



PARUS

ВЕСТНИК

**Института биологии
Коми НЦ УрО РАН**

Издается
с 1996 г.

№ 10 (120)

2007 - ГОД 45-ЛЕТИЯ ИНСТИТУТА БИОЛОГИИ

В н о м е р е

СТАТЬИ

- 2 Трансформация свойств подзолистых почв подзоны средней тайги при освоении и окультуривании. **В. Канев, В. Мокиев**
- 9 Изучение распределения концентраций тяжелых металлов в стоке сухих аэрозолей из приземной атмосферы в лесные экосистемы. **М. Тентюков, Б. Кондратенко**
- 13 Экстракционно-хроматографическое определение галогензамещенных фенолов в водных средах. **И. Груздев, Б. Кондратенко**
- 17 Полициклические ароматические углеводороды: состав, критерии оценки загрязнения почв в условиях техногенеза. **В. Безносиков, Б. Кондратенко, Д. Габов, Е. Яковлева**

СООБЩЕНИЯ

- 22 Новые подходы к оценке и прогнозу качества окружающей среды в районах промышленного освоения Севера. **Г. Русанова**
- 26 Торфяные ресурсы Республики Коми. **В. Мокиев**
- 29 Аналитические возможности хромато-масс-спектрометра TRAGE DSQ. **И. Груздев, Б. Кондратенко**
- 34 «X-Ray Lab»: программный аналитический комплекс на базе спектрометра VRA-33. **С. Бакашкин**

КОНФЕРЕНЦИИ

- 37 Международная конференция «Криогенные ресурсы полярных регионов». **Е. Жангуров**
- 39 Информация о IV съезде Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов. **Е. Сундуков**

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. М.М. Долгин, д.б.н. Т.И. Евсеева, к.б.н. В.В. Елсаков, д.б.н. С.В. Загирова, к.б.н. К.С. Зайнуллина, к.х.н. Б.М. Кондратенко, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. С.П. Маслова, к.б.н. С.Н. Плюсин, к.б.н. Е.А. Порошин, к.э.н. Е.Ю. Сундуков, к.б.н. И.Ф. Чадин, к.б.н. Т.П. Шубина

ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ПОДЗОНЫ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ПРИ ОСВОЕНИИ И ОКУЛЬТУРИВАНИИ



к.с.-х.н. **В. Канев**
с.н.с. отдела почвоведения
E-mail: kazakov@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15



к.с.-х.н. **В. Мокиев**
с.н.с. отдела почвоведения
E-mail: mokiev@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы: *мелиоративное почвоведение*

Введение

Освоение и окультуривание земель в таежной зоне приводит к глубоким изменениям строения почв, их режимов. В частности, происходит перемешивание органогенных и элювиальных горизонтов, уплотнение и разрушение агрегатов верхних горизонтов почв [6, 15, 30], меняются температурный и водный режимы, химические свойства почв [22-24]. Сведение древесной растительности, важной составляющей транспирации влаги, усиливает процессы переувлажнения и оглеения почвенной толщи. Антропогенный фактор в значительной степени начинает влиять на развитие почв [8, 10, 17, 18]. Наряду с аккумулятивными процессами при распахивании, внесении органических и минеральных удобрений, возделывании многолетних и однолетних культур (формирование гомогенного агрогенно-преобразованного горизонта и др.) развиваются часто негативные изменения почв и почвенного покрова (эрозия, уплотнение, оглеение, загрязнение). Эти изменения различны на плакоре и склонах [20, 31, 32]. Широкий спектр взаимосвязанных аккумулятивных, элювиальных и глеевых мезо- и микропроцессов в пахотных почвах средней подзоны тайги осложняется еще и мерзлотными явлениями. На освоенных склонах формируются промоины, на выположенных плакорах появляются неглубокие округлые западины, происхождение которых связывают с элювиально-глеевыми процессами [3]. Очаги поверхностного заболачивания вызывают искажение конфигурации контуров прилегающих к ним пахотных почв, усиливают мелкоконтурность и кислотность почв, контрастность их продуктивности.

Цель данной работы – дополнить сведения о морфогенетических и физических изменениях в почвах на покровных суглинках после освоения, раскрыть основные черты измененного хозяйственной деятельностью теплового, водно-физического и химического режимов почв, скорость этих изменений. Для этого с 1993 г. изучаются: пространственная и временная трансформация водно-физических, химических и гидротермических свойств в катене подзолистых почв после освоения в подзоне средне тайги; соотношение и взаимосвязь аккумулятивных и деградирующих процессов в освоенных почвах на покровных суглинках в зависимости от климатичес-

ких условий года и вегетационного сезона; генетические особенности освоенных подзолистых почв поверхностного переувлажнения, возможное развитие в них педогенных процессов.

Объекты и методы

Наблюдения проводили в сопряженных топоэкологических рядах почв в еловом лесу и на пашне Дырносского стационара (координаты 61°39' с.ш., 50°45' в.д.), расположенном в 2.5 км западнее Сыктывкара. Участок представляет пологоволнистый увал из двух расположенных рядом частей: леса и пашни. Катена агродерново-подзолистых почв (в работе используется номенклатура «Классификации и диагностики почв России» [19]) располагается в 70-80 м от лесной, имеет те же топографические особенности и литологическое строение, что и катена целинных почв. Исходное состояние обеих частей участка одинаковое – пахотные почвы до 1967-1968 г. были заняты лесной растительностью. Это позволяет методически получать корректную информацию об изменении свойств почв при их сельскохозяйственном использовании. Абсолютная высота стационара 149 м. В морфологическом отношении выделяются следующие элементы мезорельефа: плакор, склон и долина руч. Дырнос. Плакорная часть осложнена микроповышениями площадью от 0.03 до 0.02 га и плоскими потяжинами [7] разнообразной формы с относительной разницей высот от 40 до 110 см. Склоны в верхней трети пологие (от 3 до 5°), ниже становятся покатыми – до 10°. В коллювиальной части и террасе вновь выполаживаются – до 3-5° и менее. Протяженность склонов колеблется от 200 до 300 м, перепад высот – 17 м. В верхней и средней частях склонов формируются ложбины, в нижней части они заплывают и мало выделяются на общем фоне склона. Склон заканчивается наклонной к ручью террасой шириной 25-40 м, здесь выклиниваются грунтовые ожелезненные воды. Растительность увала представлена еловым лесом III-IV класса бонитета с примесью березы, осины, пихты с мелкотравно-моховым или мелкотравным напочвенным покровом. Почвы формируются на покровных крупнопылеватых суглинках. Почвообразующие породы на обоих участках сходны. На однотипных элементах мезорельефа леса и пашни колебания, например, крупнопылеватых частиц и

физической глины не превышают 3-6 %. Почвенный покров достаточно разнообразный на плакоре (от подзолистой глубокооглеенной супесчаной с микропрофилем подзола до подзолистой глеевой легкосуглинистой) и более однотипный в склоновой части (преобладает дерново-подзолистая глубокооглеенная).

При проведении полевых и лабораторных исследований использованы методики, практические руководства и рекомендации [1, 2, 14, 26, 27]. Все показатели статистически обработаны [1, 26].

Морфология изученных почв

Подзолистые почвы рассмотрены ранее [17, 25]. Кратко отметим лишь их основные морфологические особенности в зависимости от расположения на микроэлементах рельефа (табл. 1). На гривах увала повсеместно отмечены подзолистые почвы с вложенным субпрофилем подзола. Профили таких почв, вскрытые разрезами, различаются по мощности оржавленной толщи (EL[hf]), интенсивности оржавления, соотношению оржавленных и белесых участков. В некоторых разрезах обнаружены фрагменты гор. AEL мощностью от 2 до 4 см. В межгривных понижениях и ложбинах формируются подзолистые глееватые почвы со значительными колебаниями мощности элювиального горизонта. В довольно редких западинах выявлены подзолистые глеевые почвы, у которых наиболее значительно варьирует мощность горизонта BELg. В средней части мезосклона формируются дерново-подзолистые почвы с хорошо развитым дерновым горизонтом, мощность которого сильно варьирует.

Агропочвы краевой части плакора и мезосклона претерпели значительные изменения в пределах верхних 30-40 см профиля. Буровато-серый агрогумусовый горизонт почвы гривы плакора значительно варьирует по мощности его в зависимости от глубины распахивания. Средняя мощность пахотного горизонта за период наблюдений составила 32 см, обобщенный (пространственно-временный) коэффициент вариации – 21 %. Последний менялся меньше по годам, только в 1999 и 2000 гг. пространственный коэффициент вариации мощности пахотного горизонта превышал обобщенный. В 1999 г. участок не использовался, а в 2000 г. был произведен посев многолетних трав. Под ним залегает субэлювиальный горизонт, светло-бурый с сизоватым оттенком, редко (1999 г.) элювиальный. Мощность горизонта BEL также значительно варьирует (табл. 2).

Сизовато-белесые пятна с прерывистой ржавой каймой сверху и сплошной снизу занимают до 20-25 % вертикального среза горизонта. Ниже, с 40 см, залегает тонкопористая текстурная толща, красновато-бурая с редкими (до 5 %) сизыми и ржавыми пятнами, тяготеющими к следам корней. Воду в профиле почвы в многоводном 1993 г. (обеспеченность 3 %) мы наблюдали до первых чисел июля. Во влажный 1994 г. 30-сантиметровый слой почвы был насыщен водой до 18 июня, в 1995 г. – до 18 мая, в 1997, 1998 гг. – до конца мая, в 2003 г. – до первой декады июля. В 1996, 1999-2002 гг. верховодка в

Таблица 1
Варьирование мощностей горизонтов подзолистых почв Дырносского стационара, см

Горизонт	Показатель		
	X ± m	n	V, %
Подзолистые с микропрофилем подзола почвы, гривы на плакоре			
AO	2.0 ± 0.3	13	56
AEL	2.0 ± 0.7	6	84
EL[e-hf]g	12.0 ± 1.9	8	44
BEL	19.0 ± 3.4	7	48
Верхняя граница BT	35.0 ± 4.1	10	37
Подзолистые глееватые почвы, межгривные понижения плакора			
AY	3.0 ± 0.4	7	23
Elg	18.5 ± 4.0	То же	58
BELg	24.5 ± 2.5	» »	27
Верхняя граница BTg	43.0 ± 1.6	» »	10
Подзолисто-глеевые типичные почвы, западины в ложбине			
AYg	2.0 ± 0.4	8	53
ELg	5.0 ± 1.0	4	44
BELg	25.0 ± 1.6	То же	13
Дерново-подзолистые глубокооглеенные, средняя часть мезосклона			
AY	3.0 ± 1.4	3	82
EL	12.0 ± 1.0	2	12
BEL	23.0 ± 2.1	4	18
Верхняя граница BT	41.0 ± 4.0	2	14

Примечание. Здесь и далее: X – выборочная средняя случайной величины, m – ошибка выборочной средней, n – объем выборки, V – коэффициент вариальности.

пахотном слое отсутствовала, и благоприятные условия увлажнения установились уже в первой декаде мая. Таким образом, агродерново-подзолистые глубокооглеенные почвы гривы плакора в течение пяти из 11 лет наблюдения были переувлажнены и условия увлажнения для развития культурных растений на них были неблагоприятными. Признаки оглеения в пахотной почве выражены сильнее, чем в почве, расположенной на аналогичной гриве в лесу, они усиливались в последующие годы наблюдений (1994-1995). В 1999 и 2001 гг. в этой почве усилились аккумулятивные и элювиальные процессы: в 1999 г. увеличение агрогумусового горизонта до 33 см сопровождалось формированием маломощного белесого с темно-коричневыми орштейнами элювиального горизонта. Текстурная толща не претерпела изменений за сравниваемый период.

В западинах увала формируется агродерново-подзолистая оглеенная легкосуглинистая почва. Признаки оглеения в ней выражены во всей толще, наиболее интенсивно – в поверхностных горизонтах P_g, EL_g. По профилю до 120 см много сизых пятен, марганцовистых примазок. В понижении наблюдали воду с поверхности в течение всего июня влажных 1993, 1994, 2003 гг. В относительно сухие летние периоды (1999, 2002 гг.) отмечено появление охристых пятен в пахотном горизонте. За период наблюдений средняя мощность пахотного горизонта составила 24 см, коэффициент вариации – 24 %.

Таблица 2

Варьирование мощностей горизонтов пахотных почв Дырносского стационара

Горизонт	Год	Показатель		
		X ± m, см	n	V, %
Агродерново-подзолистая глубокооглеенная, грива плакора				
P	1993	23.0 ± 0.7	6	8
	1994	23.0 ± 1.4	3	11
	1995	23.0 ± 1.6	3	12
	1996	23.0 ± 1.8	3	14
	1998	34.0 ± 2.8	3	14
	1999	33.0 ± 4.3	3	23
	2000	То же	3	23
	2001	36.0 ± 1.4	3	7
EL	1992	7.0 ± 1.4	3	4
	1993	19.0 ± 1.6	6	21
	1994	17.0 ± 2.0	3	21
	1999	4.0 ± 1.2	3	52
Агродерново-подзолистая глееватая, западина на плакоре				
Pg	1994	20.0 ± 1.1	6	14
	1995	24.0 ± 0.8	3	6
	1996	24.0 ± 1.8	3	13
	1997	38.0 ± 1.6	3	7
	1998	23.0 ± 3.2	3	24
	1999	17.0 ± 2.9	3	30
	2000	19.0 ± 3.4	3	31
	2001	24.0 ± 1.3	3	9
ELg	1994	10.0 ± 0.8	6	19
	1999	17.0 ± 1.4	3	15
BEIg	1994	16.0 ± 0.8	6	12
	1999	14.0 ± 1.2	3	14
Агродерново-подзолистая глубокооглеенная, мезосклон				
P	1993	16.0 ± 0.8	6	12
	1994	21.0 ± 1.2	3	10
	1995	21.0 ± 0.3	3	3
	1996	22.0 ± 2.2	3	8
	1998	26.0 ± 3.0	3	20
	1999	25.0 ± 3.8	3	26
	2000	25.0 ± 2.9	3	20
	2001	27.0 ± 1.4	3	9

Под ним сохранился элювиальный глеевый легко-суглинистый горизонт, мощность которого значительно увеличилась в 1999 г., сизовато-серый с обилием мелких черных ортштейнов. В лесу в аналогичном горизонте преобладали ржаво-бурые цвета. В субэлювиальной толще появилось много белесых языков, охристых пятен. Верхняя граница текстурной толщи в почве западины в среднем на 9 см ниже, чем в агродерново-подзолистой почве гривы увала. В этом плане рассматриваемая нами почва отличается от аналогичных почв западин южной подзоны тайги, где текстурная толща, напротив, выше, чем в прилегающих к западинам почвах [16]. Наличие тонких прослоек супеси в профиле почв средней подзоны тайги и близкое залегание западины к склоновой части катены обусловили интенсивное элювирование мелкодисперсных частиц из верхней части рассматриваемой нами почвы.

В средней части пологого склона формируется агродерново-подзолистая глубокооглеенная легко-суглинистая почва. В сочетании с ней в ложбинах и редких западинах формируются глееватые почвы, которые по мере продвижения к нижней части склона начинают преобладать. В пахотном слое много полустгнивших древесных остатков, редкие сизые пятна, мелкие конкреции, достаточно много комковатых непрочных агрегатов. Средняя мощность агрогумусового (пахотного) горизонта составила за период наблюдений 25 см, коэффициент вариации – 18 %. В последние годы (2002-2003 гг.) толщина пахотного слоя стала более стабильной. Нижележащая толща во многом сходна с почвой склона лесной катены. Условия увлажнения почв на склоне благоприятны: избыточное увлажнение в пахотном слое за 11 лет наблюдали только в мае 1997 и 2003 гг. В профиле почвы практически исчезли признаки оглеения, за исключением мелких черных и темно-коричневых ортштейнов в слое 33-49 см. В нижней выположенной части склона, на заболоченном щучково-осоковом лугу формируется дерново-глеевая почва. Под грубогумусовым оглеенным горизонтом мощностью 20 см залегает горизонт BELg с ослабленными признаками оглеения.

Таким образом, на пашне в результате интенсивного использования земель сохраняется контрастность почв различных позиций микро- и мезорельефа по морфохроматическим признакам. В глубокооглеенных почвах грив усиление аккумулятивных процессов сопровождается активизацией оглеения и элювирования: под пахотным слоем сохранился элювиальный горизонт. Возможно, элювированию способствует усиление переувлажнения в многолетнем развитии почвы в сравнении с аналогичными по условиям залегания лесным почвам. В глееватых почвах западин усиливаются признаки элювиально-глеевого процесса: в сокращающемся по мощности пахотном слое увеличивается количество охристых пятен, темно-коричневых ортштейнов; под ним развивается элювиальный оглеенный горизонт в результате интенсификации выноса вещества за пределы профиля, увеличивается общая толща элювирования. В пахотных почвах средней части склона усиливаются аккумулятивные процессы, признаки оглеения к 2003 г. почти исчезли, что, возможно, связано с лучшим оструктурированием почвенного профиля из-за более глубокого промерзания и длительного выращивания многолетних трав.

Физические и водно-физические свойства

Гранулометрический состав подзолистых и агродерново-подзолистых почв преимущественно легко-суглинистый крупнопылеватый (табл. 3). Максимум пространственной изменчивости наблюдается в подпахотном слое агродерново-подзолистых почв, что согласуется с их морфологической неоднородностью субэлювиального горизонта: здесь обнаруживаются фрагменты как элювиального, так и иллювиального горизонтов. Так, коэффициент вариации (V) содержания ила, среднепылеватых и мелкопылеватых частиц в подпахотном горизонте по

Таблица 3

Гранулометрический состав пахотных почв
Дырносского стационара, %

Год	Горизонт	Глубина, см	Размер частиц, мм					КДИ	
			0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	менее 0.001		
Агродерново-подзолистая агрогетерогенная глубокооглеенная, грива на плакоре (разрез № 1)									
1992	P	1-10	25	55	5	5	10	2.6	
	Pg	10-20	26	51	6	7	10	2.6	
	BElg	20-30	17	53	3	5	22	1.2	
1995	P	0-25	29	48	5	0	18	1.4	
	BElg	25-32	37	36	6	5	16	1.6	
	BT1g	40-50	16	38	18	7	21	1.3	
1999	BT2g	65-75	28	37	5	4	26	1.0	
	P	0-20	22	53	8	7	10	2.7	
		20-33	18	57	6	7	12	2.2	
	ELg	33-38	17	54	7	11	12	2.2	
	BT1	38-50	13	47	7	8	25	1.1	
	BT2	60-70	12	46	4	6	32	0.8	
		80-90	15	47	6	5	27	1.0	
Агродерново-подзолистая агрогетерогенная глееватая легкосуглинистая, западина (разрез № 2)									
1992	Pg	0-10	27	49	8	6	11	2.7	
		10-20	24	57	6	5	8	4.1	
1995	Pg	0-24	17	58	7	5	13	2.3	
		ELg	25-35	18	61	3	5	13	2.3
1999	Pg	35-48	22	59	1	7	11	2.7	
		0-17	19	54	5	7	15	2.1	
	ELg	20-30	16	58	8	6	12	2.7	
	BElg	35-45	38	40	7	7	7	4.6	
	BT1g	50-60	14	55	7	9	15	2.1	
		70-80	17	39	6	6	32	1.0	
Агродерново-подзолистая агрогетерогенная глубокооглеенная, мезосклон (разрез № 3)									
1992	P	0-10	22	51	2	10	15	1.3	
		10-20	20	50	7	8	15	1.3	
		20-30	29	46	9	8	9	2.2	
1995	BElg	0-26	25	48	5	12	10	2.0	
		30-40	24	56	6	2	12	1.7	
		BT1g	55-65	20	52	3	7	17	1.2
		BT2	75-104	23	44	8	5	20	1.0
1999	P	0-15	17	50	6	8	18	1.3	
		15-30	16	52	6	8	20	1.2	
		BElg	35-45	20	46	7	8	19	1.3
		BT1	49-76	30	36	5	6	23	1.0
	BT2	76-110	19	47	4	6	24	1.0	

Примечание: КДИ – коэффициент дифференциации ила [34]. Частицы размером 1.00-0.25 мм отсутствуют во всех горизонтах.

трем определениям достигает 83, 43 и 33 % соответственно [17]. Довольно изменчив и ГС нижней части пахотного слоя (10-20 см) по содержанию мелкопылеватых ($V = 64\%$) и среднepyлеватых ($V = 30\%$) частиц. В этом слое стабилизируется содержание ила ($V = 7\%$). В глееватых почвах западин коэффициент вариации средне- и мелкопылеватых частиц в пахотном слое составляет 54-59 и 16-24 % соответственно. Тождественно варьирует содержание средне- и мелкопылеватых частиц и в почвах склона ($V = 38-59$ и $20-23\%$ соответственно). В них, в сравнении с почвами плакора, увеличивается до 18 % коэффициент вариации мелкопесчаных частиц в слое 0-10 см, что, возможно, связано с развитием эрозионных процессов на склоне.

При значительной изменчивости содержания гранулометрических частиц в рассматриваемом пространстве пахотных почв следует отметить тождество в содержании в профиле почв иловатых и крупнопылеватых частиц, коэффициенты вариации во всем ряду наблюдаемых почв, за исключением подпахотных слоев, не превышают 11-12 %. За период наблюдений отмечено незначительное утяжеление пахотного слоя агродерново-подзолистой глубокооглеенной почвы за счет иловатых частиц. Так, содержание физической глины (частиц <0.01 мм) в сравниваемом слое 0-20 см увеличилось с 20 до 22 % (1992 г.) и до 25 % (1999 г.), содержание ила – с 5 до 10 % (1992 г.). В последующие годы (1996-1999) с достаточно холодными зимами параметры иловатых и крупнопылеватых частиц стали сходными с показателями их в 1992 г. Но в нижней части текстурной толщи в 1999 г. наблюдали значительное повышение содержания ила и физической глины, что, по-видимому, связано с интенсивным выносом тонкодисперсных частиц из верхних горизонтов. Профиль их приобрел четкий элювиально-иллювиальный характер, что мы не наблюдали в лесу. Плантажная вспашка глубиной до 30-40 см на плакоре в 1997 г. резко активизировала элювиальные процессы в агрогумусовом и элювиальном горизонтах. В глееватой почве западины содержание ила в пахотном слое стабильно увеличивалось за весь период наблюдений. По-видимому, это обусловлено намывом тонкодисперсных частиц в западину в периоды снеготаяния и выпадения обильных осадков. Но значительно увеличился вынос ила из подпахотного горизонта, достигая величин, характерных для глееватых почв леса. Элювиирование охватывает толщу в 65-70 см – накопление ила обнаруживается на глубине 70-110 см. Практически весь профиль их по илу к 1999 г. стал элювиальным, этому способствует наличие тонкой прослойки (или гнезд)

легкой супеси на глубине 55-65 см, обнаруженной в 1995 г. в одной из частей западины (табл. 3). В почвах склона изменения в содержании ила в пахотном слое были разнонаправленными по годам. Так, в 1995 г. (после периода мягких зим) содержание ила в них уменьшилось, но значительно возросло в 1999 г. Профиль их по илу приобрел слабо-выраженный элювиально-иллювиальный характер (значительное накопление ила на глубине 40-70 см наблюдали за период 1993-1999 гг.). По сравнению

ет соответственно -0.49 ± 0.33 и 0.68 ± 0.20 ($P = 0.80$ и 0.99 соответственно). В пахотном и подпахотном слоях почв склона γ между ПС и ППВ составляет -0.64 ± 0.21 и -0.78 ± 0.28 ($P = 0.99$ и 0.95 соответственно). Физические свойства чрезвычайно динамичны, но в то же время обладают высокой буферностью, сформировавшейся длительным процессом гипергенеза [15].

Валовой химический состав

Валовой химический состав элементов агродерново-подзолистых почв в основном сходен с подзолистыми исходными почвами, однако наблюдаются изменения в содержании некоторых оксидов по профилю. Так, в пахотной почве гряды элювиальная толща в 1999 г. увеличивается до 38 см (в почвах леса – 25 см) при одновременном ослаблении процесса элювирования: молекулярные отношения $SiO_2:R_2O_3$ составляют 10.4-12.0.

