влияют на габитус, строение и функциональную активность растений. На территории европейского северо-востока России сем. Crassulaceae представлено родами *Rhodiola*, *Sedum* и *Hylotelephium* [7], включающими виды *Rhodiola quadrifida* (Pall.) Fish. et C.A. Mey, *R. rosea* L., *Sedum acre* L. и *Hylotelephium triphyllum*

(Haw.) Holub. [2].

Известно, что еще в третичном периоде при расселении предковых форм рода *Hylotelephium* по территории Евразии произошло обособление родов *Sedum* и *Rhodiola*. Обособление рода *Sedum* происходило при продвижении в зоны с сухим климатом (Малая Азия, Средиземноморье) [1]. Сформировался высокоспециализированный тип листа с наличием водозапасающей ткани, роль листа в фотосинтетических процессах уменьшалась, низкая скорость метаболизма привела к нанизму и микрофилии растений. Большинство видов родов *Hylotelephium* и *Sedum* в настоящее время произрастают на территориях с семиаридным климатом. Некоторые представители этих родов расселились в северном направлении и обитают в умеренном климате вплоть до Полярного круга. Целью нашей работы являлось изучение анатомического строения вегетативных органов *Sedum acre* и *Hylotelephium triphyllum*, произрастающих в условиях холодного климата.

Для выявления путей структурной адаптации толстянковых к условиям Севера в первую очередь мы исследовали особенности мезоструктуры листьев. У *S. acre* они маленькие, яйцевидные или округлые, с площадью листовой пластинки от 6 до 10 мм² и толщиной до 2 тыс. мкм, у *H. triphyllum* – уплощенные, средние или большие. Характерной чертой в анатомическом строении листьев этих видов является наличие хорошо развитой паренхимы от двух-трех слоев мезофилла у *S. acre* до пяти-шести у *H. Triphyllum* (рис. 1). Мезофилл у *S. acre* не дифференцирован на столбчатую и губчатую паренхиму. Наличие водозапасающей ткани (пять-шесть слоев клеток), плохо развитый центральный проводящий пучок, толстые эпидерма и кутикула (до 70 и 10 мкм соответственно) и отсутствие механической ткани сближают *S. acre* с суккулентами из областей с засушливым климатом. Крупные клетки мезофилла, объем которых в листьях генеративных побегов в среднем составляет 1735 тыс. мкм³, обеспечивают запасание воды. Для *S. acre* характерны высокие величины, характеризующие объем клетки, приходящийся на один хлоропласт (КОХ) – до 10.2 тыс. мкм³. Значение КОХ считают одним из показателей фотосинтетической активности вида на

Бабак Татьяна Владимировна – к.б.н., н.с. лаборатории экологической физиологии растений. E-mail: babak@ib.komisc.ru. Область научных интересов: ботаника, экология.

Бачаров Дмитрий Сергеевич – к.б.н., Сыктывкарский государственный университет. Область научных интересов: биология, анатомия, экология.

уровне мезоструктуры [5]. У толстянковых величина КОХ скорее отражает степень суккулентности, так как она возрастает с увеличением оводненности клетки. Наличие водозапасающей ткани, обеспечивающей выживание растений *S. acre* в условиях водного стресса, приводит к снижению фотосинтетической функции листа.

В листьях *H. triphyllum*, в отдельных случаях – при произрастании в открытых местообитаниях (луг, опытная делянка), наблюдали слабую дифференциацию мезофилла: верхние два слоя клеток палисадной паренхимы имели удлиненную, немного вытянутую форму и в 1.5-2.0 раза превышали длину клеток последующих трех-четырех слоев губчатой паренхимы. У остальных растений клетки мезофилла, как правило, были округлой формы. Растение *H. triphyllum* отличается от истинных суккулентов тем, что наряду с увеличением обводненности клеток мезофилла у них хорошо выражены ксероморфные признаки: большие размеры листовой пластинки (площадь листа генеративного побега составляет в среднем 665 мм²), малая толщина листа, эпидермальной ткани и кутикулы (в три-четыре раза меньше, чем у *S. acre*), большое количество устьиц (до 2.6 тыс. шт./см², что в два раза превышает данный показатель у первого вида; устьичный коэффициент до 29%), отсутствие водозапасающей ткани. По своим анатомо-морфологическим параметрам листья *H. triphyllum* приближаются к светлюбивым мезофитным видам бореальной зоны. Черты листового суккулента *H. triphyllum* приобретает только на клеточном уровне. За счет накопления воды в вакуолях хлорофиллсодержащих клеток *H. triphyllum* может выдерживать кратковременные периоды засухи.

На основании анализа мезоструктуры листа можно заключить, что *S. acre* проявляет в условиях холодного климата признаки истинно суккулентного растения. Это позволяет растениям произрастать на хорошо освещенных, открытых от травостоя песчаных насыпях вдоль дорог и в сосновых борах, где влагообеспеченность в отдельные периоды резко снижается. *H. triphyllum* может выдерживать кратковременные периоды засухи за счет накопления воды в вакуолях хлорофиллсодержащих клеток.

В аридных районах толстянковые приспосабливаются не только к недостатку воды, но и к высокой (избыточной) инсоляцией, которая может повреждать фотосинтетический аппарат. Для этого у листовых суккулентов имеется толстая кутикула, способная отражать до 40 % падающего света. Клетки содержат большое количество мелких хлоропластов, занимающих пристенное положение. Признаки вида, произрастающего при избыточной освещенности, характерны только для *S. acre*: толстая

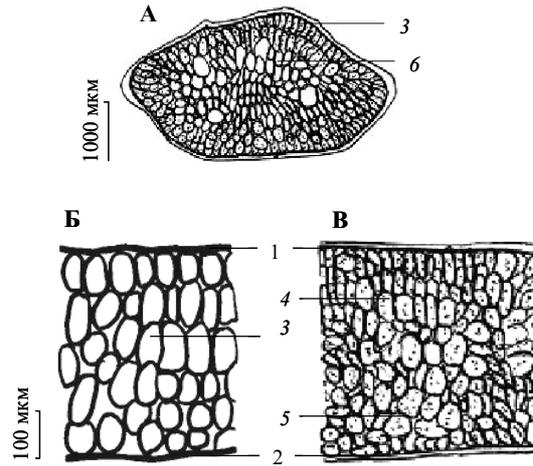


Рис. 1. Схема анатомического строения листьев *Sedum acre* (А) и *Hylotelephium triphyllum* (Б – поперечный срез листа с недифференцированным мезофиллом, В – со слабой дифференциацией): 1 – верхняя, 2 – нижняя эпидермы, 3 – ассимилирующая, 4 – палисадная, 5 – губчатая, 6 – водозапасающая ткань.

кутикула и большое количество мелких хлоропластов в клетках мезофилла листа. Анатомическое строение листьев *H. triphyllum* свидетельствует о приспособленности фотосинтетического аппарата к низкой освещенности. Сравнительно небольшое количество в клетках мезофилла крупных хлоропластов с равномерным распределением в клетке отличает этот вид от растений-суккулентов с пристенным расположением хлоропластов, произрастающих при высокой инсоляции. На европейском Северо-Востоке *H. triphyllum* способен произрастать в экотопах с различным световым режимом, хотя местообитания с высокой инсоляцией неблагоприятны для его роста.

Освоению видом различных экотопов благоприятствует пластичность пигментного аппарата. При полной освещенности растения *H. triphyllum* накапливали в листьях, стеблях и цветках антоцианы, функциональная роль которых до сих пор дискусионна. Накопление антоцианов у световых листьев происходило в клетках верхней эпидермы. По-видимому, это связано с их защитной функцией от жестких лучей УФ-В и высокой инсоляции. Однако такие листья с высоким накоплением антоцианов быстрее старели и опали. Возможно, накопление антоцианов в листьях *H. triphyllum* под действием высокой инсоляции является неспецифической реакцией и происходит в результате катаболизма белков. Известно, что некоторые фенольные соединения, в том числе и предшественники антоцианов, могут образовываться в результате распада белка.

Изучение анатомического строения стебля двух видов показало, что у *S. acre* в процессе развития растения не происходит отмирания сердцевины, ее клетки, как и клетки первичной коры, имеют высокую оводненность. Клетки и ткани, выполняющие механическую функцию, расположены в центре в виде кольца (рис. 2), что, по-видимому, является адаптивной реакцией растения к переживанию неблагоприятных факторов. Вероятно, редукция механической ткани в стебле *S. acre* произошла из-за перехода к ползучему типу побега, его небольших размеров и высокого тургора паренхимных клеток. У *H. triphyllum* сердцевина отмирает и сохраняется только перимедулярная зона. В природе прямостоячий стебель *H. triphyllum* подвергается большим динамическим нагрузкам, чем стелющийся стебель *S. acre*, в связи с чем изучаемые виды имеют разные типы расположения проводящих элементов в центральном цилиндре, это связано с особенностями заложения прокамбия, его меристематической активностью и объясняется теорией распределения механической ткани в стебле. Результаты изучения анатомического строения корней позволяют заключить, что корни изученных видов име-

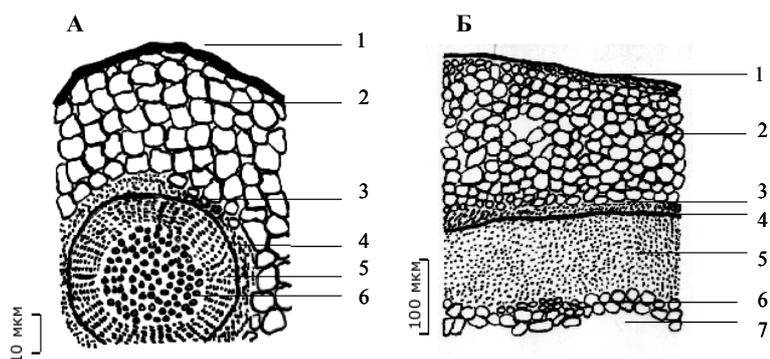


Рис. 2. Схема анатомического строения стеблей *Sedum acre* (А) и *Hylotelephium triphyllum* (Б): 1 – эпидерма, 2 – паренхима первичной коры, 3 – флоэма, 4 – прокамбий, 5 – ксилема, 6 – клетки сердцевины, 7 – воздухоносная полость.

ют сходное строение. В отличие от *S. acre* в клетках коровой паренхимы корнеклубней *H. triphyllum* происходит депонирование крахмала, что приводит к метаморфозам корней.

Таким образом, изучение анатомического строения вегетативных органов представителей семейства Crassulaceae – *Sedum acre* и *Hylotelephium triphyllum*, произрастающих на территории европейского северо-востока России, позволило сформулировать следующее. По характеру анатомического строения листа *H. triphyllum* можно отнести к группе суккулентноподобных растений, а *S. acre* – к листовым суккулентам. В строении листа отличия наблюдали в толщине эпидермиса и кутикулы, расположении проводящих элементов, строении мезофилла и отсутствии водозапасающей ткани у *H. triphyllum*. Общее в строении листа *S. acre* и *H. triphyllum* – это недифференцированная (редко слабо дифференцированная) на столбчатую и губчатую паренхима листа; наличие крупных, тесно расположенных клеток мезофилла. Показатель КОХ у растений-суккулентов можно использовать как критерий

степени суккулентности. В строении стебля *S. acre* выявлены признаки суккулентного растения: отсутствие хорошо выраженных механических тканей, слабое развитие проводящих пучков, сердцевина, способная выполнять водозапасающую функцию. *H. triphyllum* отличается рядом структурных особенностей от *S. acre*: строением сердцевины, иным расположением проводящих и механических элементов в центральном цилиндре. Одним из проявлений стратегии адаптации суккулентно-лиственной травянистой биоморфы к условиям Севера можно считать наличие запасных органов, роль которых у *S. acre* играют листья и стебель зимующего вегетативного побега, у *H. triphyllum* – корнеклубни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисовская Г.М. Анатомо-систематическое исследование некоторых представителей семейства Crassulaceae DC. // Вестн. ЛГУ. Биология, 1960. Т. 21, № 4. С. 159-162.
2. Груздев Б.И., Мартыненко В.А., Тарбаева В.М. Современная номенклатура сосудистых растений европейского северо-востока России. Сыктывкар, 1999. 136 с.
3. Лархер В. Экология растений. М., 1978. 186 с.
4. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. М., 2000. 528 с.
5. Мокроносов А.Т. Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата // Мезоструктура и функциональная активность фотосинтетического аппарата. Свердловск, 1978. С. 5-30.
6. Хохряков А.П., Синев И.Е. Знакомые и незнакомые суккуленты // Природа, 1997. № 12. С. 44-56.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 992 с.

СЕРА В ПИТАНИИ РАСТЕНИЙ НА ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Стабильная продуктивность и хорошее качество растениеводческой продукции возможны лишь при обеспечении потребности растений во всех необходимых элементах питания. Одним из лимитирующих элементов в последние годы становится сера. Дефицит ее связан с переходом на безбалластные минеральные удобрения с сокращением применения органических удобрений. Недостаток серы обусловлен также снижением поступления ее из атмосферы. Вынос серы сельскохозяйственными культурами составляет 10-30 кг/га. Значительны ее потери вследствие вымывания атмосферными осадками. Из-за



Г. Елькина

отрицательного баланса серы почти половина пашни имеет низкую обеспеченность, площади эти постоянно увеличиваются [1, 3]. Дефицит серы не только сдерживает продуктивность, но и ухудшает качество растениеводческой продукции, снижает устойчивость к заболеваниям. Сера входит в состав всех белков. Негативно влияя на метаболизм азота, недостаток серы приводит к возрастанию потерь азота из почвы и загрязнению им природных вод [4, 5]. Целью наших исследований было изучить содержание серы в подзолистой почве, вынос ее растениями при разных системах применения удобрений и оце-

нить связи между параметрами круговорота элемента и продуктивностью культур.

Для расчета баланса серы использовались результаты полевого эксперимента на подзолистой легкосуглинистой почве (5-6 км от г. Сыктывкар) со следующей первоначальной агрохимической характеристикой: гумус (по Тюрину) – 1.76; рН в КС1 – 3.9-4.1; Н_г – 6.0-6.3 ммоль/100 г; обменная кислотность (по Соколову) – 1.08-1.17 ммоль/100 г; содержание подвижных фосфора – 10.0-12.5, калия – 8.8-10.9 мг/100 г (по Кирсанову); гидролизуемый азот (по Тюрину, Кононовой) – 2.7 мг/100 г почвы. Площадь опытных делянок 10 м², повторность четырехкратная. Минеральные удобрения были внесены по двум схемам: на фоне долами-

Елькина Галина Яковлевна – д.с.-х.н., с.н.с. отдела почвоведения. E-mail: elkina@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 51 15. Область научных интересов: минеральное питание, микроэлементы, тяжелые металлы.

товой муки 4 т/га – балансовый метод определения потребности в удобрениях с применением региональных коэффициентов использования элементов из почвы и удобрений и средние рекомендуемые дозы; при дозе 11 т/га – метод оптимизированного питания растений макро- и микроэлементами и оптимизированного питания макроэлементами.

Вынос серы растениями определялся культурой, ее продуктивностью и применением удобрений (табл. 1). Максимальное потребление элемента картофелем и его положительный баланс установлены при оптимизированном питании макро- (N, P, K, Ca, Mg, S) и микроэлементами (Cu, B, Mo, Co, Zn, Mn). В этом варианте для удовлетворения потребности растений в калии и сере использовали сернокислый калий, с ним, а также в составе солей микроэлементов в почву поступило 40 кг серы. Столь значительное (40.8 кг/га) отчуждение серы было вызвано максимальным сбором клубней и бо-

лее высоким содержанием элемента в растениях. Вынос серы картофелем без применения удобрений был существенно ниже и составил 8.6 кг/га. При известковании за счет повышения продуктивности потребность в ней увеличилась до 11.3, а при сочетании доломитовой муки и минеральных удобрений – до 18.6-19.2 кг/га. В исследованиях Т.Г. Заболоцкой [2] при возделывании картофеля на слабокультуренной подзолистой почве в кругооборот включалось 7.2 кг серы. Отчуждение серы однолетними травами, как и уровень ее дефицита, были несколько ниже, чем при возделывании картофеля. Возмещение потребности колебалось от 14.7 в вариантах с удобрениями до 22.9 % на контроле. Клевер отличался большей потребностью в сере, дефицит ее восполнялся на 12.7 до 19.1 %. Недостатка в сере кормовые культуры, как и картофель, не испытывали при сбалансированном питании комплексом элементов питания, в число которых входила и сера.