В оглеенной почве западины толща элювирования практически не меняется, а в почвах склона в сравнении с почвами леса даже сокращается. Вынос железа в глубокооглеенной почве плакора в сравнении с лесными почвами на грядках значительно ослабевает и только после холодных зим (1999 г.) наблюдается значимое перераспределение железа по профилю с аккумуляцией его на глубинах 70-120 см. В депрессиях плакора валовое содержание железа даже в элювиально-глеевом горизонте в полтора раза больше, чем в соответствующем горизонте на его грядке. Количество железа уменьшается в текстурной части профиля в сравнении как с почвой пашни, так и с глееватой почвой леса. Значительное накопление железа на глубине 100-110 см западины установлено в 1999 г. По-видимому, с боковым током воды и выносом с ним ила железо постепенно переходит в микро- и мезодепрессии, а здесь подвергается элювиально-иллювиальному перераспределению в профиле почвы. Размеры выноса всех оксидов, в том числе алюминия и калия, увеличиваются в оглеенных почвах западины, где облегченность гранулометрического состава по профилю почвы обеспечивает интенсивное элювирование элементов в условиях промывного водного режима. В холодные летние периоды (1999 г.) увеличивается вынос железа и уменьшается вынос кальция, что согласуется с активизацией оглеения в такие годы.

В глубокооглеенных почвах склона вынос оксидов магния, железа и алюминия ослаблен в сравне-

нии с почвами плакора. Возможно, элювирование их уравнивается латеральным привносом с верхних позиций склона.

В подпахотных горизонтах почв агроценоза размеры выноса оксидов уменьшаются. Исключение составляют оглеенные почвы западины, где размеры выноса железа и магния нередко превышают параметры их в пахотном горизонте.

В катене пахотных почв сохраняются основные закономерности распределения элементов, характерные для почв леса [34]. Отличие заключается в увеличении содержания железа, калия и магния в пахотном слое глубокооглеенной почвы гряды, уменьшении содержания SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MnO , выравнивании содержания P_2O_5 , Na_2O , сокращении крайних вариантов оглеения на вершине увала, ослаблении элювирования и большей выраженности аккумулятивных процессов в пахотном слое, а также у подножия склона. В значительной мере это обусловлено вовлечением в пахотный слой низкоплодородной элювиальной, элювиально-иллювиальной части профиля исходных почв. В глееватой почве западины на пашне наблюдается увеличение содержания Fe_2O_3 , MgO , Al_2O_3 , MnO , уменьшение содержания SiO_2 , K_2O , CaO , Na_2O , выравнивание содержания фосфора.

В глубокооглеенной почве склона прослеживается увеличение содержания Al_2O_3 , MgO , Na_2O , уменьшение содержания Fe_2O_3 , CaO , P_2O_5 , Na_2O , стабилизация содержания SiO_2 , MgO , MnO .

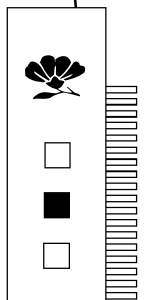
Химические и физико-химические свойства

Химические свойства пахотных почв участка показывают, что даже при длительном окультуривании они сохраняют многие свойства, присущие их целинным аналогам по местоположению (сильнокислую реакцию среды, высокую гидролитическую кислотность, низкую степень насыщенности основаниями). В значительной мере это обусловлено вовлечением в пахотный слой элювиальной, элювиально-иллювиальной части профиля целинных почв. Кислотность почв остается высокой даже в пахотном горизонте, несмотря на внесение извести в первых декадах мая 1995 г. и июня 1998 г. Незначительное понижение актуальной кислотности пахотного слоя почвы гряды плакора до 5.2 наблюдали только в 1999 г., в 2000 г. рН солевой вытяжки его составил 4.0. Значительная изменчивость этих показателей была установлена ранее другими

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Коллективы Института биологии и геологии сердечно поздравляют д.б.н. **Инну Борисовну Арчegovу**, ведущего научного сотрудника отдела почвоведения, с награждением медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени за достигнутые трудовые успехи и многолетнюю плодотворную работу!

Указ Президента Российской Федерации № 1244 от 24 сентября 2007 г.



исследователями [12, 13, 37, 38]. Наблюдается неясно выраженная тенденция усиления кислотности в менее влажные годы.

Выводы

1. Освоение подзолистых почв в подзоне средней тайги сопровождается изменением морфологического и физического состояний в пределах верхних 30-40 см, усилением переувлажнения и оглеения почв плакора. Свойства почв ухудшаются по всем параметрам в первые годы после освоения: уплотняются пахотные и подпахотные слои, вовлекаются в пахотооборот глыбы субэлювиального горизонта. Негативные проявления ослаблены в почвах мезосклона.

2. Окультуривание почв со временем способствует гомогенизации пахотного слоя на повышениях плакора и склоне. Под влиянием освоения, окультуривания и криогенеза наблюдается утяжеление пахотного слоя за счет мелкопылеватых частиц, а также накопление ила в текстурном горизонте.

3. В депрессиях рельефа оподзоливание сочетается с оглеением, связанным со слабозастойным водным режимом, в результате интенсивность разрушения и перераспределения мелкозема (в том числе и вертикального) возрастает, мощности элювиальных горизонтов увеличиваются.

4. В почвах склонов в условиях латерального подтока воды и элементов питания активно протекают аккумулятивные процессы, но на пашне одновременно усиливаются эрозионные и глеевые процессы в ложбинах стока.

5. Физические показатели почв подвержены значимому воздействию мерзлотных процессов, которые опосредованно влияют и на перераспределение оксидов железа: снижается плотность почв в промерзающей и увеличивается под промерзающей частью профиля, после холодных зим увеличивается вынос железа.

6. Экстенсивное использование подзолистых почв после освоения не приводит к сколь-нибудь значительному изменению химических свойств почв, за исключением содержания гумуса и подвижного фосфора. Сохраняется высокая кислотность почв, невысокое содержание обменных оснований и подвижного калия; эти признаки значительно колеблются в пространстве и во времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрофизические методы исследования почв / Под ред. С.И. Долгова. М.: Наука, 1966. 259 с.
 2. Аринцуккина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 481 с.
 3. Ахтырцев Б.П. Особенности почв западин Среднерусской возвышенности и Тамбовской равнины // Почвоведение, 1974. № 9. С. 14-26.
 4. Безносиков В.А. Воздействие органических удобрений на основе лигнина на состав гумуса и нитрификацию // Проблемы включения отходов гидролизного производства в биологический круговорот веществ. Сыктывкар, 1989. С. 50-65. – (Тр. Коми НЦ УрО РАН; № 106).

5. Безносиков В.А. Методы повышения плодородия почв Республики Коми // Научные основы рационального использования сельскохозяйственных территорий северо-востока европейской части России: Матер. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения А.В. Журавского. Сыктывкар, 2002. С. 142-145.

6. Бондарев А.Г. Проблема регулирования физических свойств почв при интенсивном земледелии // Почвоведение, 1988. № 9. С. 64-70.

7. Втюрин Г.М., Певный А.А. Компоненты почвенного покрова средней тайги и их кислотно-основные свойства в зависимости от степени гидроморфизма // Эколого-генетические аспекты почвообразования на европейском Северо-Востоке. Сыктывкар, 1996. С. 18-42. – (Тр. Коми НЦ Уро РАН; № 146).

8. Генетическая концепция пахотных горизонтов и опыт их типизации / Н.А. Караваева, И.И. Лебедева, Е.Б. Скворцова и др. // Почвоведение, 2003. № 12. С. 1413-1421.

9. Герасимова М.И. К характеристике поверхностного оглеения дерново-подзолистых почв // Почвоведение, 1981. № 3. С. 14-20.

10. Глазовская М.А. Антропогенная трансформация факторов и механизмов изменения запасов гумуса в толще пахотных почв // Проблемы эволюции почв: Матер. IV Всерос. конф. Пушино, 2003. С. 201-210.

11. Гусев В.В. Следы криогенного выветривания в профиле почвы на моренных суглинках Московского оледенения // Вестн. МГУ, 1991. Сер. 17. Почвоведение. № 4. С. 10-17.

12. Забоева И.В., Русанова Г.В. Пространственное варьирование некоторых химических и физико-химических свойств сыльноподзолистых и глееподзолистых почв Коми АССР // Почвоведение, 1972. № 12. С. 124-128.

13. Заболоцкая Т.Г. Пестрота агрохимических свойств пахотных подзолистых почв и изменение их под влиянием удобрений // Современные процессы в подзолистых почвах северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1970. С. 153-163.

14. Зайдельман Ф.Р. Режим и условия мелиорации заболоченных почв. М., 1975. 320 с.

15. Изменения физических свойств дерново-подзолистых почв в условиях многолетнего лизиметрического опыта / А.Д. Воронин, Е.В. Шейн, Т.Н. Початкова и др. // Вестн. МГУ, 1996. Сер. 17. Почвоведение. № 3. С. 28-39.

16. Канев В.В., Казаков В.Г. Оглеенные почвы западин в агроценозах бассейна р. Летка (Республика Коми) // Почвоведение, 2006. № 6. С. 645-656.

17. Канев В.В., Мокиев В.В. Агродерново-подзолистые почвы северо-востока Русской равнины. СПб.: Наука, 2004. 228 с.

18. Караваева Н.А. Агрогенные почвы, условия среды, свойства и процессы // Почвоведение, 2005. № 12. С. 1518-1529.

19. Классификация и диагностика почв России / Сост. Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева и др.; под ред. Г.В. Добровольского. Смоленск, 2004. 342 с.

20. Козловский Ф.И., Сорокина Н.П., Травникова Л.С. Агрогенная динамика почв и микрорельефа склонов в Подмосковье // Генезис, география и картография почв. М., 2000. С. 119-151.

21. Кононенко А.В. Физические свойства подзолистых почв и их плодородие // Продуктивность подзолистых почв северо-восточной части нечерноземной зоны. Сыктывкар, 1989. С. 46-55. – (Тр. Коми НЦ УрО АН СССР; № 103.)

22. Копысов И.Я. Изменение качества почв северо-востока Нечерноземья под влиянием антропогенного воздействия. Киров, 2002. 240 с.

23. Левин Ф.И. Вопросы окультуривания, деградации и повышения плодородия пахотных почв. М.: Изд-во МГУ, 1983. 94 с.

24. Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф., Овчинникова М.Ф. Устойчивость созданного длительным применением агрохимических средств плодородия дерново-подзолистой почвы // Агрохимия, 2003. № 2. С. 5-9.

25. Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР. Л.: Наука, 1980. 301 с.

26. Принципы организации и методы стационарного изучения почв / Под ред. А.А. Роде. М.: Наука, 1976. 414 с.

27. Растворова О.Г. Физика почв. Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 192 с.

28. Роде А.А. Подзолообразовательный процесс. М.: Изд-во АН СССР, 1937. 454 с.

29. Симонов Г.А. Изменение морфологических свойств и аналитических показателей по профилю подзолистой почвы // Таежные почвы Коми АССР и их плодородие. Сыктывкар, 1985. С. 52-59. – (Тр. Коми фил. АН СССР; № 71).

30. Слобода А.В. Изменения в содержании и составе органического вещества при окультуривании

подзолистых почв // Современные процессы в подзолистых почвах северо-востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1970. С. 85-91.

31. Сорокина Н.П. Принципы типизации почвенных комбинаций при изучении агрогенных изменений почвенного покрова // Почвоведение, 2005. № 12. С. 1477-1488.

32. Сорокина Н.П. Элементарные почвенные структуры пахотных земель. Опыт картографирования // Почвоведение, 2000. № 2. С. 158-168.

33. Суворов А.К. Особенности миграции органических и минеральных веществ в пахотных дерново-подзолистых почвах // Почвоведение, 1974. № 2. С. 3-10.

34. Тонконогов В.Д. Глинисто-дифференцированные почвы европейской России. М., 1999. 156 с.

35. Тюлин А.Ф. Вопросы почвенной структуры в лесу (о механизме накопления гумуса в почве под лесом) // Почвоведение, 1955. № 1. С. 33-44.

36. Тютюнов И.А. Процессы изменения и преобразования почв и горных пород при отрицательной температуре (криогенез). М.: Изд-во АН СССР, 1960. 144 с.

37. Шилова Е.И. О качественном составе лизиметрических вод целинной и окультуренной разновидностей подзолистых почв по данным пятилетних исследований // Почвоведение, 1959. № 1. С. 17-25.

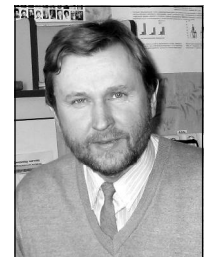
38. Mann L.K. A regional comparison of carbon in cultivated and uncultivated Alfisols and Mollisols in the continental United States // Geoderma, 1985. Vol. 36. P. 241-253. ❖

**ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В СТОКЕ СУХИХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ В ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ**



к.г.н. **М. Тентюков**
с.н.с. отдела радиэкологии
тел. (8212) 43 63 01

Научные интересы: *геохимия атмосферы, геохимия ландшафтов*



к.х.н. **Б. Кондратенко**
зав. экоаналитической лабораторией
E-mail: kondratenok@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 50 12

Научные интересы: *аналитическая химия органических соединений, хроматографические методы анализа объектов окружающей среды*

Поступление металлов в составе загрязняющих веществ (ЗВ) из атмосферы в лесные экосистемы вызывает нарушение средообразующих и средозащитных функций лесов [7], поэтому оно становится приоритетным фактором, определяющим состояние лесов на территории, прилегающей к промышленным районам [10, 15]. Во многом это обусловлено тем, что лесная растительность, взаимодействуя с компонентами атмосферы, способствует их миграции в лесные экосистемы [14]. Известно, что существуют два основных пути поступления вещества из атмосферы в растение – газообмен и адсорбция листовой пластинкой. Механизм послед-

ного тесно связан с осаждением пыле-аэрозольных частиц. Отмечается, что на поверхности листьев может накапливаться от 13 до 53 % общего количества вещества, аккумулированного растением [17]. Традиционно химический состав атмосферных выпадений, удержанных растением, изучают путем получения поверхностных смывов [3, 8] и сбором дождевых осадков, прошедших сквозь крону [13, 14]. Применяемые схемы опробования атмосферных выпадений исключают возможность изучения химического состава сухих аэрозолей. Наряду с этим существуют методы изучения загрязнения атмосферы, в которых отбор проб аэрозолей осуще-

ствляется с помощью аспирационных установок [11]. В них аэрозоли улавливаются из воздушного потока, который прокачивают сквозь специальные фильтры. В другом типе аспирационных установок – импакторах [12, 16] – воздушный поток последовательно проходит через несколько сопел уменьшающихся размеров. О загрязнении судят на основании качественной (выявляют тяжелые металлы-индикаторы, осевшие в составе аэрозольных частиц на сорбенте) и количественной оценок (соотносят концентрацию металлов, удержанных сорбентом, и массу прокачанного воздуха сквозь материал сорбента). Полученные результаты (мкг/м³) сравнива-

ют с фоновыми величинами или значениями ПДК. При данном подходе также невозможно выделить сухие аэрозоли и вести наблюдения за изменением в них концентраций тяжелых металлов. Вместе с тем в общем объеме атмосферных осадков доля сухих аэрозолей составляет 10÷20 % [5], а содержание в них загрязняющих веществ на 15-20 % выше, чем во влажных [16]. Поэтому изучение концентраций тяжелых металлов в стоке сухих аэрозолей является весьма актуальным.

Цель данной статьи – изучить особенности распределения концентраций тяжелых металлов в стоке сухих аэрозолей из приземной атмосферы в лесную экосистему и оценить информативность нового способа сбора сухих аэрозолей для решения экологических задач.

Сущность способа

При осаждении ЗВ атмосферными осадками различают две стадии: облачное и подоблачное вымывание [6]. На стадии облачного вымывания ЗВ служат ядрами конденсации для образования капель облаков либо «захватываются» ими. В результате последнего в облачной капле собираются растворимые и нерастворимые субдисперсные частицы, что увеличивает минерализацию капли. Одновременно при турбулентном перемешивании идет активный обмен между аэрозольной средой воздушной массы и образующимися облаками [9]. Процесс сопровождается укрупнением облачных капель, после которого они начинают двигаться вниз, выпадая из облака уже в виде дождевых капель. Вместе с тем тщательно выполненные эксперименты показали, что аэрозольные частицы с размерностью 0.01-0.30 мкм практически не вымываются из атмосферы [2]. Для них основной механизм выведения из приземной атмосферы – сухое осаждение. При этом скорость их осаждения не зависит от силы тяжести и определяется только градиентом температур и концентраций в пограничном слое [6, 16].

При характеристике механизма сухого осаждения различают сухое осаждение при турбулентной диффузии и при гравитационной седиментации. Применительно к последнему отмечается, что седиментацией можно пренебрегать для частиц с радиусом до

10 мкм, если в атмосфере происходят процессы конвективного и адвективного переноса воздушных масс [5]. Для них процесс выведения из атмосферы описывается законом Стокса [12], который устанавливает соотношение между скоростью осаждения частиц, силой тяжести и аэродинамического сопротивления.

Известно, что при обтекании воздушным потоком препятствия у поверхности его скорость сильно изменяется, образуется так называемый «пограничный слой»; если на внешней границе этого слоя величину скорости обозначить через v , то в пограничном слое скорость воздушного потока резко падает – от v до 0. Данное снижение происходит за счет трения о поверхность. В зависимости от распределения скорости v пограничный слой может быть ламинарным и турбулентным. В ламинарном пограничном слое распределение скорости воздушного потока изменяется линейно: от 0 на твердой поверхности до v – на границе слоя с воздушным потоком. При увеличении скорости воздушного потока ламинарный слой переходит в турбулентный, но ламинарный поток сохраняется в виде небольшого подслоя у твердой поверхности. Для турбулентного пограничного слоя характерно нелинейное распределение скорости воздушного потока.

Пограничный слой оказывает существенное влияние на сухое осаждение загрязняющих веществ из воздушного потока на поверхность. Перемещение воздуха в пограничном слое сопровождается молекулярным перемешиванием – турбулентной диффузией. Оно возникает при наличии температурного градиента (термофореза) [5], обусловленного различием температур воздушного потока и поверхности. Осаждение частиц возможно в том случае, если температура поверхности будет ниже температуры воздуха в пограничном слое. Известно, что воздух «прозрачен» для солнечной радиации, поэтому его температура зависит от нагрева частиц, а нагревание последних, в свою очередь, – от интенсивности солнечной радиации. Следовательно, чем больше частиц в пограничном слое, тем выше его температура, тем активней идет молекулярное перемешивание: при нагреве частиц часть их кинетической энергии передается молекулам воздуха. При

этом число соударений возрастает, и частицы могут контактировать с поверхностью и удерживаться на ней. Силы, которые обеспечивают такой контакт, называются адгезией [4]. Адгезии всегда предшествует адсорбция, сопровождающаяся изменением концентрации вещества на границе раздела фаз. Процесс идет на различных межфазовых поверхностях и адсорбироваться могут любые вещества. При этом адсорбционное равновесие, т.е. равновесное распределение вещества между пограничным слоем и граничными фазами, является динамичным и быстро устанавливается.

При турбулентном осаждении частицы могут контактировать не только с поверхностью, но и между собой. Между частицами возникает связь, которая называется аутогезией [4]. Если силы взаимодействия между двумя частицами больше, чем при взаимодействии между частицей и поверхностью, то силы аутогезии начинают доминировать и частицы укрупняются. В этом случае на осаждение частиц в пограничном слое начинают влиять уже силы гравитации. При контакте частицы с поверхностью между ними появляется прослойка жидкости, и образующийся мениск жидкости «притягивает» частицу к поверхности и удерживает ее. Прослойка жидкости появляется за счет капиллярной конденсации, т.е. конденсации паров в жидкости при давлении, которое меньше давления насыщенного пара. Необходимым условием для образования капиллярной прослойки является гидрофильность контактирующих поверхностей. Проявление капиллярности в зоне контакта частиц может наблюдаться уже при относительной влажности более 50 %, а при влажности 70 % и выше именно капиллярные силы обуславливают величину адгезии частиц [4].

Оборудование и методика

Для сбора сухих аэрозолей было сконструировано специальное устройство¹. В общем виде оно представляет собой перевернутый цилиндр, в который определенным образом закладывается депонирующий субстрат из гидрофильных материалов с известными сорбционными характеристиками. Конструкция устройства защищает сорбент от дождя. Для его установки в лесу можно использовать де-

¹ По результатам модельных экспериментов подготовлена заявка № 2005141282 на изобретение «Способ сбора сухих аэрозолей для контроля окружающей среды и устройство для его осуществления», приоритет от 28.12.2005.

ревья или высокий кустарник, а в пределах городских территорий – кронштейны или выступающие детали зданий и инженерных сооружений. Из-за различий в теплоемкости материалов депонирующего субстрата и устройства при воздействии солнечной радиации во внутреннем объеме устройства возникает температурный градиент, а конструктивные детали обеспечивают условия для формирования конвективных и турбулентных потоков воздуха и, как следствие, появления пограничного слоя над субстратом. В результате внутри устройства возникает высокая вероятность осаждения сухих аэрозолей из пограничного слоя на поверхность сорбента.

Для экспериментальной проверки устройства был организован сбор сухих аэрозолей на ключевом участке, расположенном в 10 км к северу от Сыктывкарского лесопромышленного комплекса. Выбранный участок расположен в густом хвойно-лиственном лесу разнотравно-зеленомошного типа, возникшем на месте вырубki лесного массива при строительстве комплекса. Средняя высота древостоя, в котором преобладает ель, 10-12 м. Подрост представлен березой и елью разной высоты, среди ели много сухостоя. Подлесок состоит из рябины и березы. Устройства устанавливали на деревьях на высоте 0.6-2.0 м. Депонирующий субстрат – бумажные обеззоленные фильтры «белая лента» диаметром 11 см. В каждое устройство закладывали десять фильтров. Сбор аэрозолей проводили в течение четырех месяцев с 14 мая по 22 августа 2005 г. Вначале было установлено 20 устройств, но затем, в связи с расширением площади наблюдений за счет участка с молодым подростом на месте вырубki, их число увеличили до 40. Периодичность замены депонирующего субстрата в устройствах обусловлена задачами исследования. Замену субстрата производили без снятия устройств, поэтому их местоположение не менялось в течение всего эксперимента.

Химические анализы водных и азотнокислых вытяжек, полученных из экспонированных фильтров, выполнены сотрудниками аккредитованной лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН по аттестованным методикам количественно-

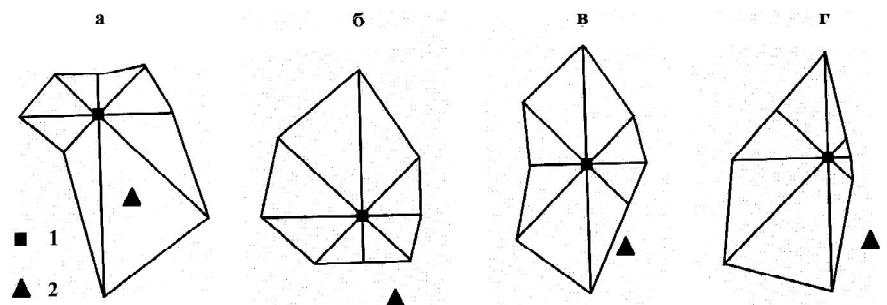
го химического анализа (аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.511257). В водорастворимой фракции сухих аэрозолей K^+ и Na^+ определяли методом пламенной фотометрии, Ca^{2+} и Mg^{2+} – атомной адсорбции, HCO_3^- и Cl^- – титриметрии, SO_4^{2-} – турбиметрии. Количественный химический анализ минеральной фазы сухих аэрозолей для определения в них концентраций тяжелых металлов осуществляли из водной и кислотной вытяжек методом индуктивно связанной плазмы. Погрешность анализа – 8-10 %. Атомно-эмиссионный метод с индуктивно связанной плазмой достаточно информативен, поскольку позволяет одновременно в одних и тех же условиях из одной аликвотной части анализируемого раствора определять химические элементы, концентрации которых могут различаться на порядки. Это дает возможность получить общее представление о распределении элементов в аэрозолях, различающихся по своей геохимической активности. Для достижения предела обнаружения фильтры из устройств объединяли в отдельные пробы, из которых затем готовили водные и кислотные вытяжки $\omega(HNO_3) = 5\%$. Фильтры выдерживали в растворе 24 ч. Для учета химической неоднородности сорбционного материала в каждую партию анализируемого материала включали «холостые» пробы – чистые фильтры из той же пачки, что и фильтры, установленные в устройства. Содержание исследуемых компонентов в растворе определяли в единицах массовой концентрации ($мг/дм^3$ или $мкг/дм^3$). В качестве сравниваемого параметра был выбран показатель, характеризующий массовую концентрацию металла в пересчете на 1 г фильтров.