В целом за девятилетний севооборот вынос серы из почвы увеличился с ростом продуктивности и уровнем обеспеченности серой и другими элементами минерального питания. Отчуждение серы на контроле составило 78.2 кг/га. При применении основных элементов питания на фоне известки (балансовый метод, средние дозы), где калий вносился в виде хлористой соли, оно было вдвое выше – 160.7-170.8 кг/га. В среднем в год при отрицательном балансе отчуждалось 8.7-19.0 кг/га.

Возврат серы с растительными остатками определялся спецификой культуры, ее продуктивностью. Минерализация остатков приводит к значительной утрате элемента (вымывание, газообразные потери). Для своих расчетов мы применяли максимальное (50%-ное) использование элемента последующей культурой. Поступление из остатков составило: по картофелю 2.0-3.5, однолетним травам – 1.8-2.5, многолетним травам – 1.9-4.2 кг /га.

Таблица 1

Вынос и баланс серы на подзолистых почвах

Показатель	Условия опыта						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Картофель							
Средняя продуктивность, т/га	19.6	21.7	46.0	40.0	27.3	56.4	45.6
Вынос, кг/га	8.6	9.5	19.2	18.6	11.3	40.8	29.1
Поступление из атмосферы, с растительными остатками (50 %) и удобрениями, кг/га	2.0	2.1	2.8	2.8	2.0	44.1	42.8
Баланс, кг/га	-6.6	-7.4	-16.4	-15.8	-9.3	3.3	13.6
Возмещение потребности, %	23.1	22.1	14.7	14.8	17.8	108.1	146.9
Однолетние травы (зеленая масса)							
Средняя продуктивность, т/га	7.6	10.7	23.7	21.2	12.4	29.4	25.7
Вынос, кг/га	8.0	8.3	16.4	14.3	8.4	19.5	16.6
Поступление из атмосферы, с растительными остатками (50 %) и удобрениями, кг/га	1.8	1.9	2.4	2.3	1.9	25.5	24.7
Баланс, кг/га	-6.2	-6.4	-14.0	-12.0	-6.5	6.1	8.1
Возмещение потребности, %	22.9	22.9	14.7	15.8	22.5	131.2	148.7
Клевер (сено)							
Средняя продуктивность, т/га	1.4	1.6	3.2	3.1	2.1	4.0	3.3
Вынос	9.8	11.2	22.4	21.7	14.7	28.0	23.1
Поступление из атмосферы, с растительными остатками (50 %) и удобрениями	1.9	2.0	2.9	2.8	2.1	18.2	16.9
Баланс	-7.9	-9.2	-19.5	-19.0	-12.6	-9.8	-6.2
Возмещение потребности, %	19.1	17.9	12.9	12.7	14.3	65.0	73.2
В севообороте							
Вынос, кг/га	78.2	85.3	170.8	160.7	99.7	277.7	212.5
Поступление из атмосферы, с растительными остатками (50 %) и удобрениями, кг/га	17.3	18.1	24.3	23.3	17.9	289.5	279.0
Баланс, кг/га	-60.9	-67.2	-146.5	-137.4	-81.8	11.9	66.5
Возмещение потребности, %	22.1	21.2	14.2	14.5	18.0	104.3	131.3

Примечания: I – контроль, II – доломитовая мука, 4 т/га, III – то же, балансовый метод, IV – то же, рекомендуемые дозы, V – доломитовая мука, 11 т/га, VI – то же, оптимизация питания макро- и микроэлементами, VII – то же, оптимизация питания макроэлементами.

Таблица 2

Продуктивность и химический состав ботвы картофеля в зависимости от поступления серы в почву

Вариант	Масса клубней, г/куст	Содержание элементов, %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Контроль	254	1.85	0.17	1.98	1.21	0.42	0.18
Фон* + K31 + S13 г/м ² (K ₂ SO ₄)	1220	4.02	0.29	4.22	1.90	0.86	0.28
Фон* + K31 г/м ² (KCl)	1061	3.75	0.23	3.96	1.95	0.72	0.15
НСР _{0.05} , г/куст	96						

* N22P23K31B0.3Mo0.07Co0.02Cu0.8Zn – 1.5 г/м², доломитовая мука – 1.2 кг/м².

Выпадение серы с атмосферными осадками в регионе по данным мониторинга не превышает 1.0-1.5 кг/га. За счет приведенных источников, а также семян покрывалось лишь 14-22 % потребности. Наибольшее количество серы в севообороте отчуждалось при оптимизации питания культур комплексом макро- и микроэлементов. Благодаря использованию сернокислого калия в этой системе применения удобрений интенсивность баланса составила 104 %: приходная часть баланса, равная 289.5, превышала расходную на 12 кг/га. Удовлетворение потребности растений в сере, а также в других макро- и микроэлементах обеспечило получение максимальной продуктивности. В растениеводческой практике потребность растений в этом важном элементе удовлетворяется за счет органических удобрений. При сниженных по сравнению с доперестроечным периодом объемах их применения под полевые культуры в Республике Коми поступает около 4-6 кг серы/га. Но и учет этой статьи баланса не позволяет ликвидировать ее дефицит. В результате внесения сернокислого калия валовое содержание элемента в пахотном горизонте возросло с 0.023 до 0.028-0.029 %, ее запасы пополнились с 574 до 708 кг/га. Несколько выше (0.021 против 0.015 % на контроле) стало содержание серы и на глубине 40-60 см, что свидетельствует о вымывании серы.

Наряду с валовым содержанием стало выше и количество подвижных соединений. При использовании сернокислого калия оно увеличилось с 18 (контроль) до 25-32 мг/кг (1М HCl). Такое содержание элемента в сернокислой вытяжке можно считать оптимальным для подзолистых почв. В вариантах с удобрениями, где сера не применялась, ее содержание было существенно ниже – 15-16 мг/кг. Важность оптимизации питания растений серой подтверждает наличие тесной корреляции между содержанием подвижной серы в почве и продуктивностью картофеля ($r = 0.84, p < 0.001$).

О положительном влиянии серы на продуктивность картофеля можно судить и по другому эксперименту (табл. 2). При равном обеспечении потребности культуры в элементах минерального питания использование калия в виде сернокислой соли под картофель было более эффективно, чем хлористой, разница составила 13 %. Содержание серы в ботве картофеля при этом увеличилось с 0.18 на контроле до 0.28 %. При внесении хлористого калия количество ее было ниже (0.15 %), чем на контроле (табл. 2). Сера способствовала лучше использованию картофелем других элементов питания, таких как фосфор, азот и магний, что также благоприятствовало более высокой продуктивности. Продуктивность однолетних трав также определялась содержанием се-

ры в почве ($r = 0.70, p < 0.01$). Количество ее в горохо-овсяной травосмеси при использовании сернокислой соли увеличилось с 0.08-0.12 на контроле до 0.16-0.21 %. Оптимизация питания растений макро- и микроэлементами, в их числе и серой, не только повысила продуктивность кормовых культур, но и улучшила качество растениеводческой продукции. В кормовых травах наряду с увеличением содержания сырого протеина было достигнуто близкое к оптимальному для рациона животных соотношение N:S – 13-20:1. При использовании хлористого калия количество серы в биомассе трав было на уровне контроля или ниже, а соотношение N:S (26-37:1) было выше оптимальных параметров. Преобладание азота над серой сдерживает синтез серосодержащих аминокислот.

Таким образом, переход на безбалластные удобрения привел к дефициту серы в агроценозах на подзолистых почвах. Применение серосодержащих удобрений позволило ликвидировать недостаток серы для сельскохозяйственных культур, повысить продуктивность и улучшить качество растительной продукции.

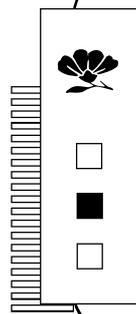
ЛИТЕРАТУРА

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агросистемах. М., 2000. 522 с.
2. Заболоцкая Т.Г. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность. Л.: Наука, 1985. 179 с.
3. Маслова И.Я. Воздействие серы аэротехнических веществ на некоторые агрохимические значимые процессы и свойства почв // Агрохимия, 2008, № 6. С. 80-94.
4. Стуйвер К.Е., Де Кок Л.Дж., Вестерман С. Серная недостаточность у *Brassica oleracea*: особенности развития, биохимические признаки и взаимодействие сера-азот // Физиология растений, 1997, Т. 44, № 4. С. 581-590.
5. Schnudq E., Haneklaus S. The role of sulfur in sustainable agriculture // Landbauforsch. Volkrode, 2005. Sonderm. 283. P. 131-135.

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Сердечно поздравляем сотрудников **экоаналитической лаборатории «Экоаналит»** с победой в республиканском конкурсе «Лучшие товары и услуги Республики Коми 2010 г.» (номинация «Услуги испытательных лабораторий»).

Мы гордимся Вашими высокими достижениями и надеемся, что славные традиции побед на международных, российских и региональных выставках и конкурсах будут продолжены и в последующие годы.



**ПЕЧЕНОЧНИКИ ТУНДРОВОГО ПОЯСА
ТОЛБАЧИНСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКОГО МАССИВА (КАМЧАТКА)**

Толбачинский вулканический массив занимает всю юго-западную часть Ключевской группы вулканов. Он представлен вулканами Острый Толбачик и Плоский Толбачик. У подножия вулканов сформирована региональная трещинная зона шлаковых конусов протяженностью 70 км и площадью 875 км². Вдоль ее осевой части сосредоточена основная часть центров вулканической активности в виде трещин с воронками взрывов, отдельных шлаковых конусов и их цепочек. Эти образования вместе с лавовыми потоками образуют увалообразную вулканическую гряду – Толбачинский дол. В результате последнего извержения 1975-1976 гг. (Большое трещинное Толбачинское извержение) образовались обширные лавовые поля [4].

В ходе извержения на огромной по площади территории была уничтожена естественная растительность тундрового, кустарникового и лесного поясов. Эта природная катастрофа открыла перед учеными разных специальностей обширное поле для деятельности. В частности позволила наблюдать в течение нескольких десятилетий динамику восстановления растительности на нарушенных извержением территориях. Основная цель нашего исследования¹ – выявить видовое разнообразие печеночников на участках, в разной степени подвергшихся влиянию современного вулканизма. Для реализации поставленной цели в августе 2008 г. был осуществлен экспедиционный выезд в район Толбачинского дола. Работы выполняли (рис. 1) в окрестностях баз «Лагерная» (55°43'57.9" с.ш.; 160°17'05.7" в.д.) и «Водопадный» (55°46'21.4" с.ш.; 160°15'39.5" в.д.). Было выполнено 15 бриофлористических описаний в тундровом поясе Толбачинского дола на высотах 1000-1200 м над уровнем моря и изучено 165 гербарных образцов.

В результате проведенного исследования нами выявлено 30 видов печеночников, принадлежащих к 19 родам из 11 семейств. Это следующие виды: *Anthelia juratzkana* (Limpr.) Trevis., *Barbilophozia barbata* (Schmidel ex Shreb.) Loeske., *Blepharostoma trichophyllum* (L.) Dumort., *Cephalozia bicuspидата* (L.) Dumort., *Cephalozia plенисеps* (Austin) Lindb., *Cephalozia divaricata* (Sm.) Schiffn., *Cephalozia rubella* var. *elegans* (Nees) Warnst., *Diplophyllum albicans* (L.) Dumort., *Diplophyllum obtusifolium* (Hook.) Dumort., *Diplophyllum taxifolium* (Wahlenb.) Dumort., *Gymnomitrium apiculatum* (Schiffn.) K.Mull., *Gymnomitrium concinnatum* (Lightf.) Corda, *Gymnomitrium corralloides* Nees, *Isopaches bicrenatus* (Schmidel ex Hoffm.) H. Buch, *Lophozia excisa* (Dicks.) Dumort., *Lophozia sudetica* (Nees ex Huebener) Grolle, *Lophozia ventricosa* (Dicks.) Dumort., *Lophozia wenzelii* var. *groenlandica* (Nees) Bakalin,



М. Дулин

Marsupella commutata (Limpr.) Bernet, *Marsupella sprucei* (Limpr.) Bernet, *Nardia geoscyphus* (De Not.) Lindb., *Plagiochila arctica* Bryhn et Kaal., *Plagiochila porelloides* (Torrey ex Nees) Lindenb., *Prasanthus suecicus* (Gottsche) Lindb., *Ptilidium ciliare* (L.) Hampe, *Scapania cuspiduligera* (Nees) K.Mull., *Scapania sphaerifera* H.Buch et Tuom., *Schistochilopsis opacifolia* (Culm. Ex Meyl.) Konst., *Sphenolobus minutus* (Schreb.) Berggr., *Tritomaria quinquedentata* (Huds.)

H.Buch.

Основу списка составляют характерные для северных и горных территорий таксоны. Интерес представляют находки нескольких печеночников. Так, *Scapania sphaerifera* – это редкий в мире монотаный дизъюнктивный печеночник, описанный в 1936 г. по материалам из Мурманской области и долгое время считавшийся ее эндемиком. Позднее был обнаружен в горах Южной Сибири – в Саянах и на кряже Хамар-Дабан, а также в Восточной Сибири. Недавно был найден на кряже Сихотэ-Алинь в Приморском крае [1]. Другим интересным видом является *Plagiochila arctica* – редкий арктический печеночник с восточносибирско-американо-гренландским типом ареала. Ранее был известен с о-ва Земля Франца Иосифа, Новосибирских островов и о-ва Врангеля, из Сибири (восточносибирский и берингийский сектора) и Чукотки [2, 3]. Указанные таксоны впервые приводятся для Камчатского края,

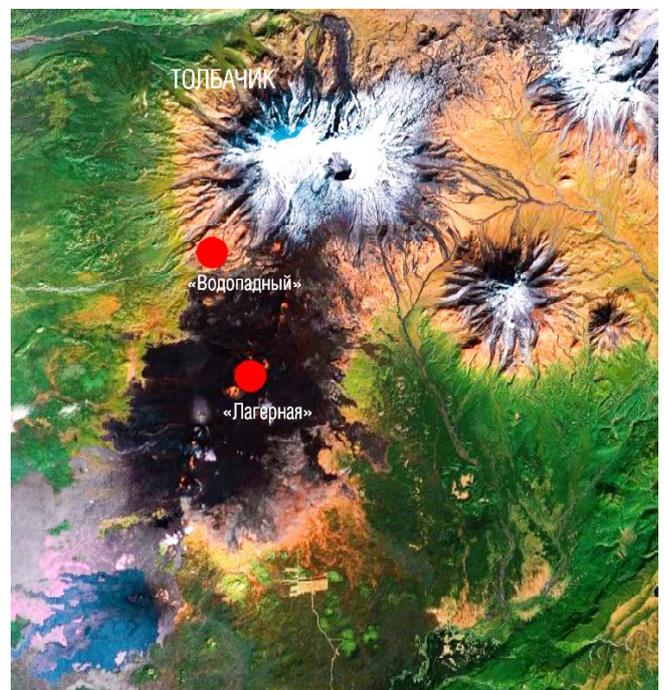


Рис. 1. Район исследования.