Результаты и их обсуждение

Изменчивость химического состава аэрозолей в приземном слое воздуха

Как следует из данных табл. 1, за десять дней экспонирования устройств содержание химических компонентов водорастворимой фракции аэрозолей оставалось на уровне «холостой» (контроль) пробы. Предполагается, что это было обусловлено теплой погодой и невысокой относительной влажностью. В ходе продолжения эксперимента изменились метеосостояния²: направление ветра (см. рисунок) с южных румбов (а) сменилось на преимущественно северные (б)³; повысилась относительная влажность воздуха. Если значения концентраций ионов в водной вытяжке в «сухой» период между «опытом» и «контролем» варьировали в пределах погрешности анализа (табл. 1, пробы 1, 2), то во «влажные» периоды – различия возрастали. Так, концентрации анионов HCO_3^- , Cl^- возросли на 20-40 %, а SO_4^{2-} – почти в три раза (табл. 1, пробы 3, 4). Доля катионов в водной вытяжке по отношению к контролю тоже увеличилась: для Ca^{2+} и Mg^{2+} на 30 %, для K^+ повышение составило более чем в два раза (табл. 1, пробы 2-3).

Иная картина наблюдается в распределении тяжелых металлов в азотнокислой вытяжке. Их содержание в пробах сухих аэрозолей, взятых в «сухой» период, значительно превышали контроль (табл. 2, пробы 1, 2). Так, для Zn и Al значения различались на порядок, для Fe, Mn, Ni, Cu – в 1.5-4 раза. Однако с увеличением относительной влажности концентрация этих металлов в азотнокислой вытяжке снизилась, что заметно для Al, Zn, Ni, Fe и в меньшей мере – для Mn, Cu (табл. 2,



Преобладающие (%) направления ветра в период с 14 по 24 мая (а), 24 мая по 14 июня (б), 14 июня по 27 июля (в), 27 июля по 22 августа (г).

Условные обозначения: 1 – местоположение ключевого участка; 2 – источник загрязнения.

² Данные наблюдений по метеостанции «Сыктывкар» предоставлены государственным учреждением «Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Коми».

³ Следует заметить, что в последующем смены направления ветра не были столь контрастны (см. рисунок – в, г).

Таблица 1

Ионный состав сухих аэрозолей (в пересчете на 1 г сорбента) из водной вытяжки, мг/дм³

Номер пробы	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	ОВВ, %
Период экспонирования с 14 мая по 24 мая								
1	0.100	0.030	0.020	0.080	0.160	0.090	0.020	58.3
2	0.100	0.030	0.020	0.060	0.150	0.090	0.020	(43.0-89.0)
Контроль	0.090	0.030	0	0.060	0.210	0.050	0.020	
Период экспонирования с 24 мая по 14 июня								
3	0.122	0.028	0.018	0.072	0.096	0.096	0.119	68.7
Контроль	0.098	0.028	0.005	0.065	0.070	0.065	0.040	(47.0-95)
Период экспонирования с 14 июня по 27 июля								
4	0.083	0.028	0.010	0.058	0.179	0.100	0.189	69.5
Контроль	0.065	0.019	0.008	0.064	0.123	0.074	0.155	(44.0-90.0)

Примечание: ОВВ – относительная влажность воздуха. В скобках указаны минимальные и максимальные величины данного показателя.

проба 3). Выявленная тенденция сохранилась и в последующих «влажных» периодах (табл. 2, пробы 4, 5). Вместе с тем следует отметить, что смена направлений ветра, когда исследуемый участок попеременно находился под влиянием «загрязненного» и «чистого» ветра, мало влияет на концентрации тяжелых металлов в сухих аэрозолях. В связи с этим следует ожидать, что образование аэротехногенных аномалий на поверхности растений не столько зависит от направления ветра, сколько от температуры и связанных с ней колебаний относительной влажности воздуха, но также и, возможно в большей степени, от условий турбулентности в пологом леса. Известно, что при взаимодействии солнечной радиации с поверхностью лесной растительности проис-

ходит ее нагрев. Следует ожидать, что его величина из-за неоднородного распределения солнечной радиации в пологом леса [1] будет меняться на разных уровнях древостоя. Поэтому внутри полого леса могут возникать конвективные и турбулентные вихри с движением воздушных потоков как вверх, так и к земной поверхности. Итоги экспериментальных и модельных исследований подтверждают возможность формирования турбулентности и в пологом леса [19], и в пределах деятельного слоя (0.01-0.5 м) [18]. В результате развития данного процесса в лесном древостое возникает движение воздушных потоков с направленностью как вверх, так и к земной поверхности. В последнем случае будет наблюдаться устойчивый сток аэрозолей в древесную раститель-

Таблица 2

Концентрации тяжелых металлов в составе сухих аэрозолей (в пересчете на 1 г сорбента) из азотнокислой вытяжки, мкг/дм³

Номер пробы	Fe	Mn	Zn	Al	Ni	Cu
Период экспонирования с 14 мая по 24 мая						
1	5.40	0.77	1.90	2.30	0.150	0.280
2	6.10	0.54	2.50	2.40	0.090	0.270
Контроль	3.80	0.14	0.14	0.80	0.030	0.140
Период экспонирования с 24 мая по 14 июня						
3	4.74	1.00	0.55	-	0.141	0.290
Контроль	4.46	0.27	0.29	-	0.089	0.180
Период экспонирования с 14 июня по 27 июля						
4	4.03	0.49	1.25	2.18	0.033	0.205
5	3.95	0.45	1.29	2.23	0.037	0.199
Контроль	4.73	0.27	0.61	2.58	0.054	0.134

Примечание: средние (минимальные-максимальные) величины относительной влажности воздуха те же, что и в табл. 1. Прочерк – отсутствие элемента.

ность, при котором возникает высокая вероятность образования локальных (точечных) аномалий металлов на поверхности растений при одновременном сохранении их фоновых концентраций в приземном слое воздуха.

Особенности распределения тяжелых металлов в стоке сухих аэрозолей

Проведенные на модельных участках эксперименты показали, что при равных количествах депонирующего субстрата (бумажные фильтры) в целях получения большей инфор-

мации из одной пробы предпочтение следует отдавать химическому анализу с использованием метода индуктивно связанной плазмы. Поэтому весь материал, полученный в четвертый период, который также характеризовался высокой относительной влажностью воздуха⁴, обработан указанным методом. Сопоставление результатов показывает, что содержание элементов в водной и азотнокислой вытяжках по отношению друг к другу различается на порядок (табл. 3). Предполагается, что во многом это обусловлено значениями растворимости минералов из состава сухих аэрозолей, источником которых являются почвообразующие породы. С этим связан тот факт, что контрастность распределения концентраций выше для азотнокислой вытяжки, нежели для водной. Вместе с тем сравнение данных, полученных для участков со «старым» древостоем (табл. 3, пробы 6-9 и 13-16) и участка с молодым подростом (табл. 3, пробы 10-12 и 17-19), не выявило существенных различий в варьировании концентраций тяжелых металлов в стоке сухих аэрозолей в парцеллы «старого» и «молодого» еловых древостоев.

Заключение

Химический анализ кислото- и водорастворимой фаз сухих аэрозолей показал, что содержание в них основных ионов и тяжелых металлов контролируется относительной влажностью воздуха. При оценке стока сухих аэрозолей в лесные экосистемы следует учитывать, что формирование аэрогенных аномалий на поверхности растений тесно связано с особенностями турбулентного осаждения сухих аэрозолей в пологом леса. При этом в пологом древостоя возможно образование локальных аномалий металлов при одновременном сохранении их фоновых концентраций в приземном слое воздуха.

Экспериментальная проверка способа сбора сухих аэрозолей и устройства для его осуществления показала возможность его использования в качестве экологической технологии при изучении стока сухих аэрозолей и сопутствующих тяжелых металлов в лесные экосистемы. Предлагаемый способ дает возможность по-новому организовать наблюдения за состоянием окружающей среды и в зоне техногенеза, и в пределах фоновых территорий.

⁴ Среднее значение составило 74.7, минимальные и максимальные – 50 и 96 % соответственно.

Таблица 3
**Массовые концентрации тяжелых металлов в составе сухих аэрозолей
 (в пересчете на 1 г сорбента)**

Номер пробы	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Zn	Al	Cu
	мг/дм ³				мкг/дм ³				
Из водной вытяжки									
6	0.059	0.020	0.005	0.050	1.026	0.152	0.192	0.369	0.062
7	0.059	0.020	0.005	0.051	1.139	0.241	0.209	0.425	0.092
8	0.065	0.021	0.005	0.050	1.194	0.179	0.174	0.248	0.064
9	0.043	0.015	0.004	0.026	0.812	0.157	0.172	0.315	0.056
Контроль	0.067	0.017	0.003	0.042	0.803	0.136	0.192	0.224	0.074
10	0.073	0.024	0.006	0.043	1.459	0.197	0.359	0.464	0.088
11	0.069	0.024	0.013	0.048	1.454	0.154	0.358	0.434	0.079
12	0.077	0.026	0.007	0.047	1.338	0.144	0.444	0.452	0.111
Контроль	0.063	0.020	0.003	0.047	0.938	0.167	0.133	0.342	0.105
Из азотнокислой вытяжки									
13	0.455	0.110	0.007	0.067	3.510	0.270	0.944	1.807	0.125
14	0.448	0.109	0.010	0.065	3.530	0.298	0.289	2.030	0.110
15	0.459	0.112	0.009	0.068	3.870	0.276	0.285	2.030	0.137
16	0.467	0.110	0.008	0.067	3.760	0.344	0.449	2.081	0.127
Контроль	0.368	0.089	0.003	0.051	2.950	0.184	0.175	1.479	0.084
17	0.425	0.109	0.012	0.065	4.000	0.275	0.394	1.967	0.133
18	0.504	0.106	0.014	0.065	4.520	0.320	0.461	1.875	0.140
19	0.445	0.101	0.010	0.062	4.950	0.269	0.785	2.363	0.229
Контроль	0.436	0.101	0.004	0.062	4.000	0.266	0.114	1.976	0.118

Примечание: период экспонирования с 27 июля по 22 августа. Характеристика мест установки устройств дана в тексте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В.А. Световой режим леса. Л.: Наука, 1975. 225 с.
 2. Воздействие фторсодержащих соединений на состояние хвойных лесов Предбайкалья / Т.А. Михайлова, Н.С. Бережная, Л.В. Афанасьева и др. // Лесоведение, 2005. № 2. С. 38-45.
 3. Елпатьевский П.В., Аржанова В.С. К методике оценки геохимического воздействия промышленности на окружающую среду (методы и результаты) // Влияние промышленных пред-

приятий на окружающую среду. М.: Наука, 1987. С. 73-79.
 4. Зимон А.Д. Что такое адгезия. М.: Наука, 1983. 176 с.
 5. Ивлев Л.С., Довгалюк Ю.А. Физика атмосферных аэрозольных систем. СПб., 1999. 258 с.
 6. Исаев А.С., Носова Л.М., Пузаченко Ю.Г. Биологическое разнообразие лесов России – предложения к программе действий // Лесоведение, 1997. № 2. С. 3-13.
 7. Исследование влажного вымывания аэрозольных частиц облаками

и осадками / Н.Е. Веремей, Ю.А. Довгалюк, А.Д. Егоров и др. // Метеорология и гидрология, 1999. № 8. С. 5-14.

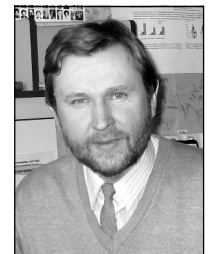
8. Кислотные дожди / Ю.А. Израэль, И.М. Назаров, А.Я. Прессмани и др. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 270 с.
 9. Колотов Б.А., Киселева Е.А., Рубейкин В.З. К вопросу о вторичном рассеянии рудных месторождений // Геохимия, 1965. № 7. С. 878-880.
 10. Мазин И.П. О взаимодействии облаков с окружающей их аэрозольной средой // Метеорология и гидрология, 1982. № 1. С. 54-61.
 11. Муравьева С.И., Казина Н.И., Прохорова Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. М.: Химия, 1988. 211 с.
 12. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию. М.: Мир, 1987. 280 с.
 13. Свиридова И.К. Результаты изучения вымывания азота и зольных элементов дождевыми осадками из крон древесных пород // ДАН, 1960. Т. 133, № 3. С. 706-709.
 14. Соколов А.А. Химический состав атмосферных осадков, прошедших сквозь полог елового и березового древостоев // Лесоведение, 1972. № 3. С. 103-106.
 15. Техногенное повреждение при- тундровых лесов Норильской долины / В.И. Харук, К. Винтербергер, Г.М. Цибульский и др. // Экология, 1996. № 6. С. 424-429.
 16. Хорват Л. Кислотный дождь. М., 1990. 80 с.
 17. Шихова Н.С. Биогеохимическая оценка состояния городской среды // Экология, 1997. № 2. С. 146-149.
 18. Lee Xuhui. Air motion within and above forest vegetation in non-ideal condition // Forest ecology and management, 2000. Vol. 135, № 1. P. 3-18.
 19. Turbulence regime near the forest floor of a mixed broad leaved Korean pine forest in Changbai Mountains / Zhang Jui-Hui et al. // J. Forest Res., 2002. Vol. 13, № 2. P. 119-122. ❖



**ЭКСТРАКЦИОННО-ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
 ГАЛОГЕНЗАМЕЩЕННЫХ ФЕНОЛОВ В ВОДНЫХ СРЕДАХ**

к.х.н **И. Груздев**
 с.н.с. экоаналитической лаборатории
 E-mail: gruzdev@ib.komisc.ru
 тел. (8212) 24 50 12

к.х.н **Б. Кондратенко**
 зав. этой же лабораторией
 E-mail: kondratenok@ib.komisc.ru



Научные интересы: *аналитическая химия органических соединений, хроматографические методы анализа объектов окружающей среды*

Фенольные соединения относятся к приоритетным загрязнителям природных и питьевых вод¹. Обладая высоким сродством к га-

логенам, фенолы легко хлорируются в обычных условиях, образуя высокотоксичные производные. Так, основным источником поступления хлорфено-

¹ СанПиН 2.1.4.559-96. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 1996. 111 с.

Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. М., 2000. 848 с.

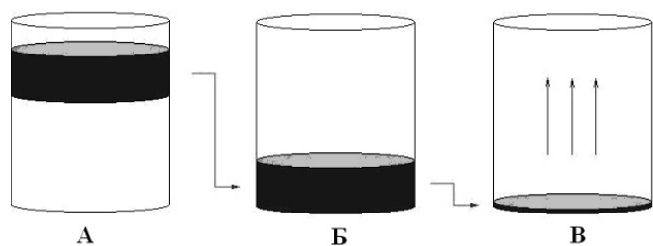


Рис. 1. Традиционный вариант экстракционного концентрирования: жидкостная экстракция при $r = 20-100$ (А), отбор экстракта (Б) и концентрирование экстракта упариванием и его анализ (В).

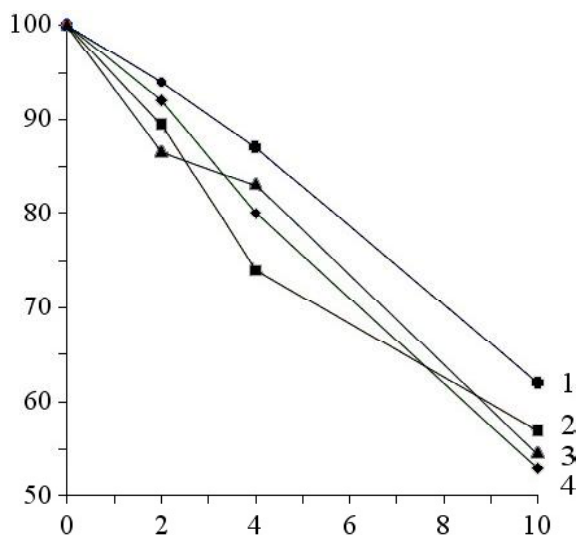


Рис. 2. Зависимость содержания (%) галогензамещенных фенолов в экстракте от степени упаривания (d ; по оси абсцисс): 2,4,6-трибромфенол (1); 2,4,6-трихлорфенол (2); 2,6-дибром-4-хлорфенол (3); 6-бром-2,4-дихлорфенол (4).

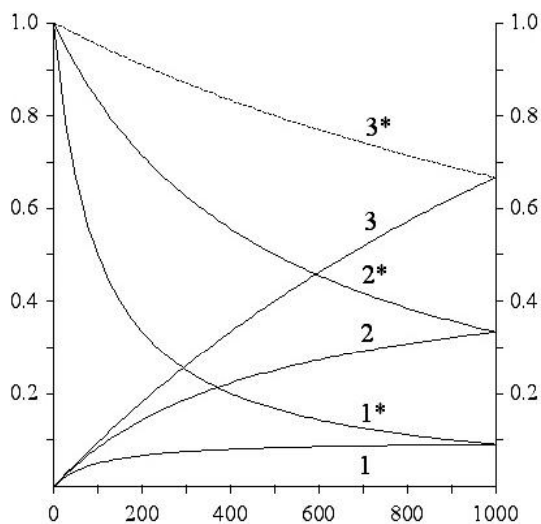


Рис. 3. Зависимость степени извлечения (R ; по оси ординат слева) и концентрации распределяемого вещества в органической фазе (C_o , мг/см³; по оси ординат справа) от фазового отношения (r , по оси абсцисс) при различных значениях D : зависимость $C_o = f(r)$ при $D = 50$ (1), 500 (2), 2000 (3); зависимость $R = f(r)$ при $D = 50$ (1*), 500 (2*), 2000 (3*).

лов в питьевую воду является хлорирование фенола, происходящее на стадии дезинфекции питьевой воды [5]. Особая опасность присутствия хлорфенолов в питьевой воде состоит в том, что они являют-

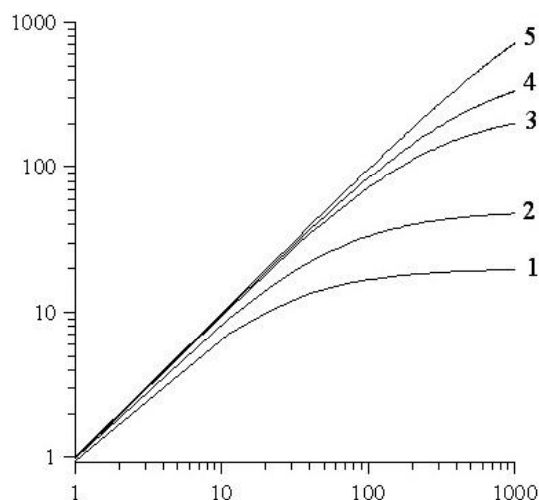


Рис. 4. Зависимость степени концентрирования (K ; по оси ординат) от фазового отношения (r ; по оси абсцисс) при различных коэффициентах распределения: 20 (1), 50 (2), 250 (3), 500 (4), 2500 (5).

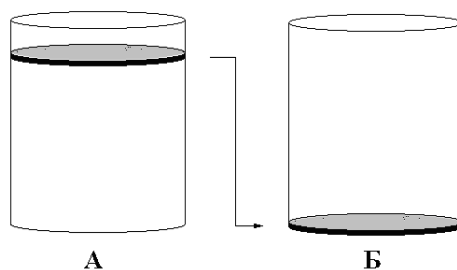


Рис. 5. Микроэкстракционное концентрирование: жидкостная экстракция при $r = 500-1000$ (А) и отбор экстракта и его анализ (Б).

ся прямыми предшественниками полихлорированных дибензо-*n*-диоксинов, образование которых может происходить в результате химического взаимодействия двух любых молекул хлорированных фенолов [2].

При определении фенольных соединений в водных средах на уровне предельно-допустимых концентраций (0.5-1.0 мкг/дм³) в 80 % анализов применяют предварительное концентрирование. Эта стадия предназначена для замены водной матрицы на органическую, более удобную для анализа, повышения концентрации определяемых соединений и отделения мешающих компонентов. Наряду с сорбцией, жидкостная экстракция относится к наиболее распространенным методам концентрирования фенольных соединений при количественном хроматографическом химическом анализе². В традиционном варианте (рис. 1) эта процедура предполагает проведение экстракции при небольших фазовых соотношениях, равновесные объемы (см³) водной (V_v) и органической (V_o) фаз, $r = 10-100$ ($r = V_v/V_o$). Последующее концентрирование осуществляется, как правило, отгонкой экстрагента, что сопровождается искажением качественного и количественного состава анализируемой пробы вследствие потерь определяемых веществ и концентрирования примесей, содержащихся в экстрагенте [6].

² Другов Ю.С., Зенкевич И.Г., Родин А.А. Газохроматографическая идентификация загрязнений воздуха, воды, почвы и биосред. Практическое руководство. М., 2005. 752 с.

Нами установлено, что при упаривании гексановых экстрактов галогензамещенных фенолов в токе азота в 5-10 раз потери фенолов достигают 20-40 %. Кроме того, нарушаются соотношения концентраций определяемых веществ в пробе, сконцентрированной при помощи упаривания, по сравнению с исходным экстрактом (рис. 2).

В данном исследовании для концентрирования галогензамещенных фенолов предложен микрожидкостный вариант экстракции (МЖЭ) с высокими фазовыми соотношениями $r = 500-1000$ для определения фенолов на уровне ПДК и жидкостная экстракция с реэкстракцией (ЖЭ/РЭ) для определения следовых количеств галогенированных фенолов.

Согласно теории жидкостной экстракции [3], с увеличением соотношения объемов фаз в экстракционной системе наблюдаются два противоположно направленных процесса. С одной стороны, снижается степень извлечения распределяемого вещества в органическую фазу (R): $R = D/(D + r)$, где D – коэффициент распределения вещества между органической и водной фазами. С другой стороны, происходит повышение его концентрации в органической фазе (C_o), обусловленное уменьшением объемной доли экстрагента в системе. При значениях $D > 500$ концентрация вещества в органической фазе возрастает значительно быстрее, чем снижается его степень извлечения (рис. 3). Для количественной оценки эффективности экстракционного концентрирования применяют коэффициент концентрирования (K), который показывает кратность возрастания концентрации вещества в экстракте (C_o) относительно его исходной концентрации в водной фазе ($C_{исх}$): $K = C_o / C_{исх}$.