Дулин Михаил Владимирович – к.б.н., н.с. отдела флоры и растительности Севера. E-mail: dulin@ib.komisc.ru. Область научных интересов: бриология, флора печеночников, видовое разнообразие, распространение, вопросы охраны.

¹ Исследования проводили в рамках проекта РФФИ «Закономерности вулканогенной трансформации и динамики растительных сообществ на примере Камчатки».

что, несомненно, важно для познания флоры этого региона.

Проведенный нами краткий таксономический, географический и экологический анализ позволил установить следующие важные моменты. Как и в большинстве флор печеночников Севера Голарктики в исследованной ценофлоре лидирующее положение в спектре ведущих семейств занимает широко распространенное семейство Lophosiaceae (девять видов). Высока доля характерных для горных территорий семейств Scapaniaceae и Gymnomitriaceae (пять и шесть видов соответственно). В родовом спектре по числу видов лидирует род Lophozia (четыре вида), что связано с широким распространением его представителей, а также высока доля специфических горных родов Gymnomitrium и Diplophyllum (по три вида). Почти все выявленные виды характеризуются широким циркумполярным и почти циркумполярным распространением (всего 25 видов), поэтому основной костяк флористического списка мало специфичен и характерен для других горных территорий. Специфику придают лишь несколько дизъюнктивных (*Marsupella commutata*, *Scapania sphaerifera*), европеекско-гренландских (*Prasanthus suecicus*), восточносибирско-американо-гренландских (*Plagiochila arctica*), амфиокеанических видов (*Diplophyllum albicans*) (рис. 2).

Распределение видов по географическим элементам показало преобладание печеночников, характеризующихся арктобореально-монтажным распространением (13 видов), что является общей чертой флор печеночников севера Голарктики. Много арктомонтажных и монтанных видов (11 и два соответственно), что хорошо согласуется с горно-тундровым расположением исследуемой территории. Отмечены бореальные (*Cephalozia rubella*, *Plagiochila porelloides*), арктические (*Plagiochila arctica*) и космополитные (*Cephalozia bicuspидata*) виды.

В целом, ценофлора печеночников вулканогенно нарушенного горно-тундрового пояса Толбачинского массива характеризуется горными чертами и соответствует зональным и высотно-поясным условиям, в которых формируется.

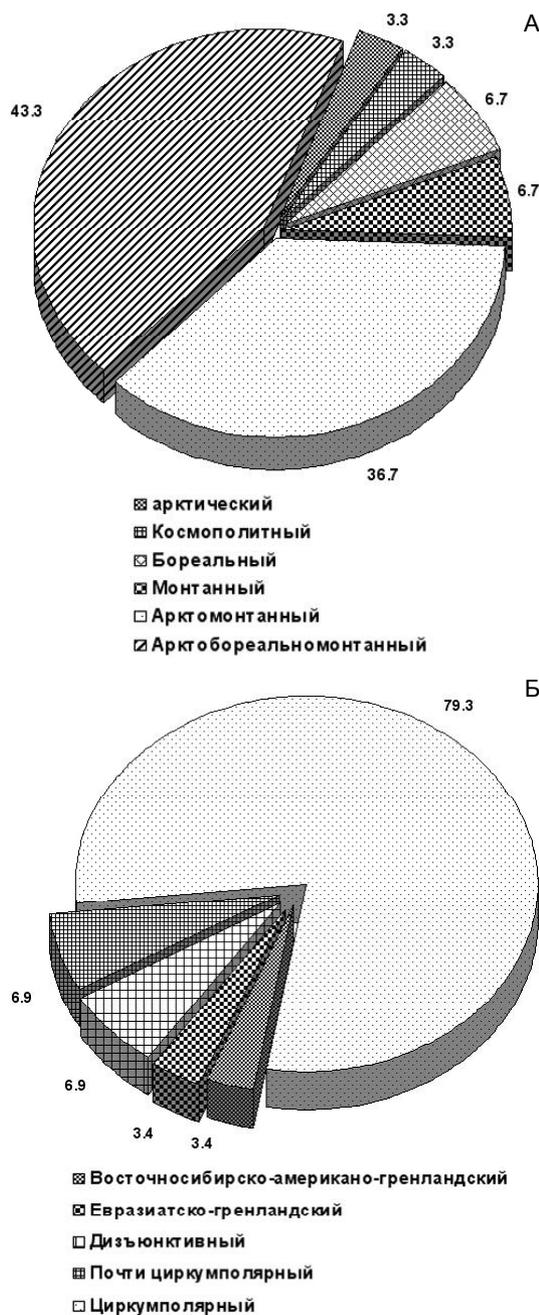


Рис. 2. Доля (%) видов печеночников по географическим элементам (А) и типам ареала (Б).

В результате выполненного нами эколого-ценотического анализа установлено, что наиболее разнообразным видовым составом печеночников характеризуются лавовые останцы, здесь выявлен 21 вид. Чуть меньше печеночников выявлено на лавовых потоках и в тундрах (19 и 18 видов соответственно). Наименьшее видовое разнообразие зафиксировано на шлаковых полях – всего пять таксонов. Оценка общности видового состава печеночников указанных экотопов при помощи коэффициента Жаккара (K_j) показала сходство разновозрастных лавовых потоков (рис. 3): 1) более молодые лавовые потоки сопки Клешня (фото 1), 2) лавовые потоки, сформировавшиеся в результате извержения побочного вулкана на юго-восточном склоне вулкана Плоский Толбачик в 1940-1941 гг. (фото 2). Лавовым потокам по видовому составу несмотря на выявленное отсутствие сходства (K_j = 41) очень близки (12 общих видов) лавовые останцы (фото 3), возраст которых насчитывает 2-7 тыс. лет. Как и на лавовых потоках, здесь произрастают такие характерные для горных областей печеночники, как *Anthelia juratzkana*, *Marsupella commutata* и виды родов *Diplophyllum* и *Gymnomitrium*. При этом много специфических видов – *Prasanthus suecicus*, *Scapania cuspiduligera*, *Scapania sphaerifera*, *Schistochilopsis opacifolia* (фото 5), *Tritomaria quinque-*

dentata и др.

Кустарничковые тундры (фото 3), сформировавшиеся на древних лавах в окрестностях сопки Круг-



Рис. 3. Дендрит, отражающий степень сходства видового состава групп печеночников основных исследованных экотопов.



Фото 1. Лавовый поток сопки Кleshня.
 Фото 2. Лавовый поток 1941 г. Вулкан Толбачек.
 Фото 3. Лавовый останец и кустарничковые тундры в окрестностях сопки Кругленькая.
 Фото 4. Шлаковое поле в окрестностях сопки Кleshня.
 Фото 5. Внешний вид куртинки печеночника *Schistochilopsis opacifolia* (Culm. Ex Meyl.) Konst.

ленькая, по характеру видового состава печеночников тяготеют к уже сильно заросшим мохово-лишайниковым покровам и пионерной растительностью лавовым потокам 1941 г. Для них выявлено семь общих видов, например, *Diplophyllum taxifolium*, *Lophozia excisa*, *Sphenolobus minutus* и др. Шлаковые поля (фото 4) характеризуются наименьшим сходством с другими сравниваемыми экотопами ($K_j = 28$). Здесь отмечены только пять видов *Cephaloziella* sp., *Isopaches bicrenatus*, *Lophozia excisa*, *Gymnomitrium corralloides*, *Scapania sphaerifera*, которые были встречены и в других местообитаниях.

Подводя итог, можно сказать, что изученная ценофлора печеночников горно-тундрового пояса Толбачинского массива характеризуется, с одной стороны, пионерными чертами, с другой – горными. Первые проявляются в широком распространении пионерных видов (*Cephaloziella rubella*, *Isopaches bicrenatus*, *Lophozia excisa*, *Nardia geoscyphus* и др.), вторые – в обилии эпилитных печеночников (*Gymnomitrium corralloides*, *Diplophyllum obtusifolium*, *Marsupella commutata*, *Marsupella sprucei*, *Scapania sphaerifera* и др.). Лавовые останцы выступают в роли рефугиумов, позволяя видам переживать неблагоприятные периоды. В связи с этим их видовой состав во многом сходен с таковым лавовых пото-

ков. Старые лавовые потоки характеризуются более высоким видовым разнообразием по сравнению с более молодыми. Их видовой состав имеет много общего с таковым зональных кустарничковых тундр. Так, на старых лавах появляются характерные для тундр виды печеночников – *Barbilophozia barbata*, *Ptilidium ciliare*, *Lophozia ventricosa*.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 08-04-01294 и 09-04-00281).

Автор благодарит В.Ю. Нешатаеву за предоставленную возможность участия в экспедиции, а также признателен А.Д. Потемкину и Н.А. Константиновой за определение и проверку некоторых образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Бакалин В.А.) Bakalin V.A. *Scapania sphaerifera* H.Buch et Tuomik // J. Bryology, 2008. Vol. 30, №. 3. P. 234-235.
2. Константинова Н.А., Потемкин А.Д., Шляков Р.Н. Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР // Arctoa, № 1. 1992. С. 87-127.
3. (Константинова Н.А., Потемкин А.Д.) Konstantinova N.A., Potemkin A.D. Studies on *Scapania sphaerifera* (Hepaticae) // Ann. Bot. Fennici, 1994. Vol. 31. P. 121-126.
4. Семенов В.И. В краю горячих источников. Петропавловск-Камчатский, 1988. 143 с.

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Кандидату биологических наук **Василию Ивановичу Пономареву** с получением знака «Отличник охраны природы»!

Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 364-лс от 26 мая 2010 г.

Желаем дальнейших творческих успехов!



**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОНТОГЕНЕЗА СВЕРБИГИ ВОСТОЧНОЙ
В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

Свербига восточная (*Bunias orientalis* L.) – поликарпическое, стержнекорневое растение из семейства капустных (Brassicaceae). Евразийский вид, в Республике Коми встречается как заносное в основном по рекам и вдоль Северной (Печорской) железной дороги [12]. Опыт выращивания в культуре



Ж. Михович



Г. Рубан



К. Зайнуллина

характеризует свербигу восточную как перспективное кормовое, медоносное и лекарственное растение. В качестве лекарственного сырья в традиционной медицине используют корни и листья, применяют в качестве противоглистного, антигельминтного и седативного средства [9, 11]. При введении растений в культуру изучение онтогенеза, последовательности его этапов и особенностей возрастных состояний в конкретных почвенно-климатических условиях является важным вопросом. Для условий Московской области [1] и Карелии [7], соответствующих центру ареала и северной границе распространения свербики восточной, показано, что возрастные изменения и длительность онтогенетических фаз развития зависят от условий произрастания, а также определяются особенностями данного вида.

Цель нашей работы заключалась в изучении онтогенеза и формирования жизненной формы свербики восточной в условиях среднетаежной подзоны Республики Коми на дерново-подзолистых глееватых среднекультурных почвах суглинистого механического состава.

Исследования проводили на базе ботанического сада Института биологии Коми НЦ УрО РАН в течение вегетационных периодов 2006-2009 гг. на растениях первого-седьмого годов жизни. Периоды жизни, этапы онтогенеза растений даны согласно классификации Т.А. Работнова [8], дополненной А.А. Урановым [10] и Л.А. Жуковой [4]. Выделение возрастных состояний проводили на основании комплекса качественных признаков: состо-

яние зародыша, переход к самостоятельному питанию, наличие или отсутствие семядолей, особенности строения листьев, появление генеративного побега, способность особей к семенному или вегетативному размножению, соотношение процессов новообразования и отмирания. У 10 растений на каждом этапе развития определяли морфометрические показатели: длину побегов, число листьев, длину и ширину листа, длину и диаметр корня.

Латентный период

Семена (se). Плоды свербики восточной ценокарпные, невскрывающиеся орешкообразные стручки с твердым околоплодником и бугорчатой поверхностью. Массовое созревание плодов приходится на третью декаду августа–первую декаду сентября. По мере созревания плоды опадают рядом с материнским растением. Семенная продуктивность высокая и зависит от возраста растений и метеоусловий сезона. У молодых генеративных растений она составила до 1000, у средневозрастных – до 5000 шт. на одно растение. Основная масса семян прорастает на следующий год. Масса 1000 плодов в среднем составляет 38 г. В условиях Карелии масса 1000 плодов составляет 32 [7], Украины – 25-30 г [11]. Стручок имеет длину 6.0 и ширину 4.3 мм. Свербиге восточной свойственна гетерокарпия, проявляющаяся в различном числе семян в плоде. В условиях Севера разноплодие проявляется сильнее, что, по-видимому, связано с адаптационными способностями вида. Выявлено, что в плодах свербики восточной содержится от одного до четырех семян. По данным

литературы, 74 % плодов имеют по одному семени [1]. В наших условиях одночетырехсеменные плоды составляют 30, 56, 12 и 2 % соответственно. Масса 1000 семян составляет 6-7 г. Семена улиткообразные, зародыш со спиралевидно закрученными семядолями. Поверхность мелкоморщинистая матовая [3].

Прегенеративный период

Проростки (р). Прорастание семян проходит по надземному типу. Первым в рост трогается корешок, затем гипокотиль, который сначала изогнут, потом, выпрямляясь, выносит на поверхность почвы две семядоли. Развивается тонкий белый главный корень длиной до 2.9 см. Проростки – однопобеговые растения с длинным гипокотилем (2.0 см), семядолями, первыми простыми настоящими листьями и главным и боковыми корнями. Главный корень длиной 6.0 см и диаметром у основания 0.4 см, имеет от 10 до 18 боковых корней второго порядка белой или светло-желтой окраски. Семядоли гладкие, мясистые, удлинённой формы, ярко-зеленого цвета, длиной 2.8 и шириной 0.7 см. Первая пара настоящих листьев появляется через 5-6 дней после появления семядолей. Затем через каждые четыре дня появляются третий и четвертый настоящие листья длиной 8.4 и 10.0 (в том числе черешок 1.1) и шириной 3.0 см. Период проростков длится около 40 дней.

Ювенильное состояние (j). При появлении четвертого-пятого настоящих листьев семядоли отмирают, проростки переходят в ювенильное возрастное состояние. Ювенильные растения имеют розеточный побег, стержневую корневую систему и развивающийся каудекс. Гипокотиль укорачивается, разрастается, появляются поперечные складки, таким образом приближая розетку листьев к поверхности почвы. Начиная с пятого настоящего листа, листья располагаются очередно. Листья простые, листовая пластин-

Михович Жанна Эдуардовна – ведущий инж. отдела Ботанический сад. E-mail: mishurov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *интродукция свербики восточной*.

Рубан Галина Алексеевна – н.с. этого же отдела. Область научных интересов: *интродукция кормовых растений*.

Зайнуллина Клавдия Степановна – к.б.н., зав. этим же отделом. E-mail: zainullina@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *интродукция полезных растений*.

ка цельнокрайняя со слабо зазубренными краями, покрыта мелкими волосками, жилкование перистое.

Имматурное состояние (im). У имматурных растений свербиги восточной наблюдается усиленное нарастание числа листьев, кроме листьев ювенильного типа образуются крупные листья, характерные для взрослых растений, имеющих лировидную форму. Число хорошо развитых листьев достигает 16, каждый появляющийся лист по размерам крупнее предыдущего, их длина достигает 20-54 см (длина черешка составляет 1-9 см) и ширина – от 3 до 13 см. Происходит отмирание второго-третьего настоящих листьев. К концу первого года жизни стержневая корневая система имеет хорошо развитый главный корень длиной до 25 см и около 10 боковых корней второго порядка длиной 12.4 см с диаметром у основания 1.6 см. В данном возрастном состоянии особи свербиги восточной уходят под зиму. Продолжительность имматурного возрастного состояния составляет около 245 дней. В условиях Карелии Н.И. Петруняк [7] отмечает имматурные растения, которые представлены зачаточным зимующим побегом с терминальной почкой открытого типа, завершившим свое формирование каудексом и хорошо развитой системой главного корня, в условиях Московской области А.М. Былова [1] не выделяет данное возрастное состояние.