Применение микрожидкостной экстракции для концентрирования низкогидрофобных веществ ($D < 500$) малоэффективно, поскольку при увеличении фазового соотношения коэффициент концентрирования практически не изменяется (рис. 4). Однако, при увеличении коэффициентов распределения ($D > 500$) степень концентрирования начинает меньше зависеть от соотношения объемов фаз, а для высокогидрофобных веществ ($D \geq 2500$) возрастает прямо пропорционально фазовому соотношению r . Так, в варианте МЖЭ при $r = 1000$ для веществ с $D = 2500$ достигается ~1000-кратное концентрирование. Такая же концентрация вещества в органической фазе может быть получена в традиционном варианте жидкостной экстракции при фазовом соотношении $r = 100$ и упаривании экстракта в 10 раз, но

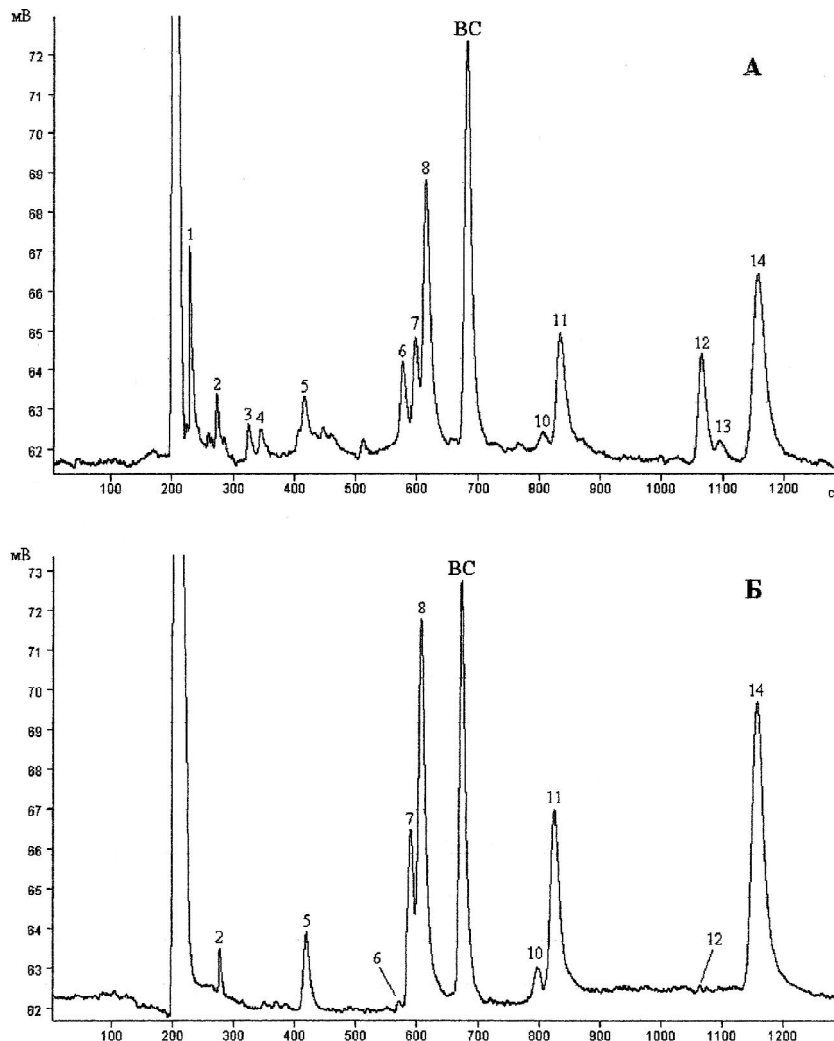


Рис. 6. Хроматограммы экстрактов бромпроизводных хлорфенолов, полученные по традиционно применяемой методике (А) и в варианте микрожидкостного концентрирования (Б): 2,4,6-трихлорфенол (5), 6-бром-2,4-дихлорфенол (7), 4-бром-2,6-дихлорфенол (8), 2,6-дибром-4-хлорфенол (10), 4,6-дибром-2-хлорфенол (11), 2,4,6-трибромфенол (14) ВС – внутренний стандарт (2,6-дибром-4-метилфенол).

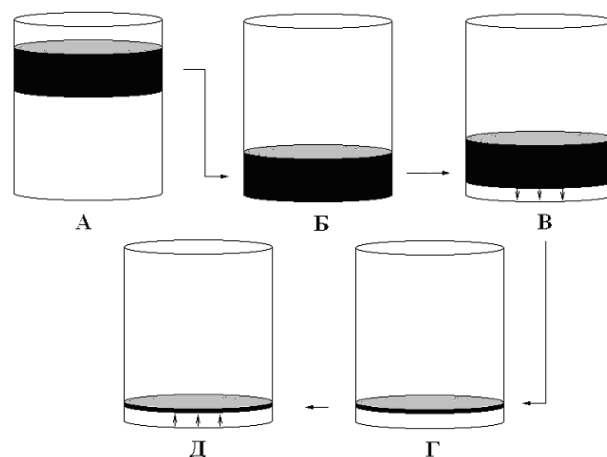


Рис. 7. Экстракционное концентрирование с реэкстракцией: жидкостная экстракция при $r = 50$ (А), отбор экстракта (Б), реэкстракция 0.1 М раствором NaOH (В), удаление 90 % объема экстрагента (Г), подкисление щелочного раствора, экстракция и анализ экстракта (Д).

при этом информация о качественном и количественном составе пробы будет искажена. Таким образом, при концентрировании соединений, характеризую-

щихся $D > 500$, традиционно применяемое концентрирование следует заменять микрожидкостной экстракцией. Увеличение значений D может быть достигнуто путем подбора наиболее эффективного экстрагента, применением высаливателей, введением в распределяемые соединения гидрофобных заместителей.

Введение атомов брома в молекулы хлорфенолов приводит к значительному увеличению коэффициентов распределения хлорфенолов [1, 4], которые в системе толуол/вода характеризуются значениями в интервале от 800 до 2000:

Фенол	D (толуол/вода)	Бромпроизводное фенола	D (толуол/вода)
2.4.6-трихлорфенол	835	–	–
2.4-дихлорфенол	103	2.4-дихлор-6-бромфенол	1070
2.6-дихлорфенол	128	2.6-дихлор-4-бромфенол	875
4-хлорфенол	19	4-хлор-2.6-дибромфенол	1400
2-хлорфенол	34	2-хлор-4.6-дибромфенол	1110
фенол	2	2.4.6-трибромфенол	1855

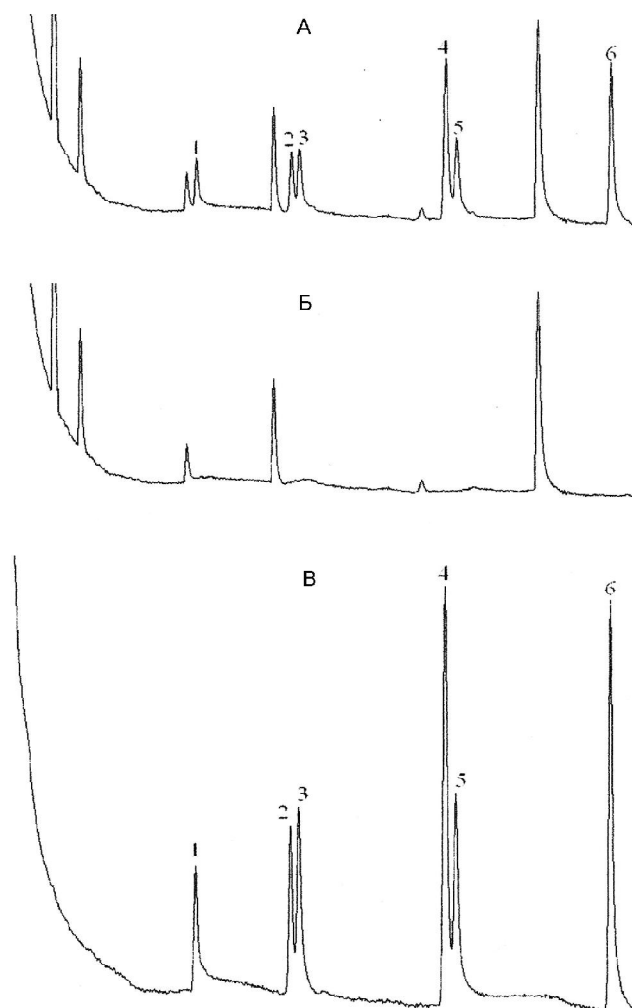


Рис. 8. Хроматограммы органических экстрактов бромпроизводных хлорфенолов, полученные до проведения реэкстракции (А), после реэкстракции (Б) и после заключительной экстракции (В): 2,4,6-трихлорфенол (1), 6-бром-2,4-дихлорфенол (2), 4-бром-2,6-дихлорфенол (3), 2,6-дибром-4-хлорфенол (4), 4,6-дибром-2-хлорфенол (5), 2,4,6-трибромфенол (6).

Таким образом, в аналитическом цикле определения хлорфенолов в воде может быть применен вариант микрожидкостного концентрирования (рис. 5).

Применение МЖЭ позволяет не только достигать высоких коэффициентов концентрирования, но и повысить селективность определения высокогидрофобных соединений. Экстракция при низких фазовых соотношениях приводит к тому, что коэффициенты концентрирования всех соединений будут близки (рис. 4), как и их концентрации в органической фазе, независимо от коэффициентов распределения. При МЖЭ концентрация высокогидрофобных соединений в экстракте будет превышать концентрацию гидрофильных веществ на два-три порядка.

Хроматографические пики бромпроизводных хлорфенолов (рис. 6, А) характеризуются гораздо меньшей интенсивностью, что связано с потерями при упаривании и невозможностью полного отделения экстракта от водной фазы. Пики 1, 3 и 4 принадлежат, очевидно, примесям растворителя, сконцентрированным при упаривании, поскольку они отсутствуют на хроматограмме экстракта, полученном с применением МЖЭ (рис. 6, Б). Пики 6, 12 и 13 на нижней хроматограмме отсутствуют, поскольку значения D соответствующих соединений значительно ниже, чем для бромпроизводных хлорфенолов. Микрожидкостное концентрирование применяли при определении хлорфенолов в питьевых, природных и сточных водах в интервале концентраций от 0.5 до 5.0 мкг/дм³.

При определении хлорированных фенолов в талой, дождевой и грунтовой воде, т.е. на следовом уровне в интервале концентраций от 0.05 до 0.50 мкг/дм³, нами применялась жидкостная экстракция с реэкстракцией (ЖЭ/РЭ). Основное достоинство данного варианта экстракционного концентрирования – количественное извлечение анализируемых фенолов и достижение максимально возможных для данных систем коэффициентов концентрирования (см. таблицу). Метод ЖЭ/РЭ предполагает жидкостную экстракцию органическим растворителем при $r = 50$, промежуточную реэкстракцию фенольных соединений из экстракта раствором щелочи и заключительную экстракцию (рис. 7). Другие преимущества метода ЖЭ/РЭ по сравнению с микрожидкостной экстракцией заключается в следующем (см. таблицу):

- достигаемая степень концентрирования ~800 одинакова для всех определяемых фенолов, при МЖЭ она меньше и зависит от значения D ;
- получаемые органические экстракты содержат меньшее число мешающих компонентов, поскольку при реэкстракции концентрируются только фенолы и другие органические кислоты;
- проведение более надежной идентификации анализируемых соединений: после проведения реэкстракции на хроматограмме органического экстракта пики бромпроизводных хлорфенолов будут отсутствовать (рис. 8).

К недостаткам жидкостной экстракции с реэкстракций, по сравнению с микрожидкостным концентрированием, следует отнести большее время пробоподготовки и больший расход экстрагентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Груздев И.В.* Определение хлорфенолов в водных средах методом реакционной газовой хроматографии. Сыктывкар, 2000. 20 с. – (Сер. Новые науч. методики / Коми НЦ; Вып. 61).

2. Диоксины в России / *Н.А. Клюев, Б.А. Курляндский, Б.А. Ревич* и др. М., 2001. 212 с.

3. *Коренман И.М.* Экстракция органических веществ. Горький, 1973. 158 с.

4. *Коренман Я.И.* Экстракция фенолов. Горький, 1973. 214 с.

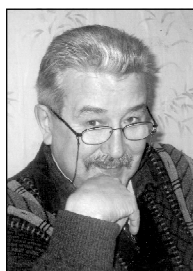
5. *Кузубова Л.И., Кобрин В.Н.* Химические методы подготовки воды (хлорирование, озонирование, фторирование). Новосибирск, 1996. 132 с. – (Сер. Экология. Вып. 42).

6. О методологии определения органических примесей в воде / *И.А. Ревельский, И.В. Головкин, Ю.С. Яшин* и др. // Вестн. МГУ, 1995. Сер. 2. Химия. Т. 36, № 2. С. 395-408. ❖

Степень извлечения (R) и коэффициент концентрирования (K) галогенфенолов при жидкостной экстракции с реэкстракцией (ЖЭ/РЭ) и микрожидкостном варианте экстракции (МЖЭ)

Вещество	D (толуол/вода)	R, %		K	
		г = 50	г = 1000	ЖЭ/РЭ	МЖЭ
2,4,6-трихлорфенол	835	94	45	755	455
2,4-Дихлор-6-бромфенол	1070	95	51	764	517
2,6-Дихлор-4-бромфенол	875	94	46	757	467
4-Хлор-2,6-дибромфенол	1400	96	58	772	583
2-Хлор-4,6-дибромфенол	1110	95	52	766	526
2,4,6-трибромфенол	1855	97	64	779	650

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ: СОСТАВ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА



д.с.-х.н. **В. Безносиков**
зав. лабораторией химии почв
отдела почвоведения
E-mail: beznosikov@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы:
экология и химия почв



к.х.н. **Б. Кондратенко**
зав. экоаналитической лабораторией
E-mail: kondratenok@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 50 12

Научные интересы:
аналитическая химия органических соединений, хроматографические методы анализа объектов окружающей среды



к.б.н. **Д. Габов**
н.с. лаборатории химии почв
отдела почвоведения
E-mail: gabov@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы:
полициклические ароматические углеводороды в природных объектах



Е. Яковлева
аспирант лаборатории химии почв
отдела почвоведения
E-mail: kaleeva@ib.komisc.ru
тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы:
полициклические ароматические углеводороды в растениях

Полициклические ароматические углеводороды – соединения, проявляющие по отношению к живым организмам канцерогенные, мутагенные и токсичные свойства [6, 19]. ПАУ включены в список приоритетных загрязнителей как Европейским сообществом, так и Агентством по охране окружающей среды США. В России нормирование и контроль содержания канцерогенных ПАУ в природных объектах осуществляют по бенз(а)-пирену. В России¹ ПДК бенз(а)пирена в почве 20 нг/г. Значительные количества ПАУ попадают в почву в результате хозяйственной деятельности. Исходными продуктами для их образования служат нефть, нефтепродукты, угли, горючие газы, используемые в качестве хи-

мического сырья или горючего на промышленных предприятиях и транспорте [11, 13, 18, 21]. При сгорании или термической обработке перечисленных веществ образуются многоядерные арены. Степень влияния производственной деятельности на уровень загрязнения канцерогенными углеводородами зависит прежде всего от температурного режима технологического процесса [2, 20]. Полиароматические соединения, образующиеся при горении, в основном лишены боковых заместителей и представлены преимущественно структурами периконденсированного типа (пирены, бензпирены, бензперилены и др.). При

понижении температуры количество образующихся замещенных ПАУ возрастает (метил-, этил-, ди- и триалкилы). Сажа, образующаяся при лесных пожарах, отличается от сажи из антропогенных источников высоким содержанием алкилированных ПАУ вследствие более низкой температуры горения древесины. Сгорание табака также дает уникально высокое содержание алкилированных ПАУ, образующихся во время пиролиза. В природных объектах, измененных антропогенным воздействием, распространены и ПАУ с пятичленным фрагментом (флуорантены, бензфлуорантены и др.).

По данным инвентаризации источников ПАУ, проведенной для оценки

¹ ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: гигиенические нормативы. М., 2006. 15 с.

величины поступления бенз(а)пирена в природную среду, глобальная эмиссия этого углеводорода составляет около 5000 т в год: 60 % приходится на процессы, связанные с сжиганием угля, 20 % – на производство кокса, 4 % – на сжигание древесины, 8 % – на открытое сжигание леса и сельскохозяйственных культур, 1 % – на выбросы транспорта и лишь 0.15 % – на сжигание нефти и газа [10]. Массовое появление в окружающей среде техногенных ПАУ произошло на стыке XIX-XX вв. и было обусловлено бурным развитием в этот период тяжелой промышленности. В последние годы снижение эмиссии ПАУ происходит как в результате уменьшения использования угля в пользу природного газа, нефтепродуктов, ядерного топлива, так и за счет мер, ограничивающих промышленные выбросы и особенно открытое сжигание.

Углеводороды, продуцируемые в результате работы промышленных предприятий, образуют техногенные ореолы различной плотности [22]. По некоторым данным [2, 3], диффузия загрязнения атмосферы способствует распространению канцерогенных ПАУ на значительное расстояние (до 10 км) за пределы территории предприятий органического синтеза. Наибольшие концентрации бенз(а)пирена в снеге и почве отмечались на расстоянии 1 км от предприятий, а по мере удаления от источников загрязнения их содержание снижалось. По данным А.И. Шилиной [14], до 10 % бенз(а)пирена выпадает на подстилающую поверхность в радиусе ближайших 30 км от предприятий. Основная же часть его (до 80 %) перемещается вместе с тонкодисперсными аэрозолями воздуха на расстояние свыше 100 км от источника загрязнения. Максимальная дальность переноса бенз(а)пирена, по данным того же автора, составляет 2000 км. Данные Ю.И. Пиковского [7] позволяют говорить о важной роли промышленных центров и городов в формировании глобального фона полиароматических углеводородов.

Известно, что микроорганизмы почвы могут разрушить такое количество ПАУ, к которому они «привыкли» [12]. Так, если почва сильно загрязнена и содержит большое количество ПАУ, то ее микрофлора способна трансформировать до 70-80 % их исходного количества. Резкое увеличение содер-

жания загрязняющих ПАУ такого типа в почве приведет скорее не к увеличению, а к уменьшению содержания метаболитованных структур. При искусственном загрязнении почв фоновых районов значительными количествами бенз(а)пирена заметного уменьшения его содержания вследствие метаболизма бактериями не происходит.

В процессе самоочищения почв от ПАУ, кроме микробиологического и химического превращений, существенную роль могут играть и другие факторы, например, метаболизм в растениях и беспозвоночных, ферментативная активность, водопроницаемость, газообмен и сорбционная способность почв. В южных районах самоочищение почв от многих загрязняющих веществ, включая ПАУ, осуществляется быстрее, чем в северных [10]. Для конкретных случаев, как правило, удается разделять обнаруженные в почвах природные и техногенные ПАУ по особенностям их состава. Наиболее характерными соединениями для природных процессов, связанных с низкотемпературным преобразованием органического вещества, являются преимущественно ката-конденсированные углеводороды с угловым присоединением бензольных колец: фенантрен, хризен и др. [9, 11]. Исключением в этой группе ката-аннированных структур является периконденсированная молекула перилена, образование которой очень характерно для некоторых природных процессов. Количественное содержание и распределение этих ПАУ в почвенном профиле зависят от биологической активности почв, интенсивности гумусоаккумуляции и темпов минерализации органического вещества, характера элювиально-иллювиальных процессов, наличия геохимических барьеров, возраста почв. Состав и соотношение массовой доли природных и антропогенных ПАУ может служить индикатором деградации и восстановления почв в условиях техногенеза [9].

Цель исследований – сравнительный анализ состава фракции полиаренов в системе атмосферные осадки – почва – лизиметрические воды и на основе этого выработка критерия оценки степени техногенного воздействия на почвы.

Объекты исследований – атмосферные осадки, лизиметрические

воды и торфянисто-подзолисто-глееватые почвы санитарно-защитных зон (СЗЗ) лесопромышленного комплекса (средняя тайга) и сажевого завода (северная тайга); фоновые – атмосферные осадки, лизиметрические воды и торфянисто-подзолисто-глееватые почвы Максимовского стационара Института биологии Коми научного центра УрО РАН (средняя тайга) и около пос. Троицко-Печорск (северная тайга).

Болотно-подзолистые почвы занимают 44.1 % площади Республики Коми. Торфянисто-подзолисто-глееватые почвы в типе болотно-подзолистых почв имеют наиболее обширный ареал распространения. Для их образования достаточен незначительный сдвиг автоморфного водного режима в сторону избыточного увлажнения вследствие временного застоя поверхностных вод. Они формируются на плоскоравнинных водораздельных увалах, пологих склонах, межувальных понижениях под долгомошными и долгомошно-сфагновыми лесами в условиях полугидроморфного и гидроморфного режимов увлажнения [5]. Физико-химическая и морфологическая характеристики почв опубликованы ранее [1].

В основу определения ПАУ в почвах положены методика выполнения измерения массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, донных отложений и твердых отходов методом ВЭЖХ с использованием анализатора жидкости «Флюорат 02 Панорама» в качестве флуориметрического детектора (М 03-04-2002, аттестованная в соответствии с ГОСТ Р 8.563-96), а также работы [1, 8]. Погрешность измерения ПАУ (бенз(а)пирен) в почвах для доверительной вероятности $P = 0.95$ составляет 35 % для диапазона измерений от 5 до 40 нг/г и 25 % – для диапазона от 40 до 2000 нг/г. Определение ПАУ в лизиметрических и талых водах проводили в соответствии с методиками². Погрешность измерения ПАУ в лизиметрических и талых водах для доверительной вероятности $P = 0.95$ составляет 65 % для диапазона измерений от 5 до 20 нг/дм³ и 45 % – для диапазона от 20 до 100 нг/дм³.

Экстракцию ПАУ из почв проводили при комнатной температуре хлористым метилом (квалификация «ос. ч.») с УЗ-обработкой экстракционной системы на УЗ-ванне (Branson

² РД 52.44.590-98 – «Определение массовой концентрации приоритетных полициклических ароматических углеводородов в атмосферных осадках и поверхностных водах методом обращенной жидкостной хроматографии»; ПНД Ф 14.2:4.70-96 – «Методика выполнения измерений массовой концентрации полициклических ароматических углеводородов в питьевых и природных водах методом ВЭЖХ».

5510), мощность 469 Вт, рабочая частота 42 КГц (США). Из лизиметрических и талых вод ПАУ экстрагировали н-гексаном с помощью механического экстрактора ЭЛ-1 («Сибэкприбор», Россия). Полученные экстракты объединяли и упаривали на концентраторе Кудерна-Даниша («Supelco», США). Для удаления примесей, мешающих определению ПАУ, проводили разделение экстрактов методом колоночной хроматографии, используя оксид алюминия II-III степени активности по Брокману («Fluka», США). В качестве элюентов использовали н-гексан (квалификация «ос. ч.») и хлористый метилен (квалификация «ос. ч.»). Чистоту контролировали по отсутствию пиков ПАУ на хроматограмме холостой пробы. Для приготовления стандартных растворов ПАУ применяли стандартную смесь EPA 610 – нафталин, аценафтен, аценафтилен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(б)флуорантен, бенз(к)флуорантен, бенз(а)пирен, дибенз(а,н)антрацен, бенз(ghi)перилена, индено(1,2,3-сд)пирен («Supelco», США), с концентрациями каждого компонента 100-2000 мкг/см³.

Отбор проб лизиметрических вод проводили способом врезанных лизиметров [15] с рабочей площадью пластмассовых поддонов 500 см². Лизиметры устанавливали в разрезах исследуемых почв по горизонтам О, А₂hg, А₂Bg в трехкратной повторности. В качестве приемников растворов использовали 10-литровые канистры. Лизиметры с приемниками соединяли силиконовыми шлангами.

Расчет поступления ПАУ с жидкими и твердыми осадками проведен за годичный цикл. Количество жидких осадков в районах исследований взято по средним многолетним данным, по твердым – проведена снегосъемка. Отбор проб снежного покрова был выполнен в соответствии с установленными требованиями³. По объему талой воды определяли влагозапас в каждой точке. Содер-

жание исследуемых компонентов в талой и дождевой воде определяли в единицах массовых концентраций в нг/см³, значения уровней поступления веществ на поверхность – в мкг/м². Оценку загрязнения почв ПАУ проводили с использованием коэффициента концентрации химического вещества (Kc), который определяли соотношением фактического (Ci) и регионального фонового (Cfi) содержания полиаренов (мкг/кг почвы): $Kc = Ci/Cfi$. Рассчитывали суммарный показатель загрязнения⁴ как сумму коэффициентов концентраций ПАУ и выражали формулой:

$$Zc = \sum (Kci + \dots + Kcn) - (n - 1),$$

где n – число определяемых суммируемых веществ; Kci – коэффициент концентрации i-го компонента загрязнения.

Атмосферные осадки. Степень техногенного воздействия оценивали на основе сопоставления уровней поступления ПАУ на подстилающую поверхность аэротехногенных и фоновых ландшафтов. Аэротехногенное воздействие ПАУ на почвы СЗЗ обусловлено выбросами целлюлозно-бумажного комбината (средняя тайга) и сажевого завода (северная тайга). В газопылевых выбросах этих предприя-

тий содержится значительное количество полиароматических углеводородов, что определяет их повышенное накопление в атмосферных осадках и выпадение их на подстилающую поверхность особенно в санитарно-защитных зонах (табл. 1). Следует отметить, что качественный состав ПАУ атмосферных осадков фоновых и техногенных территорий практически одинаков: коэффициенты корреляции для сажевого завода – $r = 0.82$, целлюлозно-бумажного комбината – $r = 0.99$ (n = 8, P = 0.95). Модули поступления ПАУ в санитарно-защитных зонах предприятий превышают фоновые значения для целлюлозно-бумажного комбината в 4.9 раза, для сажевого завода – 3.3 раза. Доля легких ПАУ (фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, хризен) выше фоновых в 2.9-6.5 раз. Следует отметить, что доля тяжелых ПАУ в атмосферных осадках фоновых и аэротехногенных территорий минимальна. Для аэротехногенных территорий качественный состав низкомолекулярных ПАУ в атмосферных осадках и почва коррелирует между собой ($r = 0.79-0.83$, n = 8, P = 0.95), что свидетельствует о значительном воздействии легких ПАУ газопылевых выбро-

сов на их содержание в почве санитарно-защитной зоны. При этом общие запасы ПАУ в почве превышают на два порядка их среднегодовое поступление с атмосферными осадками, что подтверждает преимущественно почвенное происхождение всех полиаренов даже в условиях техногенеза.

Следовательно, накопление полиаренов в почвах, в первую очередь аэротехногенных ландшафтов, связано с превращением органических веществ в почвах, а также с региональным загрязнением атмосферы и привносом ПАУ с атмосферными осадками. В составе атмосферных осадков обнаружены, в основном, только низкомолекулярные полиарены – фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен,

Таблица 1
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в выбросах целлюлозно-бумажного комбината (верхняя строка) и сажевого завода (нижняя строка) и уровни накопления в атмосферных осадках

Соединение	Массовая доля ПАУ в выбросах, нг/г	Уровень накопления ПАУ в атмосферных осадках, мкг/м ²
Фенантрен	590.0 ± 270.0 (27.0)	32.0 ± 14.0 (65.0)
	16.0 ± 10.0 (57.0)	14.0 ± 6.0 (38.0)
Антрацен	23.0 ± 15.0 (1.0)	0.6 ± 0.4.0 (1.0)
	0.4 ± 0.3 (1.0)	То же
Флуорантен	700.0 ± 300.0 (32.0)	6.0 ± 4.0 (22.0)
	6.0 ± 4.0 (22.0)	9.0 ± 4.0 (24.5)
Пирен	800.0 ± 400.0 (38.0)	6.0 ± 4.0 (12.0)
	3.6 ± 2.3 (13.0)	13.0 ± 6.0 (33.0)
Бенз(а)антрацен	8.0 ± 5.0 (0.4)	1.0 ± 0.6 (2.0)
	0	0.3 ± 0.2 (1.0)
Хризен	17.0 ± 11.0 (0.8)	2.0 ± 1.3 (4.0)
	2.0 ± 1.3 (7.0)	0.5 ± 0.3 (1.0)
Бенз(б)флуорантен	13.0 ± 9.0 (0.6)	0
	0	То же
Бенз(к)флуорантен	3.5 ± 2.2 (0.2)	0.4 ± 0.3 (1.0)
	0	0.2 ± 0.1 (0.5)
Бенз(а)пирен	10.0 ± 7.0 (0.5)	0.4 ± 0.3 (1.0)
	0	То же
Сумма ПАУ	2164.5	49.5
	28.0	38.0

Примечание: в скобках указана массовая доля соединения в сумме ПАУ (%). Здесь и далее: массовая доля дибенз(а,н)антрацена, бенз(ghi)перилена, индено(1,2,3-сд)пирена равна нулю.

³ РД 52.04.186-89 – «Руководство по контролю загрязнения атмосферы».

⁴ Методические указания МУ 2.1.7.730-99 – «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». – (Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999 г.).

доля которых в сумме ПАУ составляет 97-99 %.

Лизиметрические воды. Состав ПАУ лизиметрических вод органо-генных и минеральных горизонтов почв фоновых и техногенных ландшафтов идентичен и представлен низкомолекулярными ароматическими структурами: пиреном, фенантеном, флуорантеном, антраценом (табл. 2). Доля тяжелых ПАУ от суммы составляет 1-2 %. Содержание легких ПАУ в лизиметрических водах из органо-генных и минеральных горизонтов превышает фоновые уровни в 1.5-2.0 раза. Массовая доля суммы ПАУ, вымываемая с лизиметрическими водами за годичный цикл, достигает 0.9 % от их запасов в почве. Это доказывает, что органо-генные горизонты почвы способны аккумулировать значительные количества ПАУ из атмосферных осадков в зонах техногенеза и образовавшиеся полиарены в результате трансформации «собственного» органического вещества почв. Профильное изменение содержания в лизиметрических водах легких полиаренов и их массовой доли в соответствующих горизонтах почвы хорошо коррелируют между собой (для сажевого завода $r = 0.79$ для горизонта О, $r = 0.84$ для горизонта A_2 , $r = 0.94$ для горизонта A_2B , $n = 6$, $P = 0.95$), что свидетельствует о высокой миграции наиболее растворимых низкомолекулярных ПАУ по профилю почв.

Почвы. Атмосферный привнос полиаренов оказывает более значительное влияние на формирование состава ПАУ техногенных почв в сравнении с фоновыми (табл. 3). Прирост ПАУ в почвах санитарно-защитной зоны целлюлозно-бумажного комбината происходит преимущественно за счет поступления с осадками фенантрена,

флуорантена и пирена, доля которых в сумме ПАУ составила 93 %. В зоне действия сажевого завода аналогичный прирост ПАУ составил 96 %, т.е. основное техногенное воздействие на почвы обусловлено легкими полиаренами (табл. 3). По сравнению с фоновыми значениями максимальные кратности превышения уровней поступления в атмосферных осадках и почвах отмечались для 3-4-ядерных полиаренов: хризена – в зоне действия целлюлозно-бумажного комбината, фенантрена и пирена – сажевого завода (табл. 4). Уменьшение кратности превышения содержания ПАУ в лизиметрических водах над фоновыми свидетельствует о преобладающей аккумуляции ПАУ в органо-генном и в меньшей степени – в иллювиальном горизонтах. Количественные характеристики накопления и распределения ПАУ по профилю почв техногенных ландшафтов имеют схожий характер с фоновыми почвами.

Так, массовая доля (нг/г) суммы ПАУ (% суммы) в средней и северной тайге составляет соответственно в горизонтах: О – 490.8 (92.7) и 149.3 (86.5), A_2hg – 3.6 (0.7) и 3.9 (2.3), A_2B_2g – 8.8 (1.7) и 5.2 (3.0), B_2g – 9.0 (1.7) и 3.1 (1.8), B_2g – 2.8 (0.6) и 1.7 (1.0), Cg – 11.4 (2.2) и 9.3 (5.4), что обусловлено как разной интенсивностью эмиссии полиаренов на поверхность почв в этих зонах, так и неодинаковым накоплением природных ПАУ из-за разных биоклиматических условий.

Выявлены сходные закономерности вертикальной дифференциации ПАУ в техногенно-трансформированных и фоновых почвах. В профилях почв, формирующихся в условиях интенсивной техногенной нагрузки (сажевый завод, целлюлозно-бумажный комбинат) и фоновых аналогах, на-

блюдается резкая приповерхностная аккумуляция как легких, так и тяжелых ПАУ. В составе ПАУ минеральных горизонтов преобладают фенантрен, флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен. В органо-генных горизонтах при аэротехногенном воздействии суммарная массовая доля тяжелых 5-6-ядерных ароматических структур практически не превышает фоновые уровни. Отмечен более высокий уровень массовой доли суммы 3-4-ядерных полиаренов в почвах по сравнению с почвами фоновых ландшафтов: в 2.9 раза для северной, 2.5 раза – для средней тайги, т.е., почвообразовательные процессы в аэротехногенно-загрязненных почвах протекают в условиях интенсивного поступления и аккумуляции низкомолекулярных 3-4-ядерных ПАУ от техногенных источников.

Более наглядно интенсивность перераспределения ПАУ по профилю почв можно выразить, используя углеродно-гумусовый показатель (УГП) – величину, учитывающую абсолютную массу ПАУ, приходящуюся на единицу массы органического вещества ($C_{общ}$) почв – $m(ПАУ)/m(C_{общ})$ [4]. Анализ значений УГП в рассматриваемых почвах свидетельствует о неодинаковой степени «насыщенности» их органического вещества полиаренами. Сопоставление значений УГП суммарной фракции ПАУ свидетельствует о наиболее высоких величинах этих показателей в органо-генных горизонтах техногенно-загрязненных почв: 3531 нг/г в средней тайге и 347 нг/г – в северной. Значения УГП в органо-генных горизонтах фоновых почв в средней и северной тайге составляют соответственно 433 и 154 нг/г. Степень насыщенности органического вещества полиаренами возрастает с глубиной и достигает своего максимума в иллювиальных горизонтах как фоновых, так и техногенных почв. Причем органическое вещество почв насыщается, в основном, легкими 3-4-ядерными полиаренами, имеющими высокую подвижность. Значения УГП суммарной фракции ПАУ выше примерно на порядок для иллювиальных горизонтов по сравнению с органо-генными как фоновых, так и техногенных почв. Группа 3-4-ядерных ароматических структур составляет 60-79 % от суммы ПАУ и представлена главным образом фенантеном, флуорантеном и пиреном. Доля этих углеводородов в общей сумме ПАУ в техногенных почвах увеличивается в два раза по сравнению с фоновыми, что подтверждает их техногенное происхождение.

Таблица 2

Вымывание ПАУ из техногенных почв с лизиметрическими водами, мкг/м²·год

ПАУ	Горизонт почвы				
	О	A_2hg	О	A_2hg	A_2Bg
	целлюлозно-бумажный комбинат		сажевый завод		
Фенантрен	6.00 ± 2.70	10.00 ± 4.00	1.60 ± 1.10	1.00 ± 0.70	2.40 ± 1.60
Антрацен	0.60 ± 0.40	0.38 ± 0.25	0.06 ± 0.04	0.06 ± 0.04	0.50 ± 0.30
Флуорантен	2.00 ± 1.30	2.20 ± 1.40	1.20 ± 0.80	1.40 ± 0.90	0.90 ± 0.60
Пирен	1.80 ± 1.20	1.40 ± 0.90	2.10 ± 1.30	1.50 ± 1.00	0.90 ± 0.60
Бенз(а)антрацен	0.50 ± 0.30	0.39 ± 0.25	0.29 ± 0.19	0.41 ± 0.27	0.13 ± 0.08
Хризен	0.60 ± 0.40	0.40 ± 0.26	0.21 ± 0.14	0.30 ± 0.19	0.18 ± 0.12
Бенз(к)флуорантен	0.08 ± 0.05	0.040 ± 0.026	0.030 ± 0.019	0.14 ± 0.09	То же
Бенз(а)пирен	0.09 ± 0.06	0.05 ± 0.03	0.06 ± 0.04	0.28 ± 0.18	» »
Сумма ПАУ	11.67	14.86	5.55	5.09	5.01

Примечание: бенз(б)флуорантен отсутствует во всех горизонтах почв.

Таблица 3

Баланс полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в системе атмосферные осадки–почва–лизиметрические воды техногенного ландшафта в зоне действия сажевого завода (верхняя строка) и целлюлозно-бумажного комбината (нижняя строка), мкг/м² (%)

ПАУ	Поступает с осадками	Вымывается из органогенного горизонта	Прирост в результате атмосферного привноса	Запасы в органогенном горизонте
Фенантрен	14.0 ± 6.0 (37) 32.0 ± 14.0 (65)	1.6 ± 1.1 (30) 6.0 ± 4.0 (52)	12.4 (39) 26.0 (70)	220 ± 80 (15) 440 ± 110 (13)
Флуорантен	9.0 ± 4.0 (25) 7.0 ± 5.0 (14)	1.2 ± 0.8 (21) 2.0 ± 1.3 (17)	7.8 (25) 5.0 (13)	300 ± 110 (20) 510 ± 130 (15)
Пирен	13.0 ± 6.0 (33) 6.0 ± 4.0 (12)	2.1 ± 1.3 (37) 1.8 ± 1.2 (15)	10.9 (32) 4.2 (10)	210 ± 70 (14) 400 ± 100 (12)
Остальные	2.0 ± 1.3 (5) 4.5 ± 2.9 (9)	0.7 ± 0.4 (12) 1.8 ± 1.2 (16)	1.3(4) 2.7 (7)	760 ± 270 (51) 2100 ± 700 (61)
Сумма	38.0 (100) 49.5 (100)	5.6 (100) 11.6 (100)	32.4 (100) 37.9 (100)	1490 (100) 3450 (100)

Интегральной величиной техногенного воздействия полиаренов нами взят суммарный показатель степени загрязнения почв ПАУ (Zc), который отражает дифференциацию загрязнения воздушного бассейна различными соединениями⁵. На основании полученных нами данных почвы СЗ3 целлюлозно-бумажного комбината по загрязнению полиаренами относятся к умеренно-опасной зоне (Zc = 22.9), почвы СЗ3 сажевого завода – к опасной категории (Zc = 41.4).

Степень биогеохимической трансформации техногенных ПАУ в почвах можно выразить через соотношение суммы биогенных и суммы ПАУ техногенного происхождения, присутствующих в почве – биогеохимический потенциал трансформации ПАУ (БПТ) [17]. Сопоставление соотношений БПТ почв позволяет оценить устойчивость почв и тенденции их изменений при техногенном воздействии. Если БПТ почв не обнаруживают существенных различий, то можно сделать вывод о стабильности состояния почвенных экосистем и относительной сбалансированности их биогеохимических циклов. Соотношение БПТ < 1 – почвенная система перегружена техногенными ПАУ, БПТ > 1 – в почве идут процессы самоочищения от органических загрязнителей. Анализ качественного состава ПАУ в почвах фоновых и техногенных ландшафтов и атмосферных осадках показал, что техногенные ПАУ – это в основном 4-ядерные структуры: флуорантен, пирен, бенз(а)антрацен, хризен, а биогенные – 3-, 5- и 6-ядерные. БПТ – соотношение сумм 3-, 5- и 6-ядерных и 4-ядерных ПАУ. Для фоновых территорий характерны достаточно высокие значения БПТ, в техногенных почвах эти значения уменьшаются в два раза. Сопоставление соотношений БПТ позволило оценить стабильность (нестабильность) состояния почв естественных и техногенных ландшафтов. В почвах техногенных ландшафтов отношение БПТ < 1, что свидетельствует о перегруженности экосистемы ПАУ. В почвах естественных экосистем соотношение БПТ > 1, привнос ПАУ отсутствует, что свидетельствует о ненарушенности и сбалансиро-

ванности в них биогеохимических циклов ПАУ. Эти коэффициенты могут служить критерием оценки техногенного воздействия на почвенные экосистемы.

Таким образом, на основании проведенных исследований выявлены закономерности накопления ПАУ в системе атмосферные осадки–почва–лизиметрические воды техногенных ландшафтов. Характерная особенность состава атмосферных осадков и лизиметрических вод – наличие в них только низкомолекулярных полиаренов: фенантрена, антрацена, флуорантена, пирена, бенз(а)антрацена и хризена, массовая доля которых в сумме ПАУ составляет 93-96 %. По результатам расчетов баланса ПАУ достоверно зафиксирован прирост ПАУ в почвах за счет фенантрена, флуорантена и пирена из атмосферных осадков. Отсутствие тяжелых ПАУ – бензфлуорантены, бенз(а)пирен, дибенз(а,h)антрацен, бенз(ghi)перилен и ин-

дено(1,2,3-cd)пирен – в атмосферных осадках и их идентификация в почве дает основание утверждать, что их накопление обусловлено, главным образом, трансформацией органического вещества в процессе педогенеза. Аэротехногенное влияние на почвы связано с увеличением доли 3-4-ядерных ПАУ в их общем балансе, соотношение суммы биогенных и суммы техногенных ПАУ может служить критерием уровня техногенного воздействия на почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Идентификация полициклических ароматических углеводородов в почвах / Д.Н. Габов, В.А. Безносовых, Б.М. Кондратенко и др. // Почвоведение, 2004. № 11. С. 1305-1312.
2. Циркуляция полициклических ароматических углеводородов в среде, окружающей предприятия органического синтеза / И.И. Беляев, Е.П. Ракушина, М.П. Грачева и др. // Канцерогенные вещества в окружающей среде. М.: Гидрометеиздат, 1979. С. 19-21.
3. Галиулин Р.В., Башкин В.Н. Особенности поведения стойких органических загрязнителей в системе атмосферные выпадения–растение–почва // Агрохимия, 1999. № 12. С. 69-77.

4. Геннадиев А.Н., Шурубор Е.И., Козин И.С. Техногенные и биогенные полициклические ароматические углеводороды в почвах охраняемых территорий дельты Волги // Биологические науки, 1992. № 1. С. 133-142.

Превышение содержания полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в техногенных объектах над фоновыми в северной (верхняя строка) и средней (нижняя строка) тайге

ПАУ	Атмосферные осадки	Лизиметрическая вода	Органогенный горизонт
3-ядерные	2.1	1.1	1.6
	4.1	1.4	1.8
4-ядерные	4.6	1.5	5.3
	4.8	1.3	2.7
5-ядерные	5.4	–	4.2
	3.0	–	1.9
6-ядерные	–	–	3.1
	–	–	0.6

Примечание: прочерк – указанные ПАУ не обнаружены.

⁵ В методических указаниях МУ 2.1.7.730-99 – «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» – предложены категории загрязнения почв от величины Zc: менее 16 – допустимая, 16-32 – умеренно-опасная, 32-128 – опасная, более 128 – чрезвычайно опасная.

5. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.

6. *Ильницкий А.П.* Канцерогенные углеводороды в почве, воде и растительности // Канцерогены в окружающей среде. М.: Гидрометеиздат, 1975. С. 53-71.

7. *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 208 с.

8. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Санкт-Петербурга / *С.Н. Чуков, Е.Д. Лодыгин, В.А. Безносиков* и др. // Вестн. СПбГУ, 2006. Сер. 3. Биология. Вып. 1. С. 119-129.

9. Полициклические ароматические углеводороды в почвах фоновых территорий и природный педогенез / *А.Н. Геннадиев, И.С. Дельвиг, Н.С. Касимов* и др. // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Л.: Гидрометеиздат, 1989. Вып. 5. С. 149-161.

10. *Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А.* Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 224 с.

11. Формы и факторы накопления полициклических ароматических углеводородов в почвах при техногенном

загрязнении (Московская область) / *А.Н. Геннадиев, Ю.И. Пиковский, Т.А. Алексеева* и др. // Почвоведение, 2004. № 7. С. 804-818.

12. *Шабад Л.М.* О циркуляции канцерогенов в окружающей среде. М.: Медицина, 1973. 300 с.

13. *Шабад Л.М., Хесина А.Я., Смирнов Г.А.* Выхлопные газы автомобилей как основной источник загрязнения атмосферы городов канцерогенными углеводородами // Канцерогенные вещества в окружающей среде. М.: Гидрометеиздат, 1979. С. 29-34.

14. *Шилина А.И.* Миграция бенз(а)пирена в окружающей среде // Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С. 238-241.

15. *Шилова Е.И., Зеленова А.Ф., Коровкина Л.В.* Сравнительная характеристика состава растворов и лизиметрических вод вновь освоенной подзолистой почвы // Почвоведение, 1963. № 4. С. 45-59.

16. *Шурубор Е.И.* Эколого-индикационное значение полициклических ароматических углеводородов в почвах Нижнего Поволжья: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1991. 18 с.

17. *Bispo A., Jourdain M.J., Jauzein M.* Toxicity and genotoxicity of indu-

strial soils polluted by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) // *Organic Geochem.*, 1999. Vol. 30. № 8. P. 947-952.

18. *Carrasco F., Bredin N., Heitz M.* Gaseous contaminant emissions as affected by burning scrap tires in cement manufacturing // *J. Environm. Quality*, 2002. Vol. 31. P. 1484-1490.

19. City air pollution of polycyclic aromatic hydrocarbons and other mutagens: occurrence, sources and health effects / *T. Nielsen, H.E. Jorgensen, J.C. Larsen* et al. // *Sci. Total Environm.*, 1996. Vol. 189-190. P. 41-49.

20. *Glasier G.F., Filfil R., Pacey P.D.* Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons coincident with pyrolytic carbon deposition // *Carbon*, 2001. Vol. 39. № 4. P. 497-506.

21. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and estrogenic compounds in experimental flue gas streams / *W. Muthumbi, P. De Boever, J.G. Pieterse* et al. // *J. Environm. Quality*, 2003. Vol. 32. P. 417-422.

22. Soil-to-root transfer and translocation of polycyclic aromatic hydrocarbons by vegetables grown on industrial contaminated soils / *J. Fismes, C. Perrin-Ganier, P. Empereur-Bissonnet* et al. // *J. Environm. Quality*, 2002. Vol. 31. P. 1649-1656. ❖



СООБЩЕНИЯ



НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗУ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РАЙОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ СЕВЕРА

д.б.н. **Г. Русанова**
в.н.с. отдела почвоведения
E-mail: kirienko@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы: *палеопочвоведение, микроморфология, генезис почв*

Проведение масштабных стратегических проектов в северных регионах России, связанных с разработкой природных ресурсов, сопряжено с экологическими рисками и необходимостью их прогнозирования для предотвращения деградации геосистем. С целью разумного управления природопользованием необходима не только информация о комплексе показателей качества среды, но и прогнозные разработки возможности нарушений компонентов геосистем вследствие как техногенного воздействия, так и ожидаемого глобального изменения климата, которое базируется на цикличности и периодичности солнечной активности.

Оценка состояния почв и почвенного покрова Большеземельской тундры выявила, что проведенные разведочных и других работ по добыче и транспортировке нефти и газа в высоких широтах вызывает существенные нарушения в наземных экосистемах. Исследования на буровых площадках, проведенные через год и 20 лет после завершения буровых работ, показали, что наиболее распростра-

ненными типами нарушений являются: 1) химическое загрязнение нефтью, пластовыми водами, буровыми растворами, 2) физико-механическая деградация, 3) повреждения вследствие усиления экзогенных процессов (дефляция, солифлюкция, деградация мерзлоты). Степень нарушений колеблется от полного уничтожения почв до ухудшения в той или иной степени их качества [6]. Особенности накопления и миграции поллютантов зависят от положения почв в сопряженном ряду элементарных геохимических ландшафтов и физико-химических свойств почв, наличия в них сорбционных, литологических, мерзлотных и других барьеров.

Техногенное воздействие угольной и строительной отраслей промышленности (Воркутинский район) на почвенный покров тундры заключается в: 1) термокарстовой просадке почвы под терриконами, сопровождающейся заболачиванием прилегающих территорий; 2) оседании угольной и цементной пыли на поверхность почвы, влекущем за собой химические изменения и загрязнение тяжелыми металлами; 3) механическом разрушении почвенных

горизонтов, вызванном действием отвальных пород и шлаков, а также гусеничного транспорта [7].

Состояние почвенного покрова является важнейшим показателем глубины происходящих изменений в окружающей среде. В связи с этим, перспективным направлением диагностики трансформаций почв, контроля и прогнозирования опасности является педоиндикация, в основе которой лежит модификация организации почвы на микроуровне, не улавливаемая на начальных стадиях традиционными аналитическими и другими методами, включая биоиндикацию. Этот подход, апробированный в почвах нефтегазо- и угледобывающих районов, позволяет осуществлять раннюю диагностику деградации экосистем.