Виргинильное состояние (v). Растения имеют розеточный побег с 8-20 хорошо развитыми листьями. Виргинильное возрастное состояние длится 20-25 дней от начала весеннего отрастания. Листья приобретают струговидную перисто-раздельную форму с крупной верхушечной долей, их длина варьирует от 11.5 до 18.5, ширина – от 2.5 до 5.1 см. Главный корень достигает длины 28.3 см с диаметром у основания 1.9 см и имеет от 10 до 18 боковых корней.

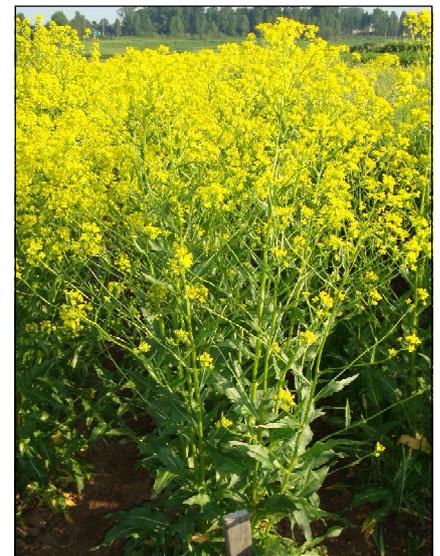
Генеративный период

Молодые генеративные растения (g₁). На второй год жизни 90 % растений вступают в генеративный период. Данное возрастное состояние наступает с момента появления генеративных органов у растений второго года жизни. На особи формируется один развитый генеративный побег с ботриоидным парциальным соцветием высотой 118-160 см, диаметром у

основания 0.9-1.2 см. Стебель прямой, крепкий, неправильно-округло-ребристый, опушенный жесткими волосками, облиственный, несущий до 30 листьев различных размеров и формы. Листья очередные, нижние стеблевые листья длиной 32.3 см, в том числе черешок (6.2 см) шириной 8.2 см, лировидной формы, листья средней части побега имеют длину 15.8 и ширину 4.8 см, верхние – сидячие длиной 9.2 и шириной 3.1 см. Ботриоидное парциальное соцветие свербиги восточной – сложная кисть, состоящая из центрального и парциальных соцветий. Центральная кисть насчитывает от 21 до 80, парциальная – от 19 до 31 цветка. В фазу массового цветения свербига восточная вступает в третьей декаде июня. Ее цветение растянуто во времени. В 2007 г. у растений второго года жизни период цветения продолжался около 25 дней, цветение одного цветка – от пяти до семи дней. Одновременно в соцветии отмечают бутоны, распусившиеся и отцветшие цветки. Раскрытие цветков в соцветии идет в акропетальном порядке, т.е. цветки в соцветии раскрываются последовательно от основания к верхушке. Массовое созревание семян приходится на третью декаду августа. Семенная продуктивность высокая, варьирует от 130 до 1000 плодов. К концу второго года жизни формируется одноглавый каудекс диаметром до 3 см. Корневая система стержневая, веретеновидная, имеет главный корень длиной до 39 см, от пяти до 10 крупных боковых корней длиной до 27 см и до 30 корней третьего порядка длиной от 6.0 до 16.5 см.

Средневозрастное генеративное состояние (g₂). В этот период растения достигают максимального развития. Насчитывается до 14 генеративных побегов на особь длиной 156 см. Семенная продуктивность на одно растение наиболее высокая и в среднем составляет от 20 до 60 г. Формирование корневой системы тесно связано с внешними условиями. Так, в природных условиях степи у свербиги восточной развивается простой глубоко проникающий стержневой корень [6], а в условиях питомника при переносе свербиги восточной из мест естественного произрастания в культуру простая стержневая корневая система трансформируется в многоосевую ветвистую структуру [2]. В наших условиях в культуре свербиги восточной на третий год жизни формируется

многоосевая ветвистая стержневая корневая система, состоящая из главного и боковых корней второго и последующих порядков, увеличивающихся в диаметре. К концу четвертого года жизни корневая система полностью сформирована, имеет светло-коричневую окраску, состоит из главного и крупных скелетных шнуровидных корней второго и третьего порядков, расположенных в верхней части основного корня. Такая корневая система позволяет растению оптимально использовать питательные вещества пахотного горизонта. Главный и часть боковых корней уходят глубоко за пахотный горизонт (30 см). Достигая длины 60-85 см, корневая система начинает испытывать неблагоприятное влияние нижележащих почвенных горизонтов, а также недостаточный отток питательных веществ из надземных частей растения, что ведет к прекращению роста и загниванию корней. Число крупных боковых корней второго порядка варьирует от пяти до 10 шт. длиной до 50 см, диаметром до 1.2 см, корни третьего порядка достигают длины 9.6 см. Каудекс трех-четырёхглавый диаметром от 3.5 до 6.0 см, на месте естественного отмирания генеративных побегов появляются незначительные следы разрушения. В конце вегетации масса корней достигает 330-630 г. К концу пятого года жизни масса корневой системы составляет 557 г, каудекс, разрастаясь до 8 см, становится дуплистым. Средневозрастное генеративное состояние в условиях культуры на Севере длится три года.



Свербига восточная, средневозрастное генеративное состояние.

Старое генеративное состояние (g_3). Старое генеративное состояние характеризуется преобладанием процессов отмирания над процессами новообразования. К концу шестого года еще заметнее появляются изменения в корневой системе, усиливается процесс одревеснения, корни приобретают темно-коричневую окраску. Происходит постепенное отмирание корневой системы, ее масса снижается в два раза и составляет 257 г, длина главного корня сокращается до 36 см, боковых корней второго порядка до 34 см. Диаметр каудекса не изменяется. К седьмому году жизни корневая система имеет массу около 100 г, почти полностью отмирают базальная часть и главный корень, остаются только тонкие стенки. Растение существует за счет новых боковых корней длиной до 25 см, отходящих от старой базальной части. Наблюдается неполная партикуляция. Растения слабо развиты, высота генеративного побега достигает 75 см, число листьев снижается до 12, уменьшаются их параметры. Происходит снижение плодоношения.

Таким образом, в условиях культуры на Севере продолжительность жизненного цикла свербиги восточной определяется в основном биологическими особенностями данного вида, которые реализуются в оптимальных условиях при отсутствии конкуренции. Свербига восточная развивается как многолетнее поликарпическое растение с многоосевой ветвистой стержневой корневой системой. В прегенера-

тивном периоде свербига восточная проходит все возрастные состояния: проростки, ювенильное, имматурное и виргинильное. В генеративном периоде развитие растений идет максимальными темпами: цветение наступает на второй год жизни и далее происходит ежегодно. Возрастает число генеративных побегов, а с ними и высокая семенная продуктивность вида, обеспечивающая семенное возобновление. Максимального развития растения достигают к четвертому году жизни, что соответствует средневозрастному генеративному периоду, который длится три года. На шестой год жизни процессы отмирания базальной части и корневой системы усиливаются и растения переходят в старовозрастное генеративное состояние. В данном возрастном состоянии растение предположительно может находиться от года до нескольких лет. К особенностям онтогенеза данного вида на Севере в условиях культуры можно отнести сокращение виргинильного периода и формирование в генеративном периоде многоосевой ветвистой стержневой структуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Былова А.М.* Свербига восточная // Биологическая флора Московской области. М., 1974. Вып. 1. С. 52-66.
2. *Голубев В.Н.* Эколого-биологические особенности травянистых растений и растительных сообществ лесостепи. М., 1965. 286 с.
3. *Доброхотов В.Н.* Семена сорных растений. М., 1961. 414 с.

4. *Жукова Л.А.* Популяционная жизнь луговых растений. Йошкар-Ола, 1995. 224 с.

5. *Загуменникова Т.И.* Биологические особенности развития и продуктивность свербиги восточной при интродукции // Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений: Тр. междунар. конф., посвящ. 50-летию ботсада ВИЛАР. М., 2001. С. 127-128.

6. *Зозулин Г.М.* Подземные части основных видов травянистых растений и ассоциаций плакоров Средне-Русской лесостепи в связи с проблемами формирования растительного покрова. Воронеж, 1959. 314 с. – (Тр. Центрально-Черноземного госзаповедника им. проф. В.В. Алехина; Вып. V).

7. *Петруняк Н.И.* Онтогенез свербиги восточной (*Bunias orientalis* L.). Йошкар-Ола, 2002. Т. III. С. 97-102.

8. *Работнов Т.А.* Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений // Полевая геоботаника. М.-Л., 1960. Т. 2. 500 с.

9. Технология выращивания и использования нетрадиционных кормовых и лекарственных растений / *А.Н. Кшикаткина, В.А. Гущина, В.А. Варламов* и др. М., 2003. 373 с.

10. *Уранов А.А.* Возрастной спектр фитопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Науч. докл. высш. школы, 1975. № 2. С. 7-34.

11. *Утеуш Ю.А.* Новые перспективные кормовые культуры. Киев, 1991. 192 с.

12. Флора северо-востока европейской части СССР. Л., 1976. Т. III. 293 с.

АНАЛИЗ ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ КУНЬИХ ПО ФОРМЕ НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ¹

Познание эволюционных процессов – одна из основных задач фундаментальных биологических исследований. Видообразование – один из таких процессов. Морфологический критерий вида является основным. Во-первых, на его основе шло развитие всей современной систематики. Во-вторых, применение других критериев к ископаемым останкам и музейным коллекциям невозможно. В-третьих, такие современные методы, как молекулярная филогения до сих пор недостаточно развиты и порой дают противоречивые результаты [5]. С развитием вычислительной техники стало возможным



Е. Порошин

применение сложных математических методов в морфологических исследованиях. Это позволило еще более тонко выявлять изменения в строении под воздействием различных факторов.

Семейство куньих представляет собой древнюю и богатую видами группу млекопитающих, образовавшуюся около 40 млн лет назад. Известно около 25 современных родов и 70 видов. Работ по филогении внутри семейства мало. Кроме того, подобные исследования осложняются возможностью успешной межвидовой гибридизации. В данной работе представлены первые результаты сравнения

Порошин Евгений Александрович – к.б.н., н.с. отдела экологии животных. E-mail: poroshin2002@yandex.ru. Область научных интересов: *морфология животных, молекулярно-генетическое разнообразие, сохранение биоразнообразия.*

¹ Статья подготовлена по материалам доклада на XVII Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии» в апреле 2010 г.

формы нижней челюсти семи видов куньих методом геометрической морфометрии. Этот метод начал развиваться с 70-х годов XX в., что связано с большой трудоемкостью и сложностью математических расчетов и, следовательно, необходимостью применения вычислительной техники. Его особенность – многомерный анализ и сравнение формы, а не размеров объекта [4, 9].

Материалы и методы

Для работы использованы отсканированные с внешней стороны нижние челюсти куньих из коллекции Научного музея Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Весь материал был собран на территории европейского северо-востока России.

Обработку вели методом геометрической морфометрии в пакете программ TPS Ф. Рольфа [6]. На каждой челюсти расставлены 19 опознавательных точек (landmarks) в ключевых общих для всех видов участках (рис. 1). Образцы подвергали Прокрустову наложению (подгонке всех образцов под максимально одинаковый размер и расположение без изменения их формы) и точки ортогонально проецировались на общие для всех оси X и Y в соответствии с формой образца. Далее, полученные координаты обрабатывали методом главных компонент [8] и результаты анализировали в программе tpsRelw [7] Для математической обработки применены также дискриминантный и кластерный анализы.

Результаты и обсуждение

После расчета геометрических данных методом главных компонент в программе tpsRelw результаты были обработаны методом дискриминантного анализа (рис. 2). При этом точность классификации, т.е. вероятность правильного определения вида на основе проведенных измерений во всех случаях составила 100 %. На основании полученных расстояний Махаланобиса проведена кластеризация методом Уарда (рис. 3).

Современная систематика куньих [1, 2] не совсем совпадает с полученным нами распределением видов и родов (рис. 3). Так, выдра, относящаяся к другому подсемейству (Lutrinae), оказалась близка по форме челюсти к трибе Mustelini. Американская норка рода Neovision ближе к европейской, чем горностай, хотя последние относятся к одному роду. Возможно, что данное несоответствие вызвано конвергентным сходством генетически удаленных видов, которые ведут сходный образ жизни и характер питания. Например, американская и европейская норки имеют усредненную по отношению к другим видам форму нижней челюсти (рис. 2). В пространстве первой дискриминантной канонической функции (ДКФ) к ним близко расположены горностай и выдра. Интересно, что в питании всех четырех видов высока доля рыбы и водных организмов, причем эта доля уменьшается по направлению выдра–норки–горностай, что соответствует разделению по второй ДКФ. Рососомаха очень развитыми челюстями способна дробить рога, кости, разгрызать толстые доски, поэтому ее группа дальше всех расположена как на диаграмме дискриминантного, так и кластерного анализа.

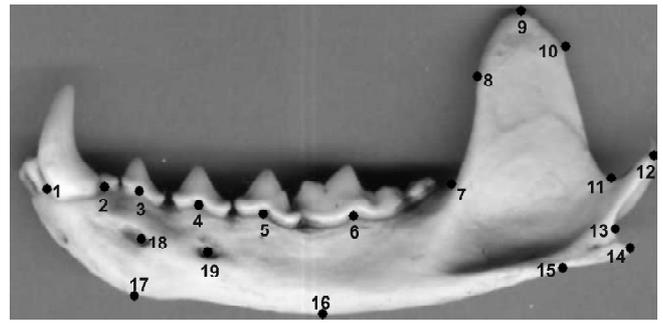


Рис. 1. Расположение ключевых точек (landmarks).

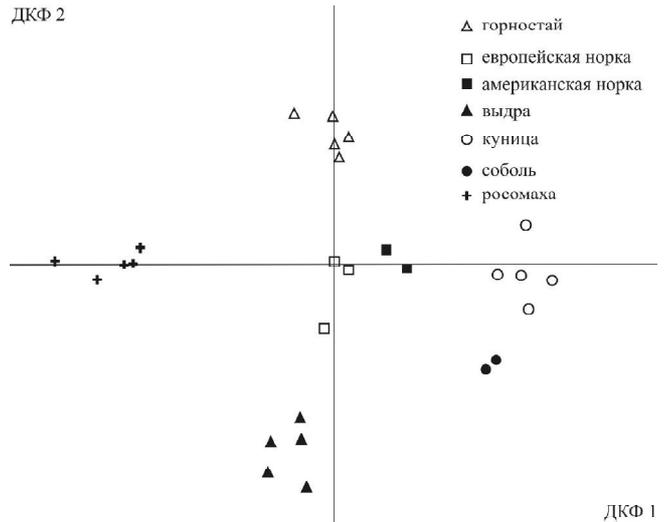


Рис. 2. Диаграмма дискриминантного канонического анализа результатов геометрической морфометрии нижней челюсти куньих. Объяснения в тексте.

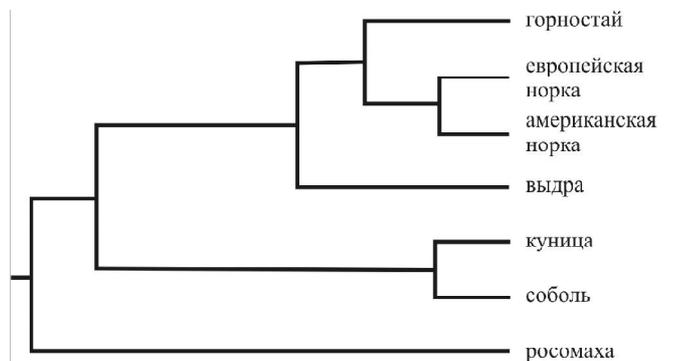


Рис. 3. Кластерный анализ на основе квадратов расстояний Махаланобиса (метод Уарда).

Таким образом, морфология нижней челюсти куньих европейского Северо-Востока не вполне соответствует современному систематическому положению видов. Для прояснения систематических взаимоотношений семейства куньих необходимо проведение молекулярно-генетического исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристов А.А., Барышников Г.Ф. Млекопитающие России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб., 2001. 560 с.
 2. Павлинов И.Я. Систематика современных млекопитающих. М.: Изд-во МГУ, 2003. 297 с.

3. Млекопитающие. Китообразные, Хищные, Ластоногие, Парнопалые. СПб.: Наука, 1998. 258 с. – (Фауна европейского северо-востока России. Млекопитающие; Т. II, ч. 2).

4. *Dryden I.L., Mardia K.V.* Statistical analysis of shape. Chichester.: John Wiley & Sons, Ltd., 1998. 347 p.

5. *Nichols R.* Gene trees and species trees are not the same // Trends in Ecology and Evolution, 2001. Vol. 16, № 7. P. 358-364.

6. *Rohlf F.G.* Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces // J. Classification, 1999. Vol. 16. P. 197-223.

7. *Rohlf F.J.* TpsRelw, relative warps analysis, version 1.36. Department of Ecology and Evolution, State University of New York at Stony Brook, 2003.

8. *Rohlf F.J., Slice D.* Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks // Systematic Zool., 1990. Vol. 39. P. 40-49.

9. (*Zelditch. M.L.*) Geometric morphometrics for biologists / *M.L. Zelditch, D.L. Swiderski, D.H. Sheets et al.* San Diego: Elsevier Acad. Press, 2004. 416 p.

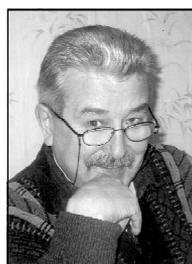
БИОАККУМУЛЯЦИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ *PICEA OBOVATA*

Выбросы промышленными предприятиями различных поллютантов, включая и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), приводят к загрязнению атмосферных осадков, которые в виде снега, дождя, аэрозолей выпадают на подстилающую поверхность и аккумулируются в почвенном и растительном покрове [2]. Специфика древесных растений, связанная с их долговечностью, состоит в том, что защитные реакции на биохимическом, клеточном и организменном уровнях формируются под влиянием повторяющихся в течение длительного времени стрессов. Невозможно оперативно оценить степень нагрузки на растения только классическими дендрометрическими методами мониторинга, особенно при действии низких концентраций промышленных выбросов и отсутствии видимых повреждений. В этих случаях необходимы более глубокие исследования с использованием в качестве основных объектов наряду с различными органами растений и ассимиляционного аппарата [9].

Широкое использование лесных фитоценозов в биоиндикационных целях при оценке техногенных изменений обусловлено, с одной стороны, известным консерватизмом адаптационных механизмов древесных растений, особенно хвойных пород, с другой – высокой устойчивостью лесных биогеоценозов при антропогенных воздействиях. Хвойным древесным растениям принадлежит ведущая



Е. Яковлева



В. Безносиков



Б. Кондратенко



Д. Габов

роль в формировании лесных биогеоценозов в северном полушарии. В Республике Коми площадь, покрытая лесами, составляет 28.7 млн га. Благодаря значительной поверхности листовых пластин они являются хорошим поглотителем аэрозольных загрязнений атмосферного воздуха и служат естественным аккумулятором, препятствуя распространению загрязнения в окружающей среде. Лесные экосистемы с замкнутым круговоротом химических элементов отличаются сильными буферными свойствами, что позволяет им противостоять разрушительному воздействию различных веществ-загрязнителей и обеспечивать поддержание стабильной природной обстановки на занимаемых ими территориях в условиях слабого и среднего техногенного загрязнения [9]. Известно, что накопление ПАУ в хвое колеблется в широком интервале. Максимальная аккумуляция ПАУ в хвое может превышать фоновые значения в 40-70 раз, при удалении от промышленных центров снижается, но превышает фоновые значения в 7-15 раз [1].

Исследованиями содержания бенз[а]пирена, флуорантена и бенз[g,h,i]перилена в хвое сосны установлено, что наибольшее количество загрязнителей обнаружено в растениях в черте города. В растениях, произрастающих вдали от города, бенз[а]пирен присутствует в малых количествах. Обнаружено различное накопление бенз[а]пирена в хвое растений разного возраста: хвоя 70-80-летних деревьев содержит его меньше, чем хвоя 8-12-летних [6].

Морфометрический анализ *Picea abies*, выращенной в среде, загрязненной бенз[а]пиреном в разных концентрациях, не выявил нарушений в процессе формирования проростков. Установлена тенденция возрастания содержания канцерогена в наземных органах в связи с увеличением его в субстрате [4]. Обнаружено, что бенз[а]пирен снижает интенсивность фотосинтеза хвоинок у проростков *Picea abies* [3]. Данные об аккумуляции ПАУ различными видами растений лесных экосистем Республики Коми отсутствуют, хотя подобные работы актуальны,

Яковлева Евгения Владимировна – к.б.н., н.с. экоаналитической лаборатории. E-mail: kaleeva@ib.komisc.ru. Область научных интересов: полициклические ароматические углеводороды в системе почва–растение.

Безносиков Василий Александрович – д.с.-х.н., зав. лабораторией химии почв. E-mail: soil@ib.komisc.ru. Область научных интересов: экология и химия почвы.

Кондратенко Борис Михайлович – к.х.н., зав. экоаналитической лабораторией. E-mail: kondratenok@ib.komisc.ru. Область научных интересов: аналитическая химия.

Габов Дмитрий Николаевич – к.б.н., н.с. этой же лаборатории. E-mail: gabov@ib.komisc.ru. Область научных интересов: полициклические ароматические углеводороды в окружающей среде.

так как в регионе располагается целый ряд мощных индустриальных предприятий, в выбросах которых углеводороды составляют значительную часть.

Проведены исследования состава полициклических ароматических углеводородов в *Picea obovata*, подверженных аэротехногенному воздействию выбросов Верхнеиземского сажевого завода (Сосногорский район), в сравнении с фоновым участком (Троицко-Печорский район). Растения на обоих участках отбирали в смешанном елово-березовом лесу на торфянисто-подзолисто-глебоватых почвах. Помимо *Picea obovata* для сравнения исследовали шесть видов растений, наиболее характерных для флоры участков: мхи *Rhitiadelphus triquetrus*, *Hylocomium splendens*; кустарнички *Vaccinium vitis-idaea*, *Vaccinium myrtillus* и древесные формы – *Sorbus aucuparia*, *Betula pendula*.

Образцы хвои и ветвей *Picea obovata* отбирали с пяти деревьев на пяти площадках для обеспечения репрезентативности средней выборки при 5%-ном уровне значимости. Побеги срезали в верхней трети кроны с южной стороны дерева. Проводили разделение хвои по возрастам с первого по пятый год жизни [5, 9]. Отбор проб растений проведен в зоне воздействия Верхнеиземского сажевого завода на расстоянии 0.5, 1.0 и 1.5 км от источника эмиссии на плоской вершине водораздельного увала под смешанным елово-березовым лесом. Пробоотбор осуществляли по «розе ветров» в северо-восточном направлении от предприятия. ПАУ в растениях определяли по методике, описанной нами ранее [10]. Количественное определение ПАУ выполняли методом обращенно-фазовой градиентной ВЭЖХ со спектрофлуориметрическим детектированием (Флюорат-02-Панорама, НПФ АП Люмэкс, Россия). Условия хроматографирования: колонка Supelco™ LC-PAN 5 мкм (25 см × 2.1 мм), термостатированная при 30 °С, подвижная фаза – ацетонитрил–вода.

Выбор *Picea obovata* для исследований обусловлен не только широким распространением ее в северотаежной зоне, но и высокой поглощательной способностью этого растения относительно полиаренов. В *Picea obovata* была идентифицирована наибольшая массовая доля ПАУ в суммарном поглощении растениями смешанного елово-березового леса северной тайги (рис. 1). Ее вклад в потребление ПАУ был на порядок выше,

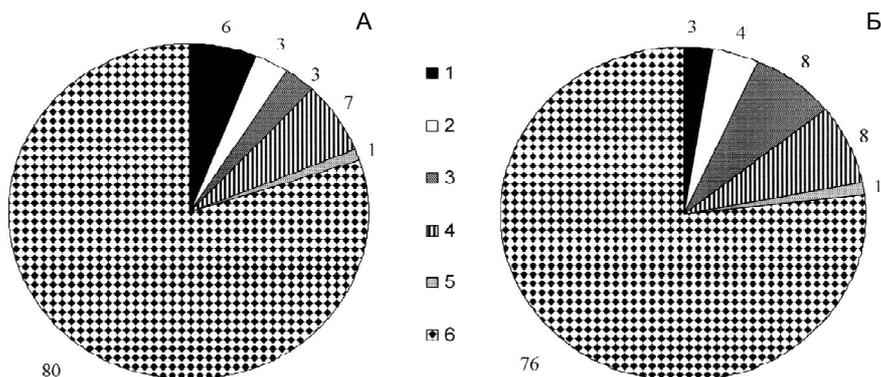


Рис. 1. Доля (%) различных видов растений: *Vaccinium myrtillus* (1), *V. vitis-idaea* (2), *Hylocomium splendens* (3), *Betula pendula* (4), *Rhitiadelphus triquetrus* (5), *Picea obovata* (6) в биоаккумуляции ПАУ в лесном фитоценозе на загрязненном (А) и фоновом (Б) участках.

чем биоаккумуляция в исследуемых кустарничках, *Betula pendula* и *Sorbus aucuparia*. Минимальная доля поглощенных полиаренов приходилась на *Rhitiadelphus triquetrus*. В хвое и ветвях *Picea obovata* пяти исследованных возрастов на фоновом участке были идентифицированы: флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, бензо[б]-флуорантен, бензо[к]флуорантен. В растениях на загрязненном участке дополнительно к вышеперечисленным полиаренам обнаружен бенз[ghi]-перилен. Для фонового и загрязненного участков наблюдался рост содержания полиаренов в растении с увеличением его возраста (рис. 2). Максимальная биоаккумуляция ПАУ отмечена у хвои и ветвей ели четвертого-пятого, минимальная – первого года жизни. Аналогичные данные были получены в исследованиях А.Г. Горшкова с соавторами [1]. Авторами ус-

тановлено, что наиболее высокое накопление ПАУ наблюдается в трехлетней хвое; в двухлетней и хвое текущего года аккумуляция этих соединений составляет соответственно 85 и 30 % максимального уровня накопления за три года.

Содержание полиаренов в органах *Picea obovata* зависело не только от их возраста, но и от удаления от источника эмиссии ПАУ. Наибольшее накопление ПАУ исследованными органами *Picea obovata* всех возрастов наблюдалось на расстоянии 1 км от сажевого завода. На расстоянии 0.5 и 1.5 км биоаккумуляция ПАУ была примерно одинакова и превышала фоновые значения в два раза. Однако, следует отметить различия в количественном составе легких ПАУ *Picea obovata* на фоновом и загрязненном участках. В растениях *Picea obovata* на фоновом и загрязненном участках основную долю легких ПАУ составлял

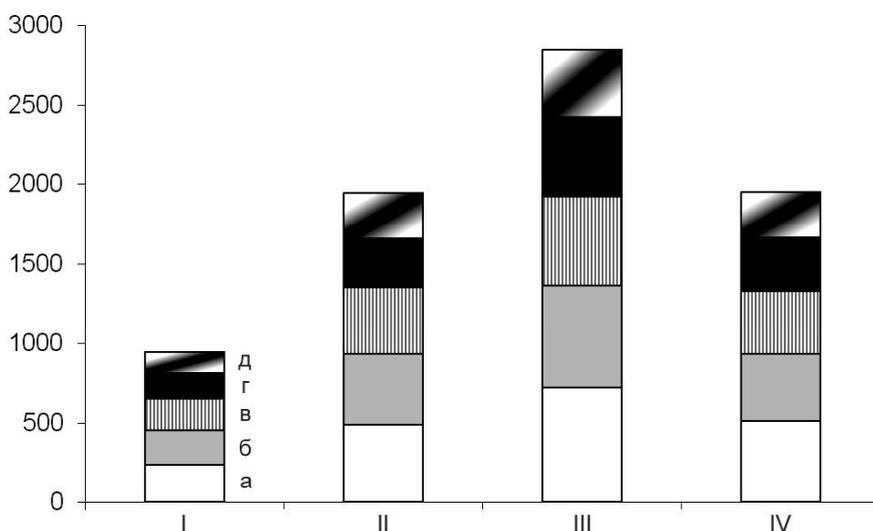


Рис. 2. Суммарное содержание полициклических ароматических углеводородов в хвое и ветвях *Picea obovata* (нг/г) первого-пятого (а-д) годов жизни на фоновом участке (I) и на расстоянии 0.5 (II), 1.0 (III) и 1.5 (IV) км от источника эмиссии.

фенантрен, его доля в сумме ПАУ составляла 59 %. На участке, подверженном аэротехногенному воздействию в 1 км от источника выбросов, доля фенантрена снижалась до 53 %. Массовая доля техногенных легких полиаренов флуорантена и пирена на фоновом участке составляла 23, на загрязненном достигала 30 % суммы легких ПАУ.

Состав ПАУ хвои и ветвей *Picea obovata* был практически одинаков. Коэффициенты корреляции между составом ПАУ хвои и ветвей для фоновых и загрязненных участков составляли соответственно 0.98-0.99 и 0.81-0.95 (при $P = 0.95$, $n = 5$). На фоновом и техногенно загрязненном участках наибольшим накоплением полиаренов характеризовались ветви по сравнению с хвоей (рис. 3). Это объясняется наличием на ветвях хвойных мощного липидного слоя, который способен регулировать поступление ПАУ. На хвое образуется восковой налет, препятствующий проникновению внутрь клеток в первую очередь тяжелых полиаренов [8, 11]. На загрязненном участке разница в накоплении ПАУ органами растения нивелировалась, но абсолютное поглощение полиаренов в три раза выше, чем на фоновых площадках. Следует отметить, что легкие ПАУ (флуорантен, пирен и хризен) на загрязненном участке преимущественно накапливались в хвое. Содержание флуорантена и пирена в хвое в 1.2-2.2 раза больше, чем в ветвях. Массовая доля хризена в хвое на загрязненном и фоновом участках была в два-три раза выше, чем в ветвях. Эти ПАУ составляют преимущественное содержание в выбросах сажевого предприятия. Полученные данные согласуются с данными А.Г. Горшкова с соавторами [1], которые установили, что в общем содержании ПАУ в экстрактах хвои доминируют соединения, имеющие в структуре три-четыре ароматических кольца – фенантрен, флуорантен, пирен и хризен (80-95 % общего содержания ПАУ), меньшую долю составляют тяжелые ПАУ. Накопление в хвое бенз[а]пирена составляет 0.1-1.0 % всей суммы ПАУ, дибенз[а, h]антрацена – 0.03-0.40 %. Фенантрен, по-видимому, в большей степени синтезировался в растении из абиетиновой кислоты и поглощался ветвями из атмосферы в связи со сродством к ве-

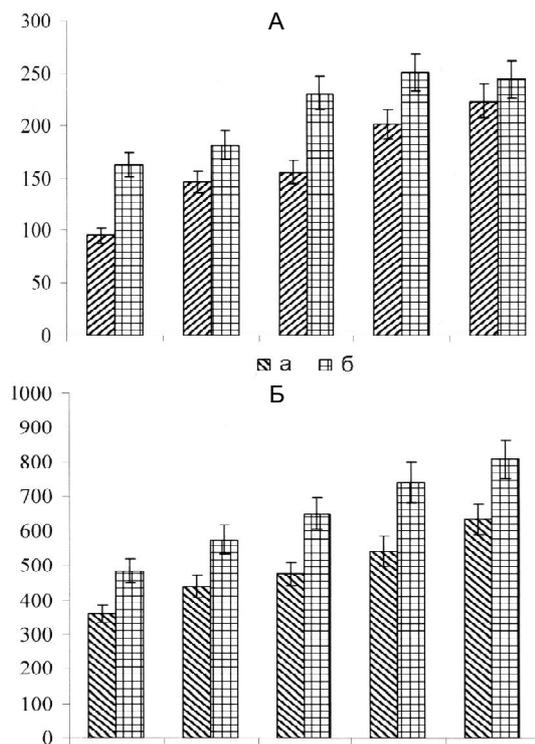


Рис. 3. Содержание полициклических ароматических углеводородов в хвое (а) и ветвях (б) *Picea obovata* (нг/г) на фоновом участке (А) и на расстоянии 1.0 км от предприятия (Б). По оси абсцисс – возраст органов растения, лет.