Отличительные от фоновых черты микростроения нефтезагрязненных почв, служащие индикаторами загрязнения, выявлены в почвах нефтедобывающих регионов Большеземельской тундры.

Механизм трансформации почв начального этапа техногенных нарушений (в течение одного года) заключается в максимальной аккумуляции компонентов нефти в торфяной толще, что сопровождается обволакиванием пленкой коагуляционных агрегатов и фрагментов растительных остатков. В гор. G происходит диффузное проникновение нефти, прокрашивание массы, блокирование пор. Загрязненные 20 лет назад почвы иллюстрируют высокую сохранность нефти благодаря низкой способности к разложению в условиях тундры. Картина микростроения следующая: I. Подбуры и подзолы дренированных местоположений: а) фрагментация растительных остатков, б) черные толстые оболочки и двухслойные пленки на зернах песка, в) темно-коричневые агрегации между песчаными зёрнами; II. Торфяно-глеевые почвы плоских водоразделов: а) фрагментация и хаотическое расположение растительных остатков, б) скопления коагуляционных черных агрегатов, в) крупные коричневые аккумуляции; III. Плоскобугристые торфяники: а) сильная фрагментация и прокрашивание растительных остатков, нарушение сложения вследствие усиления криотурбаций, б) черные крупные сгустки аморфной массы с трещинами усыхания.

В связи с длительным сохранением нефтезагрязнений в почвах тундровых ландшафтов возникает необходимость контроля и прогноза изменений экологической ситуации. Последовательные изменения загрязненных нефтью почв в процессе их самоочищения происходят с различной скоростью, которая зависит от типа ландшафта и почв. Оценка состоя-

ния почв на микроуровне их организации, использование микроморфологического метода индикации нефтезагрязнения являются перспективными, наряду с биоиндикационными методами. Изучение микростроения почв, нарушенных различными техногенными процессами, позволяет выявить не только состояние почв, но и составить прогнозные модели эволюционного развития.

Повышенный интерес в последнее время вызывают историческая биогеография Субарктики, реконструкция почв и ландшафтов второй половины голоцена, так как позднеголоценовые эпизоды климатических колебаний могут быть лучшим аналогом будущих глобальных изменений климата [9]. Метод палеореконовструкций рекомендован Межправительственным комитетом по глобальным изменениям климата (IPCC) как основной подход к изучению последствий этих изменений. В свете ожидаемых глобальных изменений климата, представляющих реальную опасность для объектов нефтегазовой и угольной промышленности, прогноз экологических последствий должен стать неотъемлемой частью любых государственных программ использования природных ресурсов Севера на перспективу [2].

Ожидаемые климатические изменения могут вызвать динамику как границы криолитозоны, так и естественных ботанико-географических зон. Температурные флуктуации, обусловленные долго- и краткосрочными климатическими циклами, наряду с текущей производственной деятельностью, достаточно велики на высоких широтах [5, 8]. Реакция экосистем на данные колебания лучше заметна на пределе распространения популяций и сообществ, существование которых находится в зависимости от климатических факторов.

Реликтовые островки леса в тундре являются наиболее чувствительными индикаторами глобальных процессов, так как они существуют на пределе выживания и быстро реагируют на изменения окружающей среды. Сохранение лесных островков в тундре связано с историей климата и растительного покрова на этой территории. Согласно многочисленным данным [1, 3, 4], на севере европейской России в оптимальный период голоцена происходили сдвиги границы леса вплоть до побережья Баренцева моря. Последнее подтверждается анализами пыльцы в торфяниках и находками стволов хвойных пород. С общим похолоданием климата в позднем голоцене связано установление тундры в современных границах.

НАШИ ПОЗДРАВЛЕНИЯ

Галине Николаевне Табаленковой с успешной защитой диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук «Продуктивность сельскохозяйственных культур в подзоне средней тайги европейского северо-востока России» по специальности 03.00.12 – физиология и биохимия растений (диссертационный совет Д 220-043-08 при Российском аграрном университете – МСХА им. К.А. Тимирязева)!



Погребенные почвы, формирующиеся в рыхло-песчаных отложениях, обнаружены нами как под тундровой растительностью, так и реликтивными островками елового леса, в бассейнах рек Хоседа-ю, Воркута, Море-ю, Ортина. Изучение морфогенетических особенностей погребенных почв показало, что они относятся к подзолам и дерново-подзолам, а современная почва на их поверхности – к подбуррам. Как известно, развитие погребенных почв связано с таежными лесами, иногда – с примесью широколиственных пород, а современных – с условиями тундровых ландшафтов.

Анализ морфогенетических особенностей погребенных подзолов и современного подбура, залегающего на их поверхности, позволил обнаружить ведущие процессы почвообразования и различную их активность в погребенных и дневных почвах, корректируемую климатическими колебаниями в период голоцена. Диагностика позднеголоценовых этапов формирования почв затруднена вследствие резкого усиления криогенных процессов и деградации почв. Анализ полученных данных позволил выделить предположительно три этапа формирования почв на легких породах: I – позднеатлантический–среднесуббореальный (6000-4600 и 4300-3200 л.н.), когда в условиях высокой, по сравнению с современной, теплообеспеченности формировались четко дифференцированные зрелые подзолы. В холодные этапы (3200-2200 л.н.), сопровождаемые наступлением тундры, имели место криогенные деформации сформировавшихся почв, погребение их вследствие усиления эоловых процессов осадконакопления; II – среднесубатлантический (1700 и 1000 л.н.) – потепление климата и продвижение к северу лесных формаций способствовали формированию также подзолов и дерново-подзолов, в различной степени деформированных впоследствии криогенными процессами; III – современный этап (позднее 1000 л.н.) в условиях активного эолового седиментогенеза – синлитогенное почвообразование, формирование подбуров.

Таим образом, индикатором изменений палеоландшафтных условий, вызванных климатическими флуктуациями, является спектр погребенных почв, адекватный этим условиям. Данные палеопочвенных исследований необходимо использовать при разработке прогноза будущих изменений природной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болиховская Н.С., Болиховский В.Ф., Климанов В.А. Климатические и криогенные факторы развития торфяников европейского северо-востока СССР в голоцене // Палеоклиматы голоцена европейской территории СССР. М.: Наука, 1988. С. 36-44.
2. Величко А.А. Потепление климата: взгляд в будущее // Наука в России, 2002. № 3. С. 44-52.
3. (Величко А.А., Андреев А.А., Климанов В.А.) Velichko A.A., Andreev A.A., Klimanov V.A. Climate and vegetation dynamics in the tundra and forest zone during the late glacial and Holocene // Quaternary International, 1997. Vol. 41/42. P. 71-96.
4. Никифорова Л.Д. Динамика ландшафтных зон голоцена северо-востока Европейской части СССР // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. М., 1982. С. 154-161.
5. Павлов А.В. Мониторинг мерзлоты: методология, результаты наблюдений, прогноз // Криосфера Земли, 1997. № 1. С. 47-58.
6. Русанова Г.В. Деградация криогенных почв в районах нефтегазоразведочных работ // Почвоведение, 2000. № 2. С. 252-261.
7. Русанова Г.В. Микроморфология антропогенно-измененных почв. Екатеринбург, 1998. 160 с.
8. Nelson F.E., Anisimiv O.A. Permafrost zonation in Russia under anthropogenic climate change // Permafrost and periglacial processes, 1993. № 4. P. 137-148.
9. Rapid response of treeline vegetation and lakes to past climate warming / G.M. Mac Donald, T.W.D. Edwards, K.A. Moser et al. // Nature, 1993. Vol. 361, № 6409. P. 243-246.



ЮБИЛЕЙ

30 октября отмечает юбилейную дату ведущий инженер отдела флоры и растительности Севера Института биологии Коми НЦ УрО РАН **Вера Дмитриевна Панова**. Более 40 лет она трудится в системе научных учреждений России, из них 25 лет – в Институте биологии. Сегодня Вера Дмитриевна – самый незаменимый сотрудник в гербарии мохообразных. Ежедневно она ведет кропотливую, требующую огромного внимания и терпения работу по этикетированию и подготовке образцов к инсерации, раскладке оформленного материала для постоянного хранения, ведению каталога основного фонда гербария, насчитывающего более 30 тыс. образцов. Очень важна

для научных сотрудников квалифицированная помощь Веры Дмитриевны при составлении аннотированных списков мохообразных, статистической обработке данных, оформлении рукописей отчетов и монографий и при их корректуре. Большой вклад внесен ею в подготовку материалов для компьютерной базы данных «Редкие растения Республики Коми» и «Красной книги Республики Коми».

Своей беззаветной преданностью любимой работе, творческим подходом к порученному делу и большим трудолюбием Вера Дмитриевна снискала заслуженное уважение в коллективе. Коллеги ценят ее как мудрую, энергичную сотрудницу, отдающую всю себя нелегкому делу служения науке и как доброго человека со щедрой душой, милую, обаятельную женщину.

Поздравляя Веру Дмитриевну с юбилеем, желаем ей отменного здоровья, благополучия, удачи во всех начинаниях, сохранения на долгие годы энергии и высокой работоспособности!

Коллеги

ЮБИЛЕЙ

Модест Михайлович Долгин более 35 лет своей трудовой деятельности посвятил науке и подготовке квалифицированных специалистов: зоологов, экологов, энтомологов, преподавателей средних и высших учебных заведений. Выходец из Удорского района Республики Коми, в 1965 г. он поступил и досрочно на год с отличием окончил Пермский государственный университет. В аспирантуре при Биологическом институте Сибирского отделения АН СССР (г. Новосибирск) обучался по специальности «энтомология». Отработав три года в должности младшего научного сотрудника лаборатории патологии древесных растений Института леса и древесины СО АН СССР (г. Красноярск), в 1974 г. защитил кандидатскую диссертацию «Фауна и экология листоедов Горного Алтая». В 1975 г. был приглашен на работу в Сыктывкарский государственный университет, где работал в должности старшего преподавателя (1975-1978 гг.), доцента (1978-1992 гг.), заведующего кафедрой зоологии (1992-2006), декана химико-биологического факультета СГУ (1978-1986 и 1992-1997 гг.). В 1992 г. защитил докторскую диссертацию «Насекомые, влияющие на семенную продукцию хвойных на северо-востоке Европейской части СССР и их энтомофаги» в специализированном совете при Зоологическом институте РАН (г. Санкт-Петербург). В 1996 г. возглавил вновь созданную в стенах Института биологии Коми НЦ УрО РАН лабораторию беспозвоночных животных. Начав свою историю с «чистого листа», лаборатория за 10 лет сумела доказать свою работоспособность. Благодаря выдержке, внутреннему спокойствию, требовательности, внимательности, доброжелательности Модест Михайлович воспитал 12 кандидатов биологических наук, привил им чувство ответственности и самостоятельности, создал творческий и дружеский настрой в коллективе. Модест Михайлович — опытный руководитель и хороший организатор. Он активно привлекает в фундаментальную науку талантливую молодежь, готовит студентов для поступления в аспирантуру. Он искренне считает, что «энергии молодым не занимать, а опыт — дело наживное». Вращаясь в кругу молодежи, он остается в душевной гармонии с самим собой. Его деятельность безгранична, поэтому он организовал Коми республиканское отделение Русского энтомологического общества, является членом Межведомственного координационного совета, членом специализированного совета по защите докторских диссертаций по специальности «Экология». Им опубликовано большое количество научных работ и учебно-методических пособий. Он постоянно выступает с научными докладами на международных и всероссийских конференциях, симпозиумах и съездах. Под его руководством были проведены две международные конференции «Биоразнообразие наземных и почвенных беспозвоночных на Севере». За добросовестную работу Модесту Михайловичу присвоено почетное звание «Заслуженный работник Республики Коми». За развитие фундаментальных исследований отмечен Почетной грамотой Президиума Коми НЦ. За заслуги в хозяйственном и культурном строительстве республики награжден Почетными грамотами Совета Министров и Президиума Верховного совета Республики Коми.



В этот праздничный день, мы — сотрудники лаборатории, коллеги по отделу и все, кто работал и работает с Вами, сердечно поздравляем Вас с 65-летним юбилеем!

Мы благодарны Вам за многолетний добросовестный труд, за способность вселить в нас Веру, Надежду и Любовь к познанию, за внимание, чуткость и доброту! Желаем крепкого здоровья, благополучия, успехов в работе и счастья Вам и Вашей семье!

У Вас сегодня юбилей, негромкий он, но тем милей,
Тринадцать раз уже по пять, и мы спешим скорей обнять,
Поздравить с днем рождения и пожелать терпения.
В нелегкой жизни свой закон: кто терпелив — не побежден!
На споры силы тратить жаль: одно унынье да печаль.
Вы оптимист, и жизнью всей Вы доказали это всем!
И в самом деле, дай Вам Боже покрепче сил, любви друзей
И много светлых, теплых дней.
За помощь Вашу всем своим знакомым, близким и родным,
С душой, всегда для всех открытой, не быть Вам одному, забытым!



ТОРФЯНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

к.с.-х.н. **В. Мокиев**
с.н.с. отдела почвоведения
E-mail: mokiev@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 51 15

Научные интересы: *мелиоративное почвоведение*

Торфяники, представляющие собой болота с мощностью торфа более 0.5 м, являются уникальной природной экосистемой. Эти природные образования широко и относительно равномерно распределены на территории республики, но наибольшее количество торфяных месторождений и запасов торфа расположено в северных и центральных районах республики, наименьшие запасы – в южных районах (см. рисунок, табл. 1). Заторфованность территории составляет в среднем 3.4, достигая в отдельных районах величины 17-20 %. На территории республики (по данным на 01.01.2000 г.) расположено 4840 торфяников общей площадью около 2.8 млн. га и массой торфа 7.6 млрд. т (в пересчете на 40 %-ную влажность). В той или иной степени изучены (учтены) 1278 торфяников с общей площадью 1.41 млн. га и ресурсами торфа в

2.8 млрд. т [5]. Характерным является разнообразие торфяников по размерам площадей, мощности, строению, типам залежи и техническим свойствам торфа. Торфяные месторождения малых и средних размеров (площадью до 1000 га) распространены по всей территории республики. По количеству преобладают малые торфяные месторождения (от 1 до 100 га), их насчитывается 644 (50.5 % общего количества учтенных торфяных месторождений), но их суммарная площадь составляет всего лишь 40.7 тыс. га (1.5 % всей площади торфяных месторождений республики) и содержат только 1.7 % общих запасов торфа.

Основные ресурсы торфа сосредоточены в 151 крупном торфяном месторождении, каждое из которых имеет площадь свыше 1000 га. Они расположены в районах с благоприятными условиями торфонакопления. В них находится 79.8 % запасов учтен-

ного торфа 2247.8 млн. т. Причем 51 % (1434.4 млн. т) запасов учтенного торфа сосредоточены на 16 торфяниках площадью более 10 тыс. га (табл. 2). Как правило, на крупных торфяных месторождениях отмечаются и более мощные залежи торфа. Средняя глубина малых торфяников колеблется от 0.8 до 2.0 м, крупных – от 2.0 до 3.2 м при максимальной глубине 5-8 м. Почти 95 % запасов торфа сосредоточены на торфяных месторождениях со средней глубиной торфяной залежи 1.3 м и пригодны для добычи торфа. Запасы торфа в республике представлены всеми типами торфов. Залежи верхового и низинного торфа составляют соответственно 44 и 38 % всех запасов торфа. Доля залежей торфа переходного типа – 18 %. Верховые торфяники сложены в основном сфагновыми и пушицевыми видами торфа. Степень разложения сфагновых торфов низкая. Зольность колеблется от 1.5 до 3.5 %. Для низинного и переходного типов торфов характерны более высокие показатели степени разложения и зольности. Зольность верхнего слоя достигает 6-18 % и более. Наряду с торфяными отложениями на территории республики встречаются и сапрпели – органоминеральные донные отложения пресноводных озер. По состоянию на 2000 г. в восьми из 37 разведанных озер обнаружен сапрпель железистого, органического и органо-минерального класса промышленного значения. Встречаются сапрпели и под торфяными залежами. Наиболее крупные отложения сапрпеля находятся в озерах Донское (2714 тыс. т) и Синдорское (25000 тыс. м³).

В соответствии с качественными показателями, учитывая значительные запасы и разнообразие торфа, он может быть использован в промышленно-энергетических целях и в сельском хозяйстве, причем размещение торфяных ресурсов позволяет использовать его запасы как путем организации крупных, так и широкой сети малых предприятий. Наиболее перспективны для промышленного освоения крупные торфяные месторождения с запасами торфа малой степени разложения, однако многие малые и средние торфяные месторождения также располагают запасами торфа низкой степени разложения и могут быть использованы в промышленных целях. Мелкозалежные торфяники могут быть использованы для сель-

Таблица 1

Заболоченность, количество и распределение торфяников по административным районам Республики Коми, тыс. га (%)

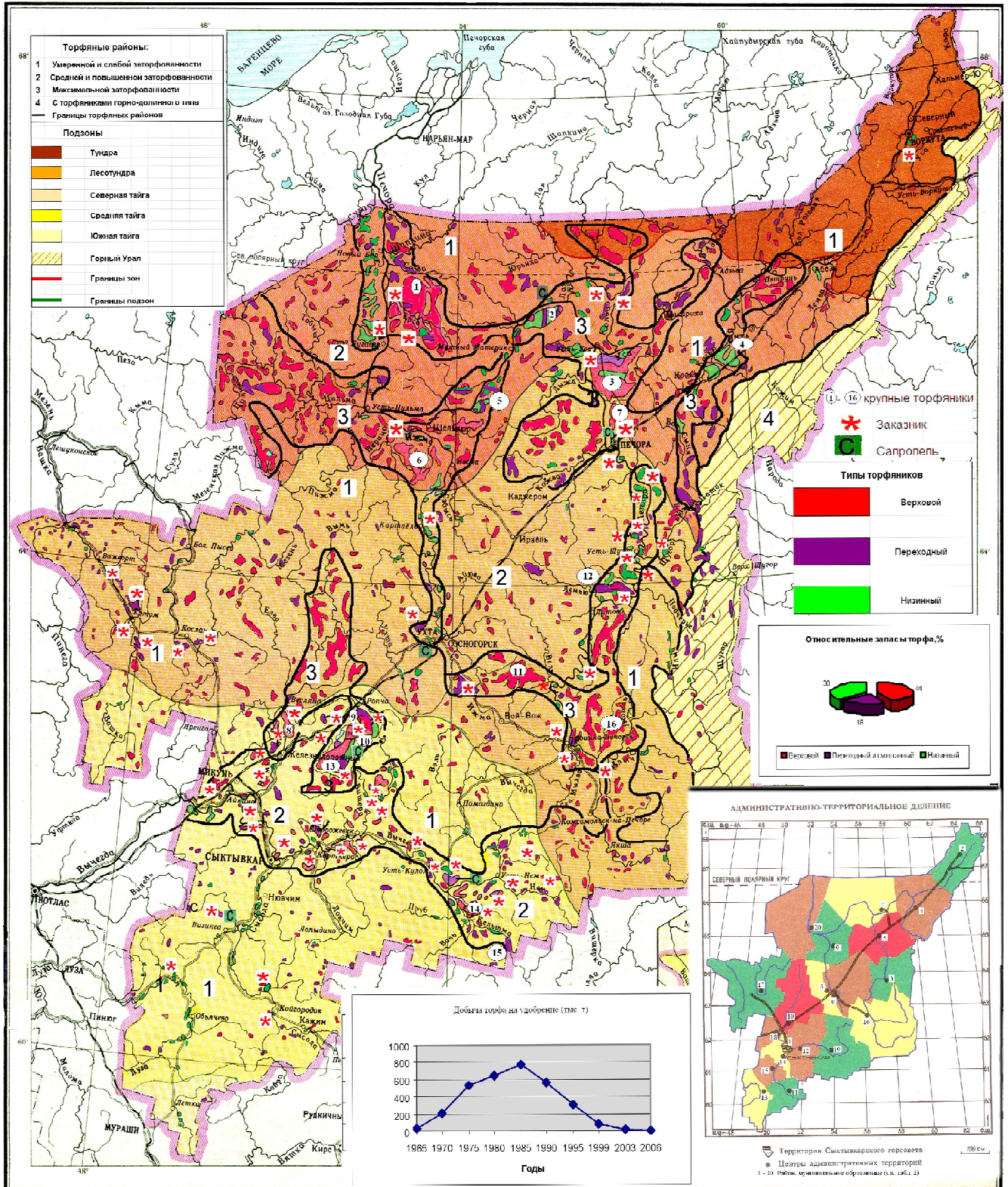
Район, муниципальное образование*	Площадь района	Общая площадь болот	Количество торфяников	Общая площадь торфяников	Запас торфа, млн. т
Усть-Цилемский (20)	4251.1	831.5 (19.6)	35	257.4 (6.1)	323.3
Усинский (7)	3056.1	360.4 (11.8)	51	241.6 (7.9)	561.0
Интинский (4)	3009.7	229.4 (7.6)	3	35.7 (1.2)	42.9
Воркутинский (2)	2408.3	53.6 (2.2)	2	0.5 (0.0)	0.7
Ижемский (9)	1842.6	228.9 (12.4)	57	139.0 (7.5)	232.4
Печорский (5)	2892.3	507.4 (17.5)	24	42.8 (1.5)	97.4
Удорский (17)	3581.6	262.7 (7.3)	24	19.0 (0.5)	43.4
Княжпогостский (10)	2461.9	323.3 (13.1)	57	90.6 (3.7)	205.2
г. Ухта (8)	1323.2	94.6 (7.1)	21	32.2 (2.4)	73.4
Сосногорский (6)	1648.3	214.3 (13.0)	32	52.1 (3.2)	75.7
Вуктыльский (3)	2245.3	254.2 (11.3)	186	66.7 (3.0)	107.3
Усть-Вымский (18)	477.5	17.7 (3.7)	35	21.5 (4.5)	41.5
Корткеросский (12)	1974.6	133.2 (6.7)	76	119.2 (6.0)	262.5
Усть-Куломский (19)	2636.8	143.7 (5.4)	66	95.9 (3.6)	303.7
Троицко-Печорский (16)	4064.6	369.4 (9.1)	388	132.0 (3.2)	279.6
Сктывдинский (14)	740.5	17.7 (2.4)	73	20.4 (2.8)	40.6
г. Сыктывкар (1)	73.2	1.1 (1.5)	1	0.005 (0.0)	0.02
Сысольский (15)	613.7	4.4 (0.7)	61	15.1 (2.5)	53.3
Прилузский (13)	1316.8	10.4 (0.8)	60	21.8 (1.7)	50.9
Койгородский (11)	1039.7	17.9 (1.7)	24	10.4 (1.0)	22.6
Всего	41657.8	4076.0 (9.8)	1276	1414.0 (3.4)	2817.4

* Здесь и далее: в скобках указан номер на карте-схеме (см. рисунок). Запасы (общие ресурсы) рассчитаны при 40 %-ной влажности торфа.

скохозяйственных целей. Из выявленных и разведанных запасов торфа для производства органических удобрений может быть использовано от 1200 до 1500 млн. т с возможным ежегодным объемом добычи в 20-25 млн. т, для производства подстилки и продуктов гидролиза – от 1250 до 300 млн. т с

возможным ежегодным объемом 1.5-2.0 млн. т, для производства торфоизоплитных материалов, парниково-тепличного грунта, торфоблоков и другой торфяной продукции – 100-150 млн. т с объемом до 1 млн. т торфа в год.

Для комплексного использования особенно ценны крупные торфяные залежи верхового типа с наличием торфа малой степени разложения в верхних слоях и хорошо разложившегося в основной части залежи. Это в основном крупные торфяные месторождения, расположенные компактно



Карта-схема «Заторфованность и торфяные залежи».

группами, которые можно объединить в торфосырьевые базы. В пределах Республики выделяется четыре таких базы с общим возможным годовым объемом добычи торфа около 15 млн. т [4]. В период с 1975 по 1993 г. ежегодная добыча торфа АО «Комимелиорация» колебалась от 429 до 1130 тыс. т. Торф использовался исключительно для нужд сельского хозяйства – в основном для приготовления органических удобрений и в незначительной мере – на подстилку в животноводческих фермах и комплексах. В настоящее время торфяные ресурсы в республике используются слабо (см. рисунок).

Важное значение имеют торфяники и в качестве сельскохозяйственных угодий. Пригодны для этой цели низинные торфяники, которые могут быть успешно использованы для выращивания овощей, кормовых корнеплодов, а также как сенокосы и пастбища. Площадь торфяников, перспективных для мелиоративного освоения в качестве сельскохозяйственных угодий, составляет 76 тыс. га. При освоении торфяников необходимо предусматривать меры, которые обеспечат наименьшие нежелательные изменения природной среды: рекультивацию выработанных торфяников, последующее сельскохозяйственное или лесохозяйственное освоение таких площадей, создание сети заказников и эталонов, организацию природных парков.

Карта-схема заторфованности и торфяных залежей изготовлена с использованием карты «Заболоченность и торфяные залежи» М 1:4000000 [1], характеристики почвенного покрова Республики Коми [2], характеристики торфяных месторождений Республики Коми [4], карты торфяных месторождений Коми АССР М 1:500000 [3], списка торфяных месторождений [5]. Карта-схема дает общее представление о размещении торфяников и условиях их образования, типе торфяной залежи, использовании и освоении торфяных месторождений. На ней показаны торфяники, выявленные в

Таблица 2
Крупные торфяные месторождения

Название	Площадь, га	Общий ресурс, млн. т
Океан (1)	178975	219.4
Лодма Нюр (2)	37865	80.3
Усинское (3)	139190	392.0
Вадчарты (4)	23672	25.8
Лек-Нюр (5)	16315	23.0
Зайжемское (6)	38575	40.7
Усва-Нюр (7)	18340	52.2
Ыджид-Нюр (Кересское) (8)	17855	49.4
Иоссер (9)	23670	38.7
Угьюм (Синдорское) (10)	13665	41.4
Джьер-Нюр (11)	32228	27.2
Козла-Нюр (12)	19930	28.7
Тыбью-Нюр (13)	60042	159.7
Кельтманское (14)	18747	68.2
Джурич-Нюр (15)	35953	128.2
Когель-Нюр (16)	22923	59.5
Итого	697947	1434.4

результате как полевых геологоразведочных работ (имеются материалы полевых исследований), так и при камеральном дешифрировании космических снимков, аэрофотоматериалов, топографических и специальных карт. Номера наиболее крупных уникальных по размерам торфяников (табл. 2) совпадают с указанными на карте цифрами, где также выделены некоторые заповедные торфяники (бо-

Таблица 3
Типы торфяных залежей и их ресурсы

Тип залежи	Количество торфяников (учтенные)	Площадь, тыс. га	Общие ресурсы, млн. т (%)
Верховой	402	468	1239 (44)
Переходный	334	163	505 (18)
Низинный	540	298	1073 (38)
Всего	1276	929	2817 (100)

лотные заказники, всего таких заказников 113), торфяники и озера с отложениями сапропеля.

Республика имеет довольно сложное геоморфологическое строение и выраженную широтную зональность, но поскольку на ее территории преобладают торфяные месторождения верхового типа, то трудно выделить особенности распространения торфяных месторождений в зависимости от зональности и типов залежи. Только показатель заторфованности ясно выделяет отдельные торфяные районы. По этому показателю на территории республики можно выделить следующие группы районов (см. рисунок, 1-4):

1. Умеренной и слабой заторфованности (1-5 %). Это сложенные мореной и водноледниковыми отложениями наиболее дренируемые части Мезенско-Двинского плато, Северных Увалов, Усинско-Печорской равнины, денудационные повышенные равнины Тимана и Северного Приуралья;

2. Средней и повышенной заторфованности (5-10 %) разнотипных торфяных месторождений водноледниковых, моренных, денудационных равнин и речных долин;

3. Максимальной заторфованности (от 10 до 20 %) крупных и средних торфяных месторождений речных долин, моренных и водноледниковых равнин.

Четвертую группу образует горнодолинный район с торфяниками горнодолинного типа на западном склоне Урала, где заторфованность не превышает 2 %.

Заболоченность почвенного покрова (слой торфа более 20 см) имеет четкие зональные отличия – от 2.2 % в южной тундре до 8-20 % – в крайней северной и северной тайге, в подзонах средней и южной тайги данный показатель снижается соответственно с 8 до 2 и 0.7 % (см. рисунок, табл. 1). В среднем заболоченность территории республики составляет 9.8 %. Основной причиной заболачивания является застойное атмосферное увлажнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас Коми АССР. М.: ГУГК, 1964. С. 45.
2. Забоева И.В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар, 1975. 344 с.
3. Карта торфяных месторождений Коми АССР масштаба 1:500000. М., 1986. – (Производственное геологическое объединение «Торфгеология»).
4. Торфяные месторождения Коми АССР. М., 1984. 468 с. – (Производственное геологическое объединение «Торфгеология»).
5. Торфяные ресурсы Республики Коми. Сыктывкар, 2000. 613 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРА TRACE DSQ

Современная масс-спектрометрия базируется на основополагающей работе, сделанной Дж. Томсоном в Кэвендишеской лаборатории Кембриджского университета. Исследования Томсона, приведшие к открытию электрона в 1897 г., также привели к созданию первого масс-спектрометра, построенного им для изучения влияния электрического и магнитного полей на ионы, генерируемые в остаточном газе на катоде рентгеновской трубки [2]. Идея метода масс-спектрометрии проста и предполагает наличие всего двух основных стадий (рис. 1):

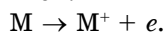
- превращение нейтральных атомов или молекул в заряженные частицы – ионы;
- сортировку полученных ионов в пространстве в соответствии с их массой и зарядом при помощи магнитного или электрического поля.

Хромато-масс-спектрометр TRACE DSQ (рис. 2) фирмы Thermo Fisher Scientific (США) представляет собой серийный газовый хроматограф Trace GC Ultra, соединенный с масс-спектрометром DSQ. Данный масс-спектрометр – это система с двухстадийным квадрупольным масс-фильтром, содержащая, кроме основного квадруполя, искривленный квадрупольный префильтр, позволяющий отсеять нейтральные молекулы и нежелательные ионы¹. Сочетание газовой хроматографии с масс-спектрометрией, реализованное в данной модели, далеко не случайно. Во-первых, компоненты анализируемой пробы предварительно разделяются и в ионный источник масс-спектрометра поступают индивидуальные компоненты, во-вторых, соединения уже находятся в газовой фазе, что идеально для их последующей ионизации.

Ионизация

В масс-спектрометре DSQ предусмотрены два способа ионизации молекул органических соединений – это так называемый электронный удар EI (electron impact) и химическая ионизация CI (chemical ionization).

Электронный удар – наиболее распространенный тип ионизации в современных масс-спектрометрах, при котором исследуемое вещество подвергается воздействию потока электронов определенной энергии. Ионизация происходит, когда электрон сталкивается с молекулой (неупругое столкновение). При этом энергия электрона передается молекуле, вызывая электронное возбуждение и последующую ионизацию молекулы с превращением в положительно заряженный ион:



Энергии ионизации большинства органических молекул лежат в диапазоне значений 7-10 эВ. Для



К.х.н. **И. Груздев**
с.н.с. экоаналитической
лаборатории
e-mail: gruzdev@ib.komisc.ru



К.х.н. **Б. Кондратенко**
зав. этой же лабораторией
e-mail:
kondratenok@ib.komisc.ru

Научных интересы:
аналитическая химия органических соединений, хроматографические методы анализа объектов окружающей среды

получения масс-спектров применяют электроны с энергией выше 20 эВ (чаще всего 70 эВ), поэтому полученные в таких условиях молекулярные ионы имеют большой избыток энергии электронного и колебательного возбуждения. Эта избыточная энергия приводит к разрыву связей, т.е. к фрагментации молекулярных ионов. Фрагментарные ионы, которые обладают еще достаточным избытком колебательной энергии, претерпевают дальнейший распад. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не будет израсходован весь избыток внутренней энергии, полученный при столкновении молекулы с электроном.

Анализируя качественный и количественный состав собранных фрагментарных ионов (масс-спектр), строго индивидуальный для каждого вещества, получают структурную информацию, а общее количество образованных данным веществом ионов (полный ионный ток) будет пропорционально его количеству. С помощью масс-спектра определяют три основные структурные характеристики молекул:

- молекулярную массу молекулы (по массе молекулярного иона M⁺);
- массы основных структурных фрагментов молекулы (осколочных ионов);
- наличие определенных функциональных групп, определяемых по характерным направлениям фрагментации органических молекул.

Например, масс-спектр органического соединения (рис. 3А), относительная молекулярная масса которого равна 330 (M⁺), показывает наличие мультиплетных пиков ионов (328, 330, 332, 334) и соотно-

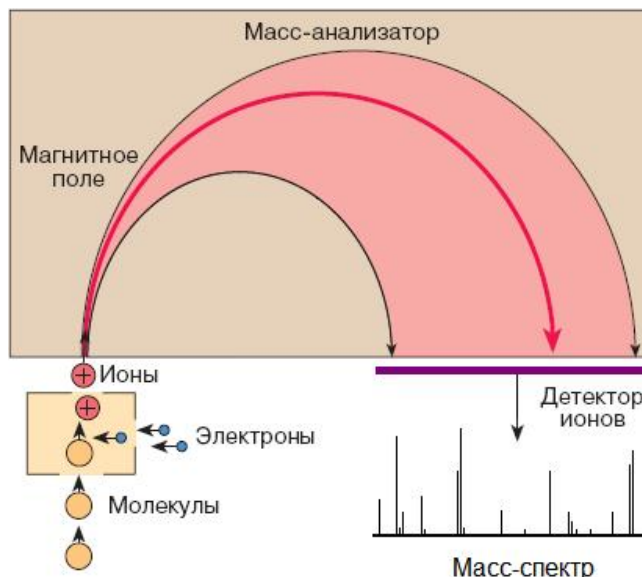


Рис. 1. Схема ионизации веществ методом электронного удара и разделения ионов по массам в магнитном поле.

¹ <http://www.textronica.com>



Рис. 2. Хромато-масс-спектрометр Trace DSQ фирмы Thermo Fisher Scientific (США).

шение их интенсивностей 1:3:3:1, что позволяет однозначно утверждать – это соединение содержит три атома брома [3]. Этот вывод подтверждается и тем, что фрагментация сопровождается последовательным

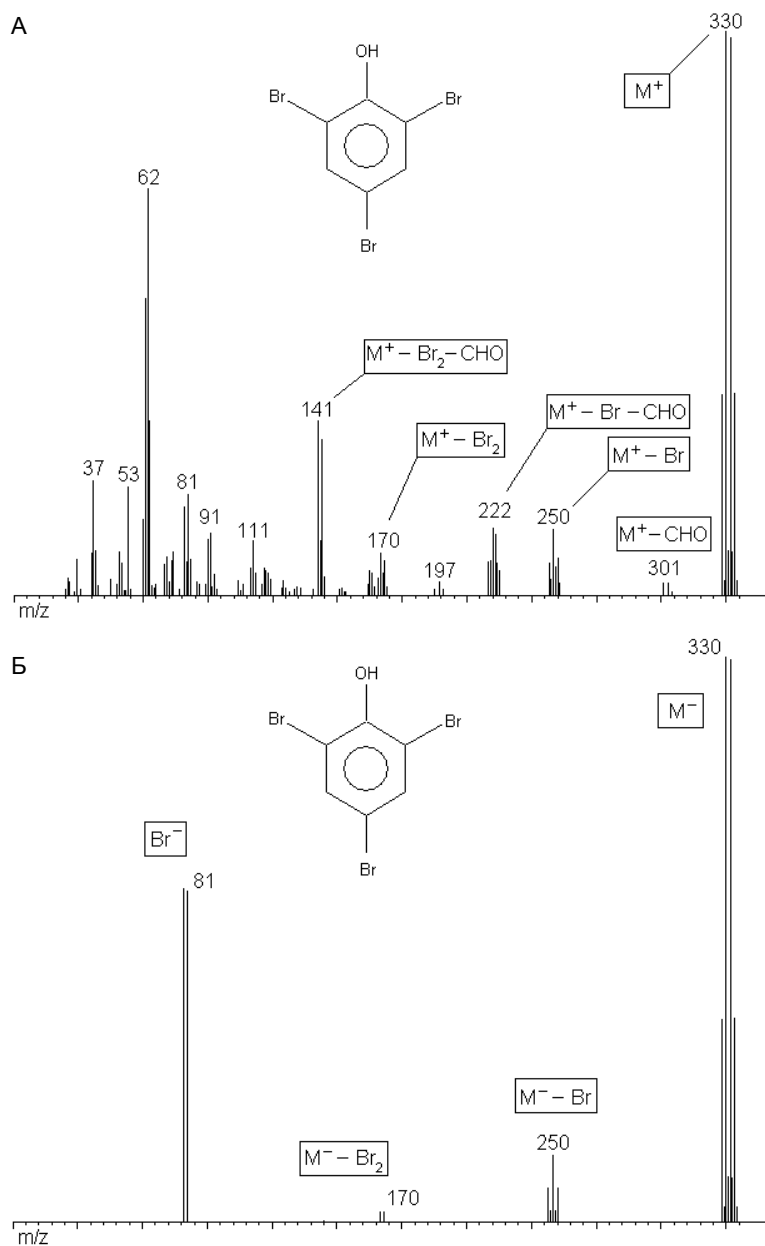
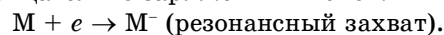


Рис. 3. Масс-спектры 2,4,6-трибромфенола, полученные в условиях ионизации электронным ударом (EI) с регистрацией положительных ионов (А) и в условиях химической ионизации (CI) с регистрацией отрицательных ионов (Б).

выбросом атомов брома из молекулярного иона. Другая выбрасываемая частица – CHO – характерна при фрагментации молекулярных ионов фенолов и ароматических альдегидов. Присутствие в масс-спектре соединения фрагментарного иона ($M^+ - Br_3$) с массой 91 позволяет заключить, что это трибромпроизводное фенола ($M_r = 94$), а не бензальдегида ($M_r = 106$).

Другой тип ионизации молекул, реализуемый в масс-спектрометре Trace DSQ – химическая ионизация. Основное отличие от EI состоит только в том, что ионизационная камера заполняется газом-реагентом (изобутаном), который ионизуется потоком электронов. Образующиеся ионы изобутана начинают вступать в ионно-молекулярные реакции с молекулами анализируемых веществ, вызывая их ионизацию. Для некоторых классов органических соединений применение CI намного эффективнее, чем EI, поскольку позволяет получать более устойчивые молекулярные и характерные фрагментарные ионы.

В масс-спектрометре Trace DSQ также предусмотрена возможность проведения CI с регистрацией отрицательных ионов. В условиях CI ионизирующие электроны (70 эВ) в результате столкновения с молекулами газа-реагента теряют энергию и превращаются в «тепловые» электроны с низкой энергией. Такая ионизация, во-первых, является «мягкой» и образовавшиеся ионы не разрушаются на мелкие фрагменты. Во-вторых, «тепловые» электроны легко захватываются молекулами, в состав которых входят электронакцепторные атомы (F, Cl, Br, I, O, N, S), с образованием отрицательно заряженных ионов:



На масс-спектре 2,4,6-трибромфенола, полученном в режиме CI с регистрацией отрицательных ионов (рис. 3Б), видно, что фрагментация идет с образованием минимального количества ионов – выбрасываются только наиболее доступные атомы брома. Кроме того, в режиме CI образуется большое количество анионов брома, получение которых невозможно при электронном ударе. Метод CI дает меньше информации о структуре молекулы, но зато позволяет однозначно определять молекулярную массу соединений, в спектрах EI которых пики молекулярных ионов малоинтенсивны или отсутствуют полностью.

Режим сканирования SIM

При анализе сложных, многокомпонентных матриц очень эффективно применение режима селективной регистрации ионов (SIM). Данный режим позволяет выделять из полученной хроматограммы (полный ионный ток) соединения с заданным набором ионов. Поскольку фрагментация органических соединений одного гомологического ряда идет по сходному механизму, то

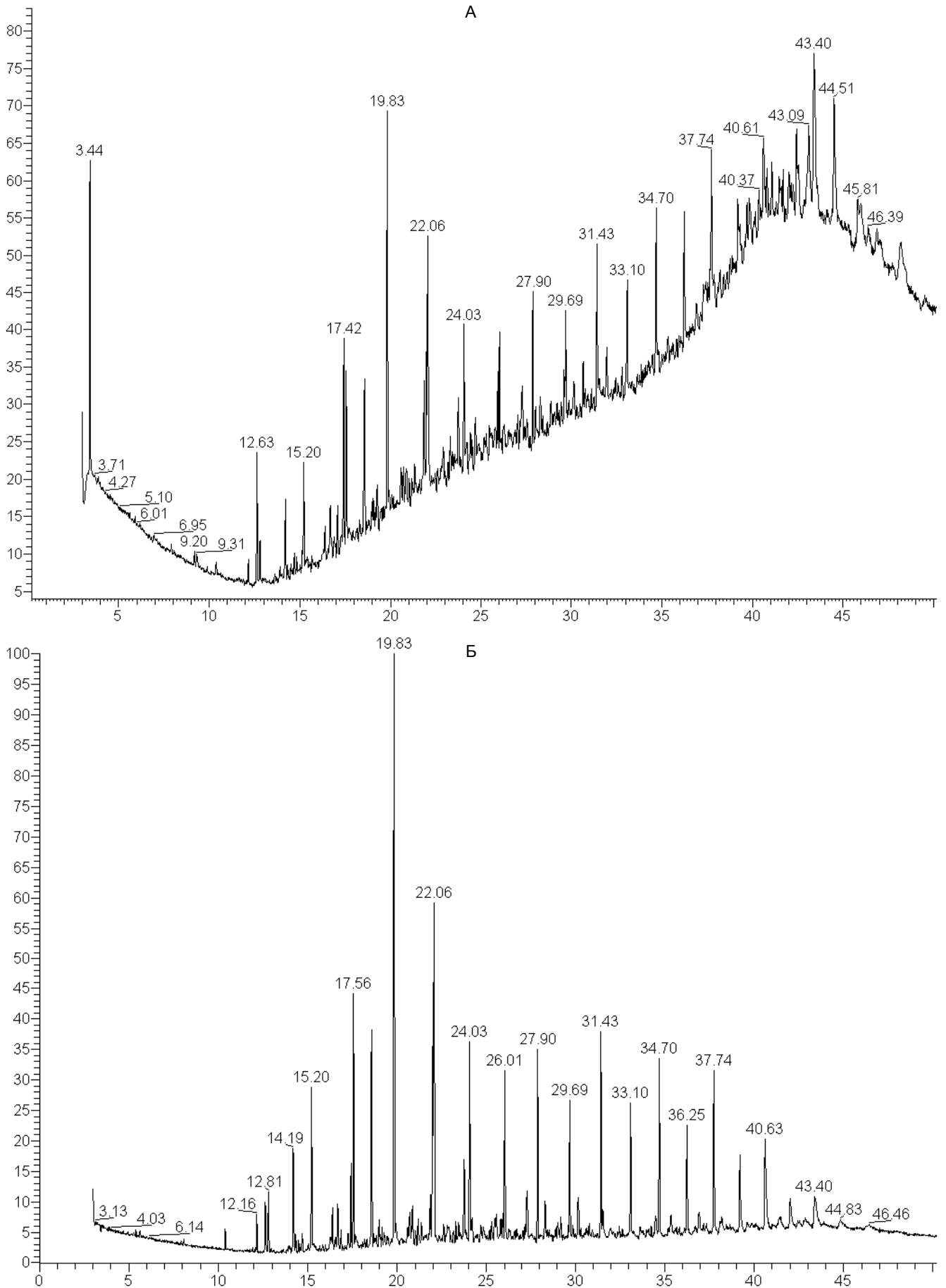


Рис. 4. Хроматограммы образца почвы нефтезагрязненного участка (М.Ю. Маркарова, лаб. биохимии и биотехнологии растений), полученные в режиме полного ионного тока (А) и в режиме SIM по ионам с массами 57, 71 и 85 (Б). Здесь и далее: по горизонтали – время, мин, по вертикали – интенсивность, %.

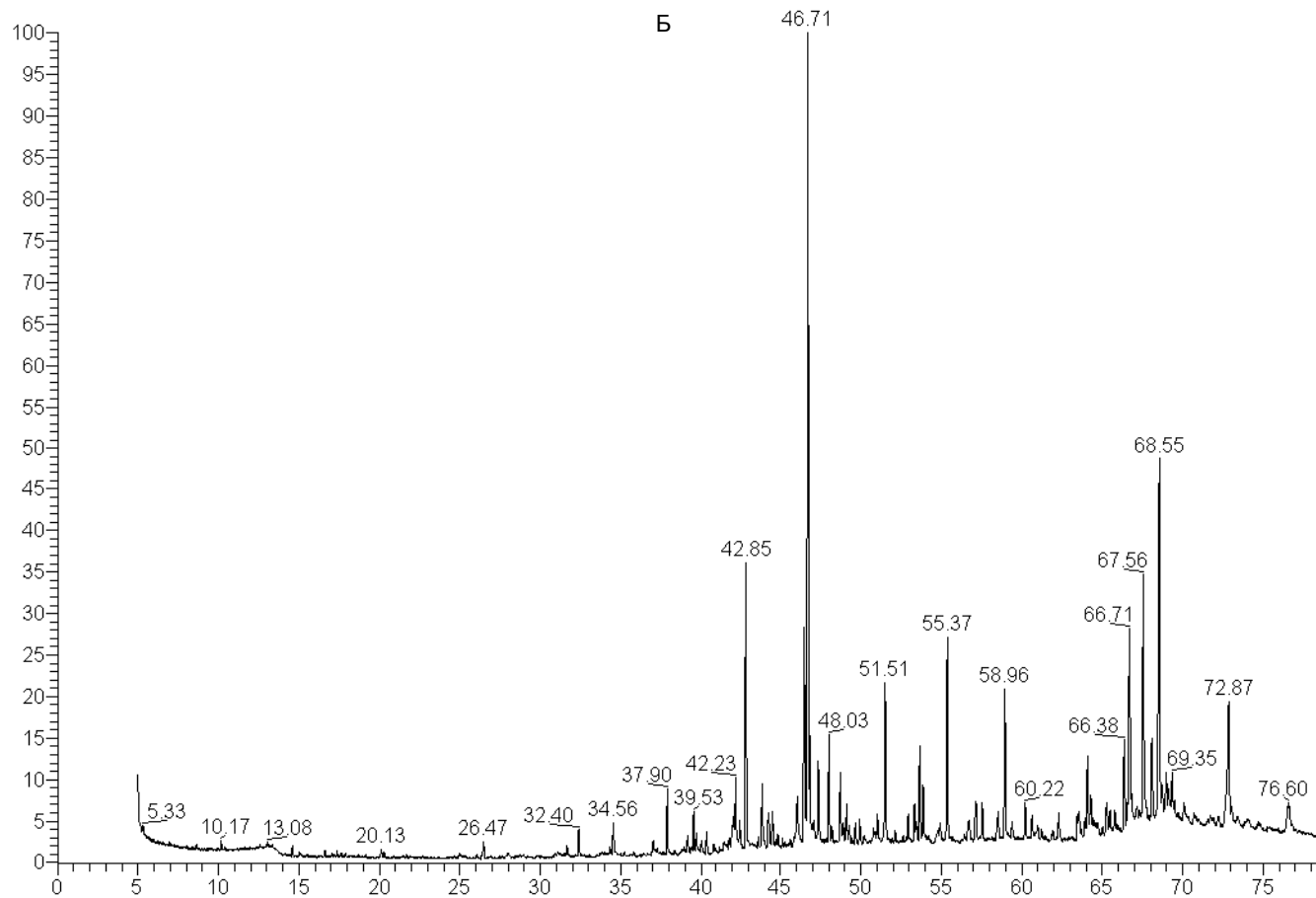
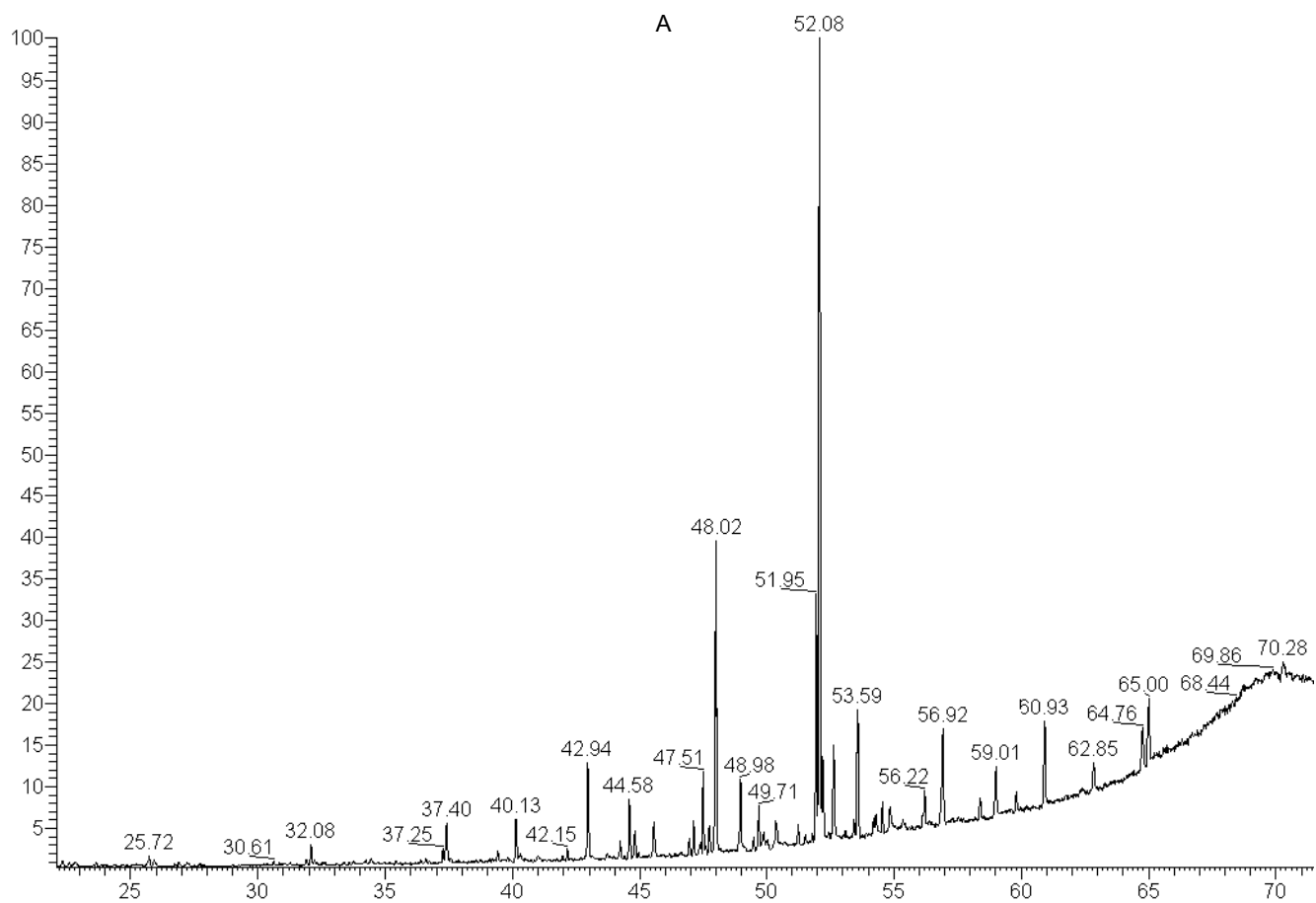