ществам, входящим в состав смол. Ранее в почвах хвойных лесов было обнаружено высокое содержание 1-метил-7-изопропилфенантрена и 1,7-диметилфенантрена [7].

Таким образом, исследования биоаккумуляции полиаренов органами *Picea obovata* на фоновом и загрязненном участках показали, что исследуемое растение преимущественно накапливало легкие полиарены благодаря их высокой растворимости. Содержание ПАУ в *Picea obovata* на загрязненном участке превышает фоновые значения в два-три раза. Наибольшее накопление ПАУ растениями отмечалось на удалении в 1 км от предприятия. *Picea obovata* аккумулирует ПАУ как из почвы, образующиеся в результате естественных процессов почвообразования, так и техногенного привноса. Основной вклад техногенных полициклических ароматических углеводородов в растения вносят полиарены с 3,4-ядерной структурой. Наибольшее накопление ПАУ в органах *Picea obovata* всех возрастов наблюдали на расстоянии 1 км от источника эмиссии.

Установлено, что флуорантен, пирен и хризен в основном концентрируются в хвое *Picea obovata*, остальные идентифицированные ПАУ – в ветвях. Фенантрен в растениях обра-

зуется в основном в результате внутриклеточного синтеза. В растениях присутствуют такие производные фенантрена, как абиетиновая и левопимаровая кислоты. При поглощении из атмосферы фенантрен концентрируется в ветвях. Наблюдался рост биоаккумуляции полиаренов в органах *Picea obovata* с увеличением их возраста. Максимальное содержание ПАУ отмечено в хвое и ветвях четвертого-пятого года жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. (Горшков А.Г.) Накопление полициклических ароматических углеводородов в хвое сосны обыкновенной на территории Прибайкалья / А.Г. Горшков, Т.А. Михайлова, Н.С. Бережная и др. // Лесоведение, 2008. № 2. С. 21-26.
2. Лукина Н.В., Никонов В.В. Питательный режим лесов северной тайги: природные и техногенные аспекты. Апатиты, 199-8. 316 с.
3. Наумова Т.В., Слепян Э.И. Предварительные результаты исследования влияния бенз(а)пирена на интенсивность фотосинтеза семядольных хвоинок *Picea abies* и сравнительное содержание в них каротина и суммы хлорофилла а и хлорофилла б // Растения и химические канцерогены. Л.: Наука, 1979. С. 48-49.
4. Норкина Е.Ю., Слепян Э.И. Влияние химических канцерогенов на морфологию проростка и дифференциацию трахеид *Picea abies* // Растения и химические канцерогены. Л.: Наука, 1979. С. 33-35.
5. Руководство по методам и критериям согласованного отбора проб, оценке, мониторингу, и анализу влияния загрязнения воздуха на леса. Гамбург, 1988. Ч. IV. 37 с. – (Федеральный исследовательский центр Лесного хозяйства и лесных продуктов, Hamburg, Germany).
6. (Слепян Э.И.) Содержание бенз(а)пирена в опадающих листьях *Craetaegus curonica*, *Viburnum opulus*, *Salix aurita*, *Betula verrucosa* и в хвое *Pinus silvestri* / Э.И. Слепян, Н.А. Шейнерман, З.А. Андреева и др. // Растения и химические канцерогены. Л.: Наука, 1979. С. 177-179.
7. (Суздорф А.Р.) Полициклические ароматические углеводороды в окружающей среде: источники, профили и маршруты превращения / А.Р. Суздорф, С.В. Морозов, А.И. Кузубова и др. // Химия в интересах устойчи-

вого развития. Новосибирск, 1994. Т. 2, № 2-3. С. 511-540.

8. Тонкопий Н.И., Розанова В.Я., Мазель Ю.Я. Экспериментальное изучение возможности усвоения бенз(а)-пирена растениями // Растения и химические канцерогены. Л.: Наука, 1979. С. 97-99.

9. Торлопова Н.В., Робакидзе Е.А. Влияние поллютантов на хвойные фитоценозы (на примере Сыктывкарского лесопромышленного комплекса). Екатеринбург, 2003. 142 с.

10. (Яковлева Е.В.) Биоаккумуляция полициклических ароматических углеводородов в системе почва-рас-

тение // Агрехимия, 2008. № 9. С. 66-74.

11. Simonich S.L., Hites R.A. Importance of vegetation in removing polycyclic aromatic hydrocarbons from the atmosphere // Nature, 1994. Vol. 370, № 7. P. 49-51.



ЗАПОВЕДАНО СОХРАНИТЬ



РАСТИТЕЛЬНОСТЬ БОЛОТНОГО ЗАКАЗНИКА «ОКЕАН»
(УСТЬ-ЦИЛЕМСКИЙ РАЙОН, ПОДЗОНА КРАЙНЕСЕВЕРНОЙ ТАЙГИ)

В 2009 г. в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» (2008-2013 гг.) и федеральной программы по инвентаризации особо охраняемых природных территорий (ООПТ) были обследованы центральная (район Майерских озер) и юго-восточная (район Волочанских озер) части болотного заказника «Океан». В ходе работ были получены новые интересные данные о ключевых биотопах этой уникальной лесо-болотной системы.

Площадь данного заказника – 178975 га, кадастровый № 17. Данное болото – эталон типичного верхового болота крайнесеверной тайги. Заказник находится в Ижемском и Усть-Цилемском районах (Усть-Цилемский лесхоз, Бугаевское лесничество), на водоразделах рек Созва-Ёрса, Ерса-Летняя, в 16 км на юго-восток от с. Росвинское. Типичная грядово-мочажинная верховая болотная система. Микрорельеф грядово-мочажинный и кочковатый. Гряды и кочки сосново-кустарничково-сфагновые, мочажины травяно-сфагновые. Верховые виды залежи представлены фуским-залежью и комплексной верховой. Встречается смешанная топяная. Очень незначительную площадь занимает осоковая низинная залежь. Средние мощности залежей составляют 1.57-2.44 м. Вокруг болота выделена буферная зона шириной 300 м. Заказник предложен для охраны Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН [1]. Утвержден



Н. Гончарова



В. Канев

постановлением Совета министров Коми АССР от 30 ноября 1978 г., № 484. Охраняется Усть-Цилемским лесхозом [1-3].

Болотный заказник «Океан» расположен на северо-западе Русской равнины на территории Печорской плиты, в Большеземельской тундре, в подзоне крайнесеверной тайги (фото 1). Данный район представлен пластово-аккумулятивными ярусными низменными озерно-ледниковыми равнинами, в основе которых лежат песчаные почвообразующие породы, имеет среднюю степень дренированности, степень заболоченности составляет 46 % [4, 5]. Заказник с запада ограничен р. Печора, с востока – моренными грядами Большеземельского хребта (Синдзёмсюр и Сосвинский мусюры), с юга – р. Ёрса, с севера – р. Созва (63°52'-66°37' с.ш; 52°46'-54°8' в.д.). Он занимает разделенное поймами небольших рек, ручьев обширное водораздельное пространство рек Созва-Урса, Ерса-Летняя (высота над уровнем моря 50 м), которое занято болотными массивами разных типов, тундровыми, лесотундровыми ландшафтами и островными лесными мас-

сивами, расположенными на лимнокамах.

Верховые кустарничково-сфагновые массивы (фото 2) широко распространены в пределах заказника. Поверхность их выпуклая или слабовыпуклая. Характер микрорельефа таких болот грядово-мочажинный, к центру сменяющийся грядово-озерковым. Гряды кустарничково-сфагновые, кустарничково-морозково-сфагновые, хорошо выражены, высота их до 70 см, ширина от 2 до 7(10) м, длина 30-50 м и более. Единично на повышениях встречаются угнетенные *Pinus sylvestris* и *Picea obovata*, высота деревьев редко превышает 2-4 м. Преобладают полидоминантные сообщества, в травяно-кустарничковом ярусе которых в качестве содоминантов выступают следующие виды: *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula nana* и *Rubus chamaemorus*. Проективное покрытие (ПП) кустарничков и морошки варьирует от 5 до 30, в сумме может достигать 90 %. Фитоценозы с господством одного из этих видов, за исключением *Rubus chamaemorus*, встречаются единично. Менее обильны (ПП не превышает 5 %), но постоянны *Andromeda polifolia*, *Drosera rotundifolia*, *Oxycoccus microcarpus*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*, *Eriophorum vaginatum*. Напочвенный покров большинства сообществ образован сфагновыми мхами. Господствует *Sphagnum fuscum* (ПП 70-100 %), часто совместно с ним произрастают *Sphagnum russowii*, *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi* (ПП

Гончарова Надежда Николаевна – к.б.н., н.с. отдела лесобиологических проблем Севера. E-mail: goncharova_n@ib.komisc.ru. Область научных интересов: флора и растительность болот, охрана болот.

Канев Владимир Алексеевич – к.б.н., н.с. отдела флоры и растительности Севера. E-mail: kanev@ib.komisc.ru. Область научных интересов: ботаника, сравнительная флористика.

до 10 %) и как примесь *Mylia anomala*. Из лишайников постоянны *Cladonia arbuscula*, *C. rangirerina*. Другие виды – р. *Cladonia*, *Flavocetraria cucullata*, *Cetraria islandica* встречаются периодически. Мочажины занимают до 70 % площади комплексов (фото 3). Они труднопроходимы, местами сильно обводнены, часто переходящие в озерки. Растительность понижений довольно однообразна и однородна. Она представлена пушицево-сфагновыми, осоково-сфагновыми и шейхцеревосфагновыми сообществами. Это маловидовые фитоценозы, где кроме видов-доминантов – *Eriophorum russeolum*, *Carex rotundata*, *Scheuchzeria palustris* (ПП 15-50 %), *Sphagnum balticum*, *S. lindbergii* (ПП до 100 %) – произрастают только *Drosera anglica* (ПП 1-2 %), *Oxycoccus palustris*, *Andromeda polifolia* (ПП до 5 %), а из мхов – *Warnstorfia exannulata*. К участкам с деградированным торфом приурочены *Trichophorum caespitosum*, *Drosera anglica* и печеночные мхи (р. *Calypogeia*). Озерки в среднем занимают 15 % площади комплекса, они неглубокие и практически лишены растительного покрова.

Гетеротрофные аапа массивы (фото 4) распространены также широко, как и верховые. Расположены они в основном на границах олиготрофных

массивов, в местах стока вод с прилегающих территорий, в проточных котловинах (понижениях рельефа). Поверхность их слабоогнутая, сток направлен от окраек к центру. Характер микрорельефа грядово-мочажинный, грядово-озерково-мочажинный. Гряды занимают 20-30, озерки и мочажины-римпы около 20 %. Гетеротрофотипность элементов комплекса, характерная для аапа болот, хорошо выражена. По флористическому составу и структуре растительного покрова гряды почти не отличаются от повышений верховых массивов. Они кустарничково-сфагновые или кустарничково-морозково-сфагновые. Незначительные отличия отмечены лишь на невысоких грядах (высотой менее 30 см). На них появляется *Oxycoccus palustris* и увеличивается ценотическая значимость *Betula nana*, *Andromeda polifolia* (ПП до 50 %) и некоторых мхов (*S. magellanicum*, *S. angustifolium* и др.). Иногда в этих фитоценозах произрастают виды более характерные для понижений микрорельефа – *Menyanthes trifoliata*, *Carex paupercula*, *Eriophorum polystachion* и др.

Растительность понижений грядово-мочажинно-озерковых и грядово-озерковых комплексов более разнообразна, чем в одноименных комплексах верховых болот. В одной моча-

жине можно встретить от одного до четырех фитоценозов. Менее обводненные участки (уровень болотных вод от –15 до –10 см от поверхности мохового покрова) заняты различными травяно-сфагновыми сообществами (пушицево-сфагновыми, осоково-сфагновыми, пушицево-осоково-сфагновыми и др). Они образованы *Eriophorum polystachion*, *E. latifolium*, *Carex paupercula*, *C. rostrata*, реже *C. lasiocarpa*. В напочвенном покрове доминируют сфагновые мхи – *Sphagnum jensenii*, *S. lindbergii*, *S. riparium* (ПП до 100 %). К местам с уровнем болотных вод от –10 до –4 см приурочены фитоценозы с господством *Menyanthes trifoliata* (ПП от 20 до 60 %). Совместно с вахтой могут произрастать *Comarum palustre*, *Carex paupercula* (ПП до 25 %). Напочвенный покров отсутствует или разрежен и в нем помимо сфагновых (*Sphagnum riparium*, *S. lindbergii* и *S. jensenii*) произрастают бриевые (*Warnstorfia exannulata*, *Straminergon stramineum*) мхи. Бордюры озерков и мочажины-римпы заняты вахтовыми, осоковыми и осоково-вахтовыми сообществами, в них господствуют *Menyanthes trifoliata*, *Carex cinerea* и *C. paupercula* (фото 5). Напочвенный покров в них отсутствует, либо сильно разрежен (ПП до 20 %), образован теми же видами, что и в предыдущих фитоценозах.



ЮБИЛЕЙ

В июле знаменательная дата в жизни **Елизаветы Ивановны Патовой** – ей исполнилось 65 лет!

Из них почти 35 лет судьба Елизаветы Ивановны была неразрывно связана с Институтом биологии. После окончания сельскохозяйственного техникума она поступила на работу в лабораторию физиологии животных, где в совершенстве освоила методику биохимических анализов, ассистировала в сложных экспериментальных операциях, выхаживала подопытных животных, принимала участие в суточных наблюдениях за ними. Результаты этих работ легли в основу многих научных публикаций и диссертационных работ научных сотрудников. Затем Елизавета Ивановна трудилась старшим лаборантом-исследователем отдела флоры и растительности Севера. Круг основных обязанностей изменился, ей было поручена кропотливая работа по подготовке образцов растений к размещению в основной фонд гербария сосудистых растений. Здесь оказались востребованными такие черты характера Елизаветы Ивановны, как терпение, внимательность, аккуратность и добросовестность. Елизавета Ивановна всегда готова прийти на выручку и другим сотрудникам, если требовалась ее помощь, неоднократно участвовала в организации совещаний и конференций, проводимых на базе отдела.

Елизавету Ивановну отличают доброжелательность, скромность, уравновешенность, открытость в общении. Она прекрасная мама двоих уже взрослых детей, нежная, любящая жена, радушная хозяйка, заботливая бабушка.

Поздравляя Вас, дорогая Елизавета Ивановна, с юбилеем,
желаем Вам здоровья и благополучия, семейного счастья на долгие годы!

Коллеги



Низинные массивы распространены преимущественно вблизи лесных островов в местах близкого залегания богатых минеральными веществами грунтовых вод. В большинстве случаев это гомогенные или мозаичные участки, на которых во всех сообществах господствующее положение занимают требовательные к богатству субстрата евтрофные виды: *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Comarum palustre*, *Eriophorum gracile*, *Carex chordorrhiza*, *C. paupercula*, *Pedicularis palustre*, *Calliergon giganteum*, *Helodium blandowii*, *Straminergon stramineum*, *Plagiomnium ellipticum* и др. Большинство из них при определенных условиях выступает в качестве доминантов фитоценозов. В кустарничково-травяно-гипновых сообществах довольно обильны *Andromeda polifolia*, *Охycoccus palustris* и *Betula nana*, последний иногда образует разреженный полог-ярус. Помимо перечисленных видов отмечены *Epilobium palustris*, *Cicuta virosa*, *Galium uliginosum*, *Rumex acetosella*, *Stellaria crassifolia*, *Dactylorhiza* sp., *Utricularia intermedia* и др. (ПП 1-5 %). Древесный ярус, как правило, разрежен или отсутствует, но отдельно стоящие деревья (преимущественно *Betula pubescens*, реже *Pinus sylvestris*) – постоянные компоненты большинства сообществ. Напочвенный покров образован гипновыми мхами, в наиболее обводненных участках он разрежен или отсутствует. Сфагновые мхи также представлены требовательными к питанию видами (*Sphagnum riparium*, *S. teres* и др.),

но их роль в сложении растительного покрова ниже, чем у зеленых мхов.

Переходные массивы и участки переходного типа (фото 6) по площади уступают болотам других типов и приурочены в основном к периферии комплексов или окрайкам массивов. Поверхность ровная, микрорельеф таких болот средне- и крупнокочкватый. Они часто облесены сосной (*Pinus sylvestris*), высота деревьев до 8 м, сомкнутость 0.1-0.3. *Betula pubescens* и *Picea obovata* встречаются единично. Много сухостойных деревьев. Повышения занимают от 5 до 15 % площади участков, к ним приурочены полидоминантные кустарничково-сфагновыми сообщества. В травяно-кустарничковом ярусе этих фитоценозов преобладают *Betula nana*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata* и *Rubus chamaemorus*, *Eriophorum vaginatum* (ПП 15-30 %). Менее обильны, но постоянны *Охycoccus palustris*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *Drosera anglica* и др. (ПП 1-5 (10) %). Моховой покров образован сфагновыми мхами – *Sphagnum magellanicum*, *S. angustifolium*, *S. fuscum*, *S. russowii* (суммарное ПП до 100 %). Высоким постоянством характеризуются и некоторые зеленые мхи (*Aulacomnium palustre*, *Polytrichum strictum* и *Pleurozium schreberi*), но участие этих видов в формировании ценозов невелико. Межкочечные пространства мезотрофные, осоково-сфагновые с господством в травяно-кустарничковом ярусе *Carex rostrata* (ПП 30-60 %). По-

мимо осоки здесь обычны *Eriophorum vaginatum*, *E. polystachion*, *Menyanthes trifoliata* и некоторые кустарнички (*Охycoccus palustris*, *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata* и *Betula nana*) (фото 7). В напочвенном покрове доминируют сфагновые мхи (*Sphagnum balticum*, *S. lindbergii* и др.).

Вблизи некоторых крупных и среднего размера озер небольшие площади занимают *крупнобугристые комплексы*. Преобладают бугры округлой формы, высота от 2.0 до 3.5 м, диаметр более 10-20 м. Мерзлота встречается спорадически, глубина залегания льда в конце июля 50 см и ниже. Травяно-кустарничковый ярус вершин бугров часто разрежен, угнетен и образован *Ledum palustre*, *Empetrum hermaphroditum*, *Rubus chamaemorus*, *Betula nana*, *Охycoccus microcarpus*, *Vaccinium vitis-idaea* и *V. uliginosum* (ПП каждого из этих видов варьирует от 5 до 25 %). Все растения невысокие (20-25 см), часто угнетены. Участие остальных видов несущественно. В напочвенном покрове доминируют лишайники (ПП более 70 %). Наиболее

обильны и постоянны *Flavocetraria nivalis*, *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris*, *Cetraria islandica* (ПП до 40 %). Участие остальных лишайников значительно ниже. Из мхов в большинстве этих сообществ произрастают только *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi* и виды р. Dicranum, обилие этих видов не превышает в сумме 10-20 %. Сфагновые мхи (*Sphagnum fuscum*, *S. compactum* и др.) встречаются единично. Растительный покров вершин бугров местами деградирован. Склоны бугров и бугры окраинной части болота имеют несколько иные состав и структуру сообществ. В растительном покрове существенно возрастает роль *Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata* и *Andromeda polifolia*. Растения более высокие и мощные. Преобладают фитоценозы с господством *Betula nana* (высотой до 1 м), образующей густой полог (ПП до 90-100 %). Под ним произрастают *Rubus chamaemorus* и *Vaccinium myrtillus*. Остальные виды те же, что и на вершинах бугров. Напочвенный покров отсутствует либо разрежен и образован *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina* и другими лишайниками, *Polytrichum strictum*, *Pleurozium schreberi*, видами р. Dicranum и с примесью сфагновых мхов (*Sphagnum fuscum*, *S. compactum*, *S. russowii* и др.). Мочажины обводнены, труднопроходимы. Они образованы в основном пушицево-сфагновыми и осоково-сфагновыми фитоценозами. Помимо доминирующих *Eriophorum russeolum* и *Carex limosa* и/или *C. paupercula*, в мочажинах могут произрастать *Eriophorum polystachion*, *Carex cinerea*, *C. chordorrhiza*, *C. rostrata*, *C. rotundata*, *Menyanthes trifoliata*, *Oxycoccus palustris* (ПП не превышает 5-7 %). В напочвенном покрове господствуют *Sphagnum lindbergii*, *S. riparium*. Из бриевых в мочажинах отмечен только *Warnstorfia exannulata*.

Лесная растительность болотного заказника «Океан» представлена в основном еловыми и сосновыми лесами, которые располагаются небольшими участками вдоль рек и озер и отдельными лесными островками на болотных массивах, доля покрытия лесами данной территории не более 30-40 %.

Еловые леса представлены заболоченными кустарничково-осоково-сфагновыми, кустарничково-осоко-

леномошными и кустарничково-осоково-сфагново-зеленомошными сообществами. Древесный ярус образован елью и березой пушистой с высотой от 7 до 10 м, сомкнутость крон составляет 0.2-0.4 м, деревья отстоят друг от друга на расстояние от 3-5 до 5-7 м. В разреженных редколесьях расстояние между деревьями, высота которых не превышает 5-8 м при сомкнутости крон 0.1, иногда достигает 12-15 м. Подлесок состоит обычно из рябины обыкновенной, шиповника иглистого с небольшим общим проективным покрытием. Подрост представлен обычно многочисленной березой, елью, иногда сосной высотой 1-2 м. Травяно-кустарничковый ярус состоит из карликовой березы, багульника, голубики, черники, брусники, морошки, осоки шаровидной, хвоща лесного, иван-чая узколистного, щучки извилистой, вейника пурпурного (*Calamagrostis purpurea*). Мохово-лишайниковый ярус образуют сочетания зеленых (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum commune*), сфагновых мхов (*Sphagnum* sp.) с вкраплениями лишайников (*Cladina* sp.).

Сосновые леса представлены заболоченными кустарничково-осоково-сфагновыми, кустарничково-осоко-зеленомошными, кустарничково-лишайниковыми сообществами, которые расположены по краям болотных массивов. Древесный ярус образован сосной высотой 5-10 м (максимум 15 м), древостой обычно разрежен, расстояние между деревьями 3-5 м. Подлесок обычно представлен кустами рябины обыкновенной высотой 0.5-1.0 м и редкими кустиками шиповника иглистого. Подрост представлен сосной, елью, березой. Травяно-кустарничковый ярус состоит из карликовой березы, багульника (ОПП иногда достигает до 30-40 %), голубики, черники, брусники, осоки шаровидной, хвощей лесного и лугового. В кустарничково-лишайниковых сообществах лишайниковый покров состоит из различных видов р. *Cladina* и *Cetraria islandica* (ОПП 40-50 %) и куртин зеленых мхов (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Polytrichum commune*).

Центральные части болотных массивов покрыты бугристыми тундровыми мелкоерниковыми кустарничково-лишайниковыми, мохово-лишайнико-

выми группировками, которые составляют болотные и тундровые плоскобугристые комплексы. Травяно-кустарничковый ярус (высота 0.1-0.3 м) здесь представлен карликовой березой, брусникой, водяникой гермафродитной, голубикой, толокнянкой альпийской, багульником болотным, подбелом узколистным, осокой шаровидной, щучкой извилистой, пушицами, которые нередко являются доминирующими и ценообразующими видами, и другими видами высших растений, общее проективное покрытие которых в целом достигает 40-50 %. В напочвенном покрове господствуют сфагновые мхи и лишайники родов *Cladina*, *Stereocaulon*. Понижения рельефа в значительной степени заняты верховыми пушицево-осоково-сфагновыми, кустарничково-травяно-сфагновыми и низинными травяно-сфагново-осоковыми и другими сообществами.

Разнообразие типов местообитаний, хорошо развитая гидрологическая сеть и удаленность от крупных населенных пунктов делают данный заказник хорошей кормовой базой для хозяйственно-ценных видов животных (гуся, утки, олени, лоси) и рыб, эти места также богаты ягодными ресурсами (морошка, голубика, брусника). Данная лесо-болотная система является кормовой базой для многих видов животных, в том числе и хозяйственно-ценных (медведи, лоси, глухари и др.). Многочисленные озера, озера, ручьи являются местообитанием водоплавающих птиц (чайки, крачки, утки, лебеди и др.). Занимая большую часть водораздела, заказник играет важную роль в поддержании и сохранении не только биологического разнообразия на видовом, ценоотическом и экосистемном уровнях, но и гидрологического режима прилегающих территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кадастр охраняемых природных территорий Республики Коми / Р.Н. Алексеева, Т.М. Безносова, В.П. Гладков и др.; под ред. А.И. Таскаева, Н.И. Тимонина. Сыктывкар, 1993. 190 с.
2. Торфяные месторождения Коми АССР. М., 1984. 167 с.
3. Торфяные ресурсы Республики Коми. Сыктывкар, 2000. 613 с.
4. Атлас Коми АССР. М., 1964. 112 с.
5. Ильчуков С.В. Ландшафты Республики Коми. Екатеринбург, 2010. 250 с.



ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Многие достижения инженерной мысли человечества заимствованы у представителей животного мира, особенно это проявляется в области транспорта. Самолет, вертолет, траки для тракторов и танков... Есть чему поучиться у представителей фауны и в процессе перемещения крупногабаритных и тяжеловесных объектов. Гусеница может поднять груз, приблизительно в 25 раз тяжелее от собственной массы, муравей – в 100, пиявка – в 1500 раз [1]. Муравей-листорез может волочить по земле и поднимать груз, масса которого превышает его собственную соответственно в 30 и 50 раз. Причем при совместной работе нескольких муравьев их усилия значительно возрастают.

Лаборатория проблем транспорта предлагает создание транспортных систем для крупногабаритных и тяжеловесных объектов на основе использования эффекта «магнитной потенциальной ямы» (МПЯ) [2]. Данный эффект был обнаружен В.В. Козорезом в 1975 г. и заключается в возможности существования минимума потенциальной энергии магнитного взаимодействия как функции расстояния между двумя магнитными элементами либо идеально электропроводящими витками (рис. 1), либо в паре с идеально электропроводящим витком и постоянным магнитом. Исследования по использованию МПЯ для магнитного транспорта проводились в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова АН Украины [3]. Результаты расчетов по определению грузоподъемности магнитной опоры на основе МПЯ показывают, что величина давления, развиваемая единицей поверхности опоры, составляет $p = 1.35 \times 10^6 \text{ Н} \cdot \text{м}^{-2}$. Это означает, что магнитная опора площадью один квадратный метр обеспечивает подъем 135 т груза. Вот тут-то и напрашивается сравнение с муравьями. Существенной проблемой, с которой приходится сталкиваться разработчикам транспортных систем на магнитной подвеске, является противодействие магнитных сил, создающих подвес, магнитным силам, задающим движение. Для решения этой проблемы и создания максимального толкающего усилия при минимальном потреблении энергии витки ускоряющих статорных обмоток располагаются под определенным углом к направлению перемещения объекта.

Перемещаемый объект 1 оборудуют источниками магнитного поля 2 (рис. 2), которых может быть сколь угодно много, но они должны быть разнесены друг от друга на расстояние А, чтобы исключить тормозящее действие магнитного поля. Витки 3 статорной обмотки путепровода располагаются в плоскостях, наклоненных под углом α к направлению 4 перемещения объекта 1. При запитывании током витков 3 появляются магнитные силовые



Е. Сундуков

линии f1, f2, f3. При взаимодействии с магнитными силовыми линиями f4, создаваемыми источниками 2, силовые линии f1 и f2 оказывают ускоряющее воздействие на объект 1, а силовые линии f3 – тормозящее. В результате статорная обмотка делится на секции, поочередно запитываемые по мере перемещения объекта 1 относительно путепровода. Данные предположения были проверены на макете и получили подтверждение, в результате чего был

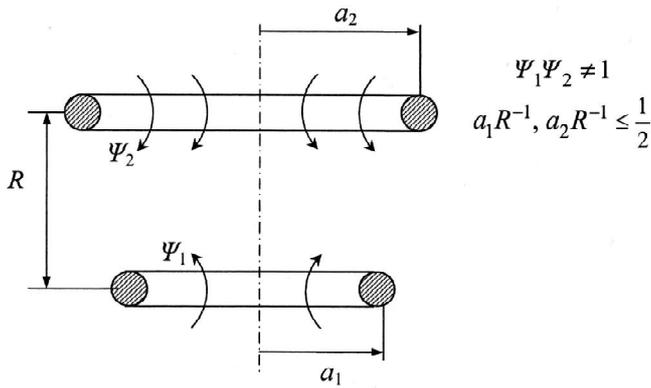
разработан базовый элемент транспортной системы (БЭТС). БЭТС представляет собой чередующиеся последовательности поясов ускорения и стабилизации перемещаемого объекта (грузовой платформы, несущего блока транспортера и т.п.) [4]. Таким образом, статорную обмотку путепровода в предлагаемой системе можно сравнить с организованной муравьиной цепочкой, транспортирующей, например, гусеницу, а запитанный ток виток – с отдельным муравьем.

Если же использовать несколько подобных обмоток, расположенных параллельно, подъемное усилие равномерно распределяется по всей площади взаимодействия витков обмоток путепровода и источников магнитного поля грузовой платформы, что позволяет перемещать крупногабаритные и тяжеловесные грузы [5]. Шуточная аналогия: 50 г муравьев могут унести бутылку пива, установленную на поддоне.

Подобным образом крупногабаритный тяжеловесный объект 1 устанавливают на поддоне 2 для последующего перемещения (рис. 3А). Поддон 2 имеет в сечении волновой профиль, что обеспечивает устойчивость системы. В ползьях 3 поддона 2 размещены источники магнитного поля, а путепровод состоит из гребней 4, на склонах которых установлены витки статорной обмотки ограничителя перемещений. В результате взаимодействия источников магнитного поля, размещенных в ползьях 3 поддона, с запитанными током витками статорной обмотки, установленными на гребнях 4 путепровода, возникают силы 5, обеспечивающие магнитное подвешивание поддона 2 с объектом 1 относительно путепровода.

Для перемещения объекта 1 на поддоне 2 в продольном направлении некоторые гребни 4 оборудуют дополнительными витками 6, расположенными под углом относительно направления перемещения объекта 1, а на поддоне 2 могут быть установлены дополнительные источники магнитного поля 7 (рис. 3Б). Взаимодействие витков 6 и источников 7 аналогично магнитному взаимодействию на рис. 2. Витки 6 определенной секции запитываются током. При этом появляются силы 8 магнитного взаимодействия источников 7 с витками 6. В результате

Сундуков Евгений Юрьевич – к.э.н., н.с. лаборатории проблем транспорта. E-mail: translab@ib.komisc.ru. Область научных интересов: *управление и экологическая безопасность транспортных систем.*



$$\Psi_1 \Psi_2 \neq 1$$

$$a_1 R^{-1}, a_2 R^{-1} \leq \frac{1}{2}$$

Рис. 1. Магнитная система двух идеально проводящих токовых колец и область устойчивых траекторий.