Рис. 5. Хроматограммы этиловых эфиров жирных кислот почвы, полученных при вводе пробы в испаритель (А) и непосредственно в капиллярную колонку (Б).

в их масс-спектрах будет присутствовать одинаковый набор ионов [4]. Применяя режим SIM по характерным для того или иного класса ионам, можно получить хроматограмму, на которой будут присутствовать только соединения данного гомологического ряда. Сканирование в режиме SIM по ионам с массами 57, 71 и 85, характерными для предельных углеводородов, позволяет выделить из полного ионного тока хроматограмму алкановой фракции нефти (рис. 4). Следует отметить, что количественное определение тяжелых алканов, в конце хроматограммы, без применения режима SIM было бы невозможно. Кроме того, чувствительность определения соединений при регистрации в режиме SIM может возрастать в 10-100 раз по сравнению с ионизацией методом EI.

Прямой ввод пробы в колонку

Обычное устройство ввода пробы в газовый хроматограф представляет собой испаритель, нагретый до температуры 250-350 °С. Введенная с помощью шприца жидкая проба мгновенно испаряется и поступает в колонку. В газовом хроматографе Trace GC Ultra реализован довольно редкий вариант ввода пробы – прямой ввод непосредственно в капиллярную колонку (on-column injection) [1].

Метод непосредственного ввода пробы в колонку без предварительного испарения позволяет проводить анализ термолабильных соединений и сохранять без изменения качественный и количественный состав компонентов пробы. Кроме того, удается и повысить степень разделения анализируемых веществ вследствие исключения стадии размывания пробы в испарителе. Например, на хроматограммах этиловых эфиров жирных кислот почвы, полученных при вводе пробы в испаритель (рис. 5А) и непосредственно в капиллярную колонку (рис. 5Б), видно, что в первом случае пики наиболее тяжелых компонентов

малоинтенсивны, а часть отсутствует полностью. Дискриминация компонентов пробы связана с различной скоростью испарения анализируемых соединений в испарителе и их разрушением.

Аналитические возможности газовой хроматографии ограничиваются веществами с температурами кипения до 450-500 °С. Существенно расширить эти границы позволяет метод получения производных. Так, за счет дезактивации гидроксильных групп и уменьшения общей полярности соединений, при получении силильных производных, газохроматографически можно определять нелетучие при обычных условиях органические соединения – фруктозу и сахарозу (рис. 6).

Прямой ввод пробы в масс-спектрометр

Для анализа сильно полярных, термолабильных и твердых чистых веществ в масс-спектрометре DSQ предусмотрен прямой ввод пробы непосредственно в источник ионизации при быстром нагреве на проволоке (DEP) или более медленном испарении из микротигля (DIP). Нагрев источника ионизации до 200-250 °С и поддержание высокого вакуума в системе позволяют получать масс-спектры сложных органических соединений с относительной молекулярной массой от 400 до 1000 (рис. 7).

В заключение статьи приводим важнейшие характеристики хромато-масс-спектрометра Trace DSQ:

- энергия электронов от 0 до 130 эВ, ток эмиссии до 850 мкА;
- единичное разрешение по массам в диапазоне 1-1050 Да;
- скорость сканирования до 10000 Да/с;
- режимы сканирования: полное, сегментное, SIM, одновременно полное и SIM, попеременная регистрация положительных и отрицательных ионов при CI;

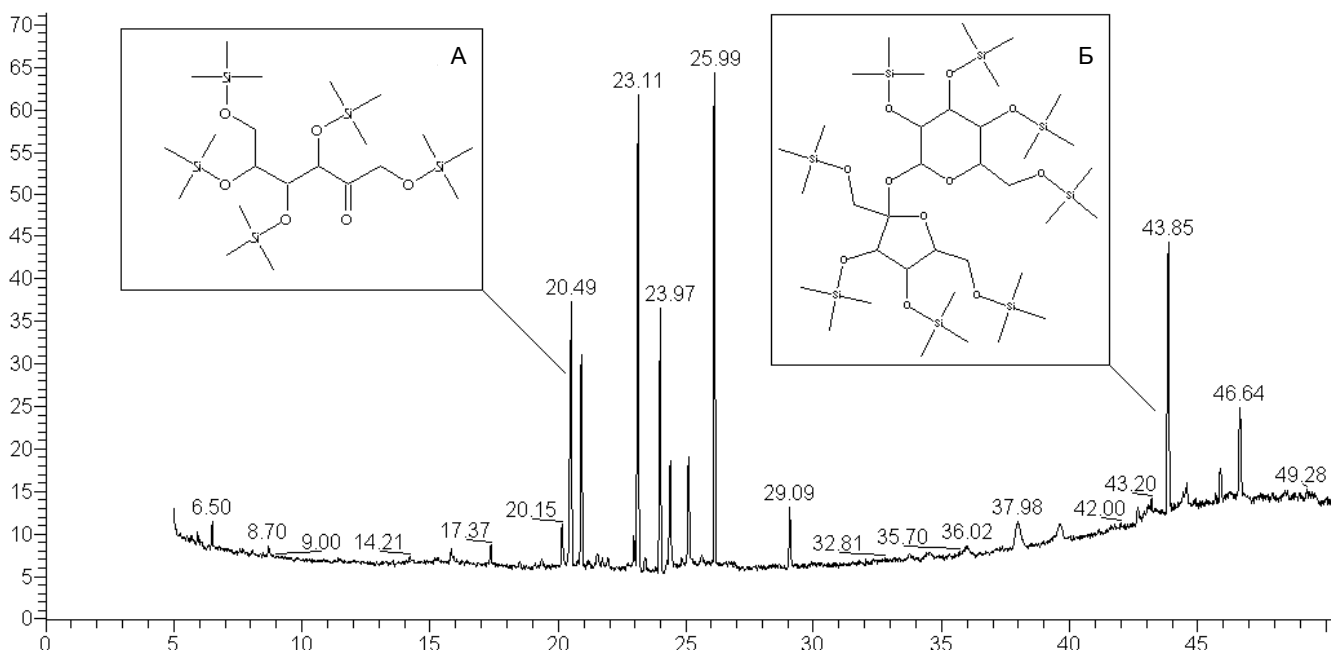


Рис. 6. Хроматограмма триметилсилильных производных сахаров – фруктозы (А) и сахарозы (Б), выделенных из корней сосны (В.В. Пунегов, отдел Ботанический сад).

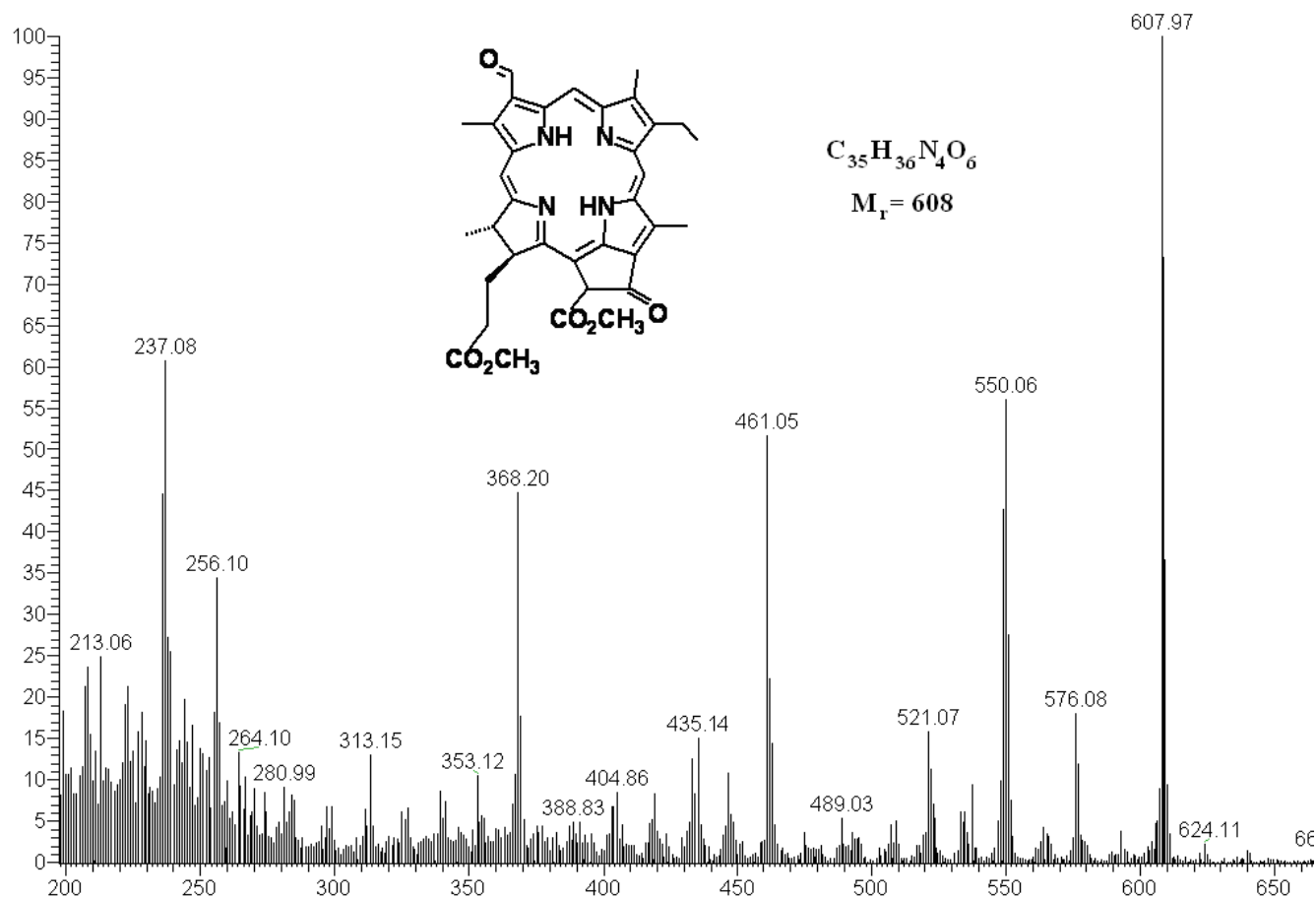


Рис. 7. Масс-спектр метилфеофорбида D (Д.В. Белых, Институт химии Коми НЦ УрО РАН), полученный при прямом вводе пробы непосредственно в источник ионизации. По горизонтали – соотношение массы и заряда иона.

- библиотека масс-спектров NIST (210000 соединений);
- чувствительность при EI – 1 пг для октафторнафталина при сканировании от 200 до 300 Да;
- чувствительность при CI с регистрацией положительных ионов – 10 пг бензофенона при сканировании от 80 до 230 Да;
- чувствительность при CI с регистрацией отрицательных ионов – 1 пг октафторнафталина при сканировании от 200 до 300 Да.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высокоэффективная газовая хроматография / Под ред. К.Н. Хайвера. М.: Мир, 1993. 134 с.
2. Карасек Ф. Клемент Р. Введение в хромато-масс-спектрометрию. М.: Мир, 1993. 237 с.
3. Основы масс-спектрометрии органических соединений / В.Г. Заикин, А.В. Варламов, А.И. Микая и др. М.: Наука, 2001. 286 с.
4. Хмельницкий Р.А. Хромато-масс-спектрометрия. М.: Мир, 1984. 213 с.



«X-RAY LAB»: ПРОГРАММНЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА БАЗЕ СПЕКТРОМЕТРА VRA-33

С. Бакашкин
 ведущий инженер-электроник экоаналитической лаборатории
 E-mail: bakashkin@ib.komisc.ru, тел. (8212) 24 53 39

Научные интересы: рентгенофлуоресцентный анализ биологических объектов

Информатизация рентгенофлуоресцентного анализа (РФА)

В необходимости информатизации РФА никогда не было ни малейшего сомнения. Даже один из самых простых способов преобразования аналитического сигнала в концентрацию определяемого элемента с учетом влияния матрицы – множественная

линейная регрессия – требует значительных вычислительных усилий. При анализе сложных многоэлементных образцов, таких, например, как почвы, целесообразно использовать более эффективные способы учета влияния матрицы. В способах «α-коррекции» и «фундаментальных параметров» для расчета состава каждого образца необходимо решить систему нелинейных

уравнений с большим количеством неизвестных, при этом используются объемные массивы справочных данных. Решить такую задачу за приемлемое время под силу только вычислительной технике.

РФ-спектрометр VRA-33 первоначально был оснащен персональным компьютером (ПК) Robotron с операционной системой MS-DOS. Спектро-

метр соединялся с компьютером специальным интерфейсом для управления и передачи данных. Крайне несовершенная программа «Flap», одновременно выполняющая функции управления и расчета концентраций, позволяла анализировать последовательность образцов, рассчитывать концентрации элементов с использованием множественной линейной регрессии, выводить результаты анализа на принтер и сохранять их в файл на магнитном диске. Программа могла удовлетворить только минимальные потребности в работе с аналитическими данными.

В дальнейшем ПК был заменен на более современный, способный работать под управлением операционной системы «MS Windows». Вместе с тем, была приобретена программа для управления спектрометром и получения данных – «VRAP». Программа «VRAP»

не содержит методической функциональности и позволяет только задавать последовательность образцов, выбирать аналитические линии рентгеновского спектра и сохранять полученные интенсивности аналитических линий в файл. Кроме того, в программе есть возможность снимать и сохранять в файл рентгеновские спектры. Графический интерфейс программы весьма неудобен. В основном рабочем режиме компоненты выбора аналитических линий и отображения результатов занимают незначительную площадь окна программы. Это затрудняет настройку программы на анализ и обзор получаемых данных в реальном времени. К тому же, окно программы имеет фиксированный размер, что делает невозможным увеличение рабочего пространства за счет использования дисплея большего размера. Кроме того, программа не предназна-

чена для работы в среде операционной системы «Windows XP»

Для реализации методической части РФА автором была написана программа для преобразования данных, сохраненных из «VRAP» в концентрации анализируемых элементов [1]. В программе реализован способ «α-коррекции».

Программный аналитический комплекс «X-ray Lab»

Свое дальнейшее развитие процесс информатизации РФА в лаборатории «Экоаналит» получил в программном аналитическом комплексе «X-ray Lab». Такое название отражает широкую функциональность этой программы. «X-ray Lab» полностью разработан автором данной статьи. Языком программирования для написания программы был выбран Pascal. Программа разработана в среде визуального проектирования программ «Delphi».

ЮБИЛЕЙ

9 октября 2007 г. отметил юбилейную дату, 50-летие со дня рождения, **Алексей Александрович Потапов**, старший научный сотрудник отдела Ботанический сад. С 1981 г. после окончания Кировского сельскохозяйственного института он был принят на работу в отдел геоботаники и рекультивации Института биологии. Здесь он проделал первые шаги в науке, определился с тематикой исследований: изучение клевера лугового, ценного кормового растения естественных местообитаний и привлечение его в культуру. Годы работы принесли свои результаты. Были выделены перспективные образцы клевера лугового по северной границе ареала Республики Коми, условно Воркутинский, Новоборский и Пижемский. Далее работа была продолжена в отделе Ботанический сад. В условиях культуры, в интродукционном питомнике с использованием приема инфицирования семян клубеньковыми бактериями лучшие характеристики показал Воркутинский образец по продуктивности, устойчивости, повышенной симбиотической активности, что позволило рекомендовать его в дальнейший селекционный процесс для создания северного экотипа клевера лугового. Полученные материалы легли в основу кандидатской диссертации (1995 г.). Решение проблемы кормового белка ведет А.А. Потапова в направлении привлечения новых видов семейства бобовых: люпин узколистный, люцерна рогатый, люцерна посевная и др. В ходе многолетних исследований люпина узколистного выделены малоалкалоидные сорта Кристалл, Снежить, Сидерат 38, кормового, зернового и сидерального направлений, заслуживающие внимания специалистов.

Научные материалы А.А. Потапова опубликованы в 56 научных трудах, в том числе — двух монографиях в соавторстве, статьях, материалах международных, российских, региональных конференций, изложены в докладах на встречах с учеными и специалистами.

Алексей Александрович участвовал во многих экспедициях отдела, в том числе в качестве начальника экспедиционного отряда.

Научную деятельность он совмещает с преподавательской, читает курсы лекций в филиале Вятской ГСХА, Сыктывкарском лесном институте — филиале С.-Петербургской ГЛТА, руководит дипломными работами, а также работает с детьми в школе-интернате им. Католикова и Малой академии.

А.А. Потапов активен в общественной жизни, является членом Российского ботанического общества, членом СОИСАФ (Свободная организация исследователей симбиотической азотфиксации), награжден бронзовой медалью ВДНХ, почетными грамотами института биологии Коми НЦ и УРО РАН, благодарственным письмом Главы Республики Коми.

*Коллектив отдела Ботанический сад и Института
поздравляет уважаемого Алексея Александровича с юбилеем
и желает творческих успехов, здоровья, семейного благополучия и счастья!*



Структура комплекса построена в соответствии с принципами объектно-ориентированного проектирования, которые подразумевают независимость процессов, протекающих в каждом модуле. Любой модуль может быть подвергнут замене или модернизации, и это не потребует модернизации какого-либо другого модуля, так как способ обмена информацией между модулями остается неизменным. Комплекс включает в себя следующие компоненты:

- база данных, содержащая основные характеристические линии рентгеновского спектра всех химических элементов;
- модуль расчета теоретических интенсивностей характеристических линий элементов образца заданного состава (используется теоретическая модель рентгеновской флуоресценции);
- модуль связи со спектрометром. Позволяет реализовать управление и

получение данных через последовательный com-порт (RS-232);

- модуль качественного анализа. Позволяет снимать рентгеновский спектр образца и идентифицировать характеристические линии спектра для выяснения его качественного состава;

- модуль количественного анализа. Реализована функция преобразования интенсивностей аналитических линий определяемых элементов в их концентрации в анализируемом образце. Модуль включает процедуры расчетов способами «внешнего стандарта», « α -коррекции» и «фундаментальных параметров» [2].

Цели создания комплекса

- объединить в единой рабочей среде все стадии получения информации о качественном и количественном составе образца;
- минимизировать участие аналитика в процессе получения результата.

– сконцентрировать базу знаний в области рентгеноспектрального анализа с целью своевременного и быстрого получения информации.

Перспективы развития «X-ray Lab»

На сегодняшний день для реализации гибкости и универсальности модуля количественного анализа разрабатывается модуль синтаксического анализа математических выражений. Это позволит организовать поиск новых способов расчета количественного состава и уточнить уже существующие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакашкин С.В. Рентгенофлуоресцентный анализ природных объектов // Вестн. Ин-та биологии Коми НЦ УрО РАН, 2002. № 58. С. 10-12.
2. Борходоев В.Я. Рентгенофлуоресцентный анализ горных пород способом фундаментальных параметров. Магадан, 1999. 279 с.



ЮБИЛЕЙ

1 сентября исполнилось 70 лет ветерану труда Института биологии Коми НЦ УрО РАН **Светлане Владимировне Куренковой**.

Светлана Владимировна закончила Азово-Черноморский (ныне Донской) сельскохозяйственный институт по специальности «Агрономия». Свою работу в Коми филиале АН СССР она начала с должности агронома на Вильгортской научно-экспериментальной биологической станции, куда пришла в 1961 г. после работы в Орловской государственной инспектуре по сортоиспытанию. С 1962 по 2006 г. Светлана Владимировна работала в лаборатории экологической физиологии растений.

Все это время ее исследования были связаны с изучением фотосинтетических пигментов и продуктивности культурных растений, возделываемых на Севере. Ею рассмотрены общие закономерности содержания и состава пигментов в онтогенезе многолетних и однолетних культур, показана возможность применения хлорофилльных индексов в качестве показателя стока углерода и оценки продуктивности работы хлорофилла при различных условиях выращивания. Данные многолетних исследований опубликованы более чем в 80 работах и обобщены в монографии «Пигментная система культурных растений в условиях подзоны средней тайги европейского Северо-Востока» (1999). Большой вклад Светлана Владимировна внесла в развитие исследований по применению регуляторов роста и ризосферных препаратов для оптимизации продукционного процесса сельскохозяйственных растений. В последние годы Светлана Владимировна активно участвовала в комплексных исследованиях продуктивности современных сортов ячменя, разработке новых технологических приемов возделывания данной культуры на Севере, а также в новой для нее тематике по изучению морфофизиологии подземного метамерного комплекса корневищных многолетних растений. За многолетнюю плодотворную работу она отмечена медалью «Ветеран труда» и многочисленными почетными грамотами