Условные обозначения: a_1 и a_2 – радиусы токовых колец, Ψ_1 и Ψ_2 – магнитные потоки в кольцах, R – расстояние между кольцами.

сложения вертикальной составляющей результирующей сил 8 и результирующей сил 5, направленной вертикально, горизонтальная составляющая результирующей сил 8 обеспечивает перемещение поддона 2 в заданном направлении. Перемещение объекта 1 на поддоне 2 в поперечном направлении может быть осуществлено следующим способом. Поддон 2 с объектом 1 находится в состоянии магнитного подвешивания относительно путепровода. При этом число гребней 4 превышает число полостей 3. Для перемещения вправо определенные группы витков, находящиеся на правых склонах гребней 4, кратковременно запитываются током, большим по величине тока, требуемого для создания сил 5. В результате возникают магнитные силы 9. Результирующая сил 5 и 9 должна обеспечить подъем поддона 2 с объектом 1 при одновременном смещении в направлении 10 (рис. 3В). Витки гребней 4, создающие при взаимодействии с источниками полостей 3 силы 9 должны быть размещены на определенном расстоянии В, чтобы не создавалось противодействия перемещению поддона 2 в направлении 10. При прекращении действия сил 9 и действии только сил 5 поддон 2 с объектом 1 опускается по левым склонам гребней 4. Таким образом, поддон 2 с объектом 1 перемещается вправо на расстояние, равное расстоянию между гребнями 4 путепровода. Для перемещения влево ток большего значения подается на витки определенных групп витков статорной обмотки, расположенных на левых склонах гребней 4.

Технические решения лаборатории проблем транспорта позволяют перемещать самые различ-

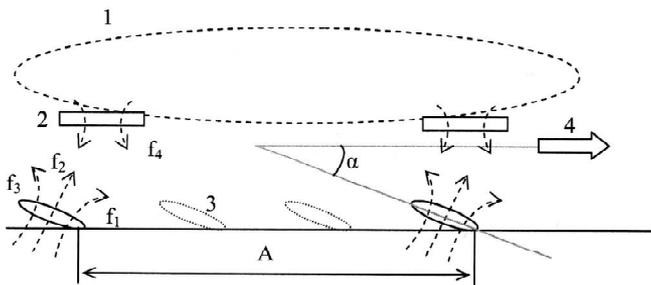


Рис. 2. Взаимодействие витков ускоряющей статорной обмотки с источниками магнитного поля транспортного средства. Здесь и далее объяснения в тексте.

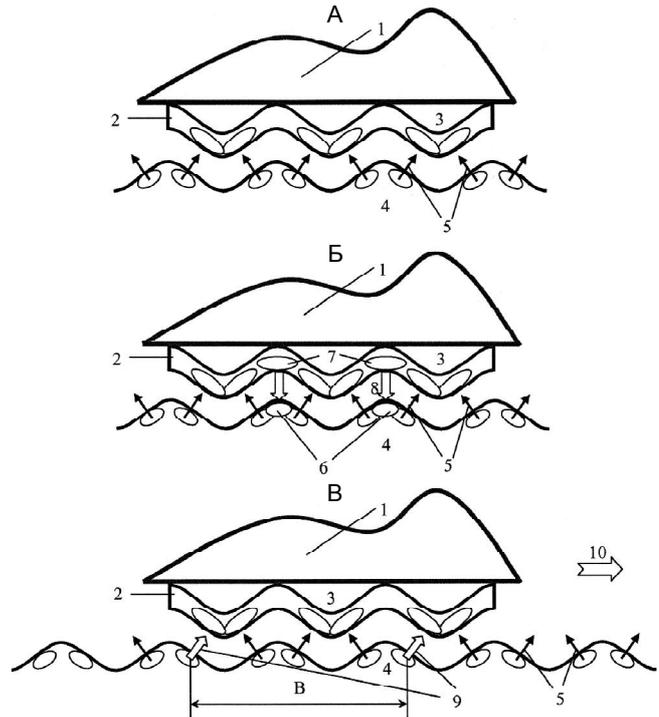


Рис. 3. Общий вид транспортной системы для крупногабаритных и тяжеловесных объектов (А) с возможностью их перемещения в продольном (Б) и поперечном (В) направлениях.

ные объекты не только в поперечном и продольном, но и в вертикальном направлениях [6].

Несомненным преимуществом систем на магнитной подвеске, определяющим перспективы их использования в технологических процессах, является возможность функционирования под управлением информационных систем. В отличие от используемых автоматизированных линий, требующих оборудования датчиками и детекторами, в системах на магнитной подвеске на основе МПЯ изначально заложен кибернетический эффект. Однако использование транспорта на магнитной подвеске для пассажирских перевозок продолжает сдерживаться тем, что опыт исследований воздействия электромагнитного излучения на человеческий организм все еще не позволяет сделать однозначный вывод о их безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://apus.n-e.ru/site.xp>.
2. Киселенко А.Н., Свойкин В.Ф., Сундуков Е.Ю. Эффект «магнитной потенциальной ямы» и новые возможности его использования // Мир транспорта, 2005. № 1. С. 42-47.
3. (Михалевич В.С.) «Магнитная потенциальная яма» – эффект стабилизации сверхпроводящих динамических систем / В.С. Михалевич, В.В. Козорез, В.М. Рашкован и др. Киев: Наукова думка, 1991. 336 с.
4. Патент № 2247040, Российская Федерация, МПК В60L13/00. Базовый элемент транспортной системы / Е.Ю. Сундуков, О.Р. Яхимович. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2003119587/11; заявл. 27.06.2003; опубл. 27.02.2005. Бюл. № 6.
5. Патент 2279355, Российская Федерация, МПК В60L 13/04. Вертикальный ограничитель перемещений транспортного средства / Е.Ю. Сундуков.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 2005103378; заявл. 09.02.2005; опублик. 10.06. 2006. Бюл. № 19.

6. Патент № 2385239, Российская Федерация, МПК В60L 13/10. Транспортная система для круп-

ногабаритного и тяжеловесного объекта и способ его перемещения в поперечном направлении / Е.Ю. Сундуков. Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; № 200814557; заявл. 18.11.08; опублик. 27.03.2010. Бюл. № 9.



КОМАНДИРОВКА



МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С ЯГИЕЛЛОНСКИМ УНИВЕРСИТЕТОМ (КРАКОВ, ПОЛЬША)

к.б.н. О. Дымова

Основной областью научных интересов лаборатории экологической физиологии растений (зав. лабораторией д.б.н., проф. Т.К. Головки) является изучение механизмов взаимодействия растений с окружающей средой при адаптации к условиям существования на функциональном уровне. В рамках этой проблемы ведется поиск параметров, корректно отражающих функциональное состояние растений. Исследования фотосинтетических пигментов, их качественного состава и количественных соотношений в растениях, произрастающих в различных экологических условиях, могут дать информацию о роли пигментной системы в адаптивных процессах [5, 6]. Абсолютное количество пигментов – величина наследственно обусловленная, связанная со структурно-анатомическими особенностями листьев конкретных видов. Условия произрастания в первую очередь сказываются на функционально значимых показателях пигментного аппарата (доля хлорофиллов в светособирающем комплексе (ССК), соотношение хлорофиллов а и b, сумма зеленых и желтых пигментов) [1, 6]. Данные параметры служат важными биоиндикаторами изменяющихся условий и диагностическими показателями фотосинтетических реакций листьев. Ранее нами [2, 4] были показаны изменения анатомо-морфологической структуры, снижение содержания зеленых пигментов, накопление каротиноидов и увеличение степени дезоксидации Вио в листьях теневыносливого вида живучки ползучей (*Ajuga reptans* L.) при культивировании в условиях избыточной освещенности по сравнению с растениями, обитающими под пологом леса при освещенности не более 5 % ее полной величины. Выявлено повышение относительного содержания каротиноидов и способность к фотосинтезу перезимовавших листьев [3]. Проведенные нами

исследования были выполнены в условиях подзоны средней тайги европейского Северо-Востока, где проходит северная граница ареала неморального травянистого растения *A. reptans*. Здесь вид произрастает на бедных и кислых почвах при низких температурах, рассеянной радиации, коротком периоде вегетации.

A. reptans – европейский вид, ареал которого охватывает обширную территорию Западной Европы, произрастает в широколиственных лесах с экологически благоприятными условиями для роста и развития. В рамках международного сотрудничества совместно с научно-исследовательской группой заведующего кафедрой физиологии и биохимии растений проф. К. Стржалки (факультет биохимии, биофизики и биотехнологии Ягеллонского университета, Краков, Польша) в октябре 2007 г. было начато сравнительное изучение пигментного комплекса и превращения ксантофиллов в перезимовавших зимнезеленых и вновь сформировавшихся летнезеленых листьев растений *A. reptans*, адаптированных к произрастанию при разном световом режиме в условиях подзоны широколиственных лесов, где расположена центральная часть ареала вида. В экспериментах использовали листья растений *A. reptans*, произрастающих на территории ботанического сада Ягеллонского университета (г. Краков) в разных местообитаниях: на освещенной опушке и в затенении хвойных пород деревьев. С использованием современного оборудования получены новые данные о пигментном комплексе зимне- и летнезеленых листьев растений. Нам удалось выявить изменения в содержании и составе каротиноидов, в моделируемом эксперименте рассмотреть роль пигментов виолаксантинового цикла в фотосинтетическом аппарате летне- и зимнезеленых листьев. По результа-

там совместных исследований принята к печати статья в журнале «Физиология растений» (№ 6, 2010).

Дальнейшие исследования (апрель 2010 г.) включили серию экспериментов по изучению кинетики взаимопревращений пигментов ксантофиллового цикла, участники которого (виолаксантин, антраксантин, зеаксантин) являются частью регуляторной системы фотосинтеза и защищают фотосинтетический аппарат от фотодеструкции [7, 8]. На базе кафедры физиологии растений и биохимии Ягеллонского университета (см. фото) мною выполнена работа по изучению состояний эпоксидации и дезэпоксидации каротиноидов виолаксантинового цикла в листьях растений *A. reptans* в ранне-весенний период после перезимовки в подзоне широколиственных лесов (Польша). Используются биохимические подходы для выделения хлоропластов и изучения изолированных мембранных структур. Сравнительное изучение компонентов виолаксантинового цикла и кинетики его взаимопревращений у одного вида в разных условиях произрастания будет способствовать более полному пониманию его роли в стабилизации фотосинтеза и устойчивости фотосинтетического аппарата растений.

Моя научно-исследовательская работа проходила на базе кафедры физиологии растений и биохимии, основные научные направления которой сконцентрированы не только на изучении пигментного аппарата, структуры пигмент-белковых комплексов, биосинтеза и деградации хлорофиллов, функционирования виолаксантинового цикла, но также включают следующие аспекты: трансдукция светового сигнала в растительных клетках; роль цитоскелета в фотоморфогенезе; развитие фотосинтетического аппарата; влияние различных факторов на физические свойства тилакоидов и рас-



Malgorzata Jemiola-Rzeminska, Dariusz Latowski, Ольга Дымова и Kazimierz Strzalka (слева направо) в лаборатории у нового хроматографа фирмы Perlan Technologies.

тительных мембран; функция токоферолов и пластохинона в фотозащитных механизмах; биоаккумуляции тяжелых металлов у растений.

Хочется отметить, что факультет биохимии, биофизики и биотехнологии расположен в огромном суперсовременном кампусе Ягеллонского университета. В настоящее время штатный состав факультета включает около 160 сотрудников. Ежегодно на факультете обучаются свыше 1000 студентов по специальностям: биохимия, биофизика, биотехнология, клеточная биология, иммунология, микробиология, молекулярная генетика, физиология и биохимия растений, вирусология. Поскольку образовательная программа предполагает участие в исследовательских проектах, многие студенты являются соавторами публикаций и участниками конференций, включая зару-

бежные. Мобильность студентов обеспечивается за счет европейской программы Erasmus, которая предполагает сотрудничество с 19 европейскими университетами. По этой программе ежегодно около 25-30 студентов факультета, получившие образовательный грант, имеют право в течение одного семестра обучаться и выполнять научные исследования в других институтах (вузах) страны или за рубежом. Большинство студентов экспериментальную часть своей магистерской диссертации выполняют на базе научно-исследовательских лабораторий Европы и Америки. Факультет, в свою очередь, также принимает студентов (и специалистов) как из университетов Польши, так и других государств.

Финансирование моей научной поездки было осуществлено за счет средств по межакадемической квоте

обмена (согласно соглашению о научном сотрудничестве между Российской и Польской академиями наук), бюджетных средств Института биологии Коми НЦ УрО РАН и частично при поддержке Ягеллонского университета. Большое спасибо!

ЛИТЕРАТУРА

1. Головки Т.К., Табаленкова Г.Н., Дымова О.В. Пигментный аппарат растений Приполярного Урала // Бот. журн., 2007. Т. 92, № 11. С. 1732-1741.
2. Дымова О.В., Головки Т.К. Адаптация к свету фотосинтетического аппарата теневыносливых растений (на примере *Ajuga reptans* L.) // Физиология растений, 1998. Т. 45, № 4. С. 521-528.
3. Дымова О.В., Головки Т.К. Структурно-функциональные свойства фотосинтетического аппарата *Ajuga reptans* L. в холодном климате // Физиология растений, 2001. Т. 48, № 3. С. 406-413.
4. Дымова О.В., Головки Т.К. Состояние пигментного аппарата растений живучки ползучей в связи с адаптацией к световым условиям произрастания // Физиология растений, 2007. Т. 54, № 1. С. 47-53.
5. Любиненко В.Н. Избранные труды в двух томах. Т. 2. Работы по фотосинтезу и пигментам растений / Под ред. Н.А. Любинского. Киев: Изд-во АН УССР, 1963. С. 328-402.
6. (Маслова Т.Г., Попова И.А.) Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive properties of the pigment systems // Photosynthetic, 1993. Vol. 29. P. 195-203.
7. (Маслова Т.Г.) Развитие представлений о функционировании виолаксантинового цикла в фотосинтезе / Т.Г. Маслова, И.А. Попова, Г.А. Корнюшенко и др. // Физиология растений, 1996. Т. 43, № 3. С. 437-449.
8. Latowski D., Grzyb J., Strzalka K. The xanthophyll cycle – molecular mechanism and physiological Significance // Acta Physiol. Plant, 2004. Vol. 26, № 2. P. 197-212.

ИНФОРМАЦИЯ В НОМЕР

Департамент экологии и природопользования Кировской области, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Вятский государственный гуманитарный университет планируют провести Всероссийскую научно-практическую конференцию «Современные проблемы биомониторинга и биоиндикации» 1-2 декабря 2010 г. в г. Киров.

Основные направления работы конференции: «Биологический мониторинг природных сред и объектов», «Методы биоиндикации в оценке качества окружающей среды», «Биотестирование: разработка и апробация новых методик», «Биосенсоры в экологическом мониторинге», «Геоинформационные технологии в биомониторинге», «Мониторинг в условиях техногенного загрязнения», «Экология организмов и механизмы их адаптации к среде обитания», «Динамика популяций в изменяющихся условиях окружающей среды», «Экологическое образование и просвещение».

Контактные адреса и телефоны: 610002, г. Киров, ул. Свободы, 122, Лаборатория биомониторинга ВятГГУ и Института биологии Коми НЦ УрО РАН, телефон/факс (8332) 37-02-77, e-mail: ecolab2@gmail.com; ecolab@vshu.kirov.ru.

Ответственный секретарь оргкомитета Светлана Юрьевна Огородникова. Технический секретарь оргкомитета Евгения Михайловна Кардакова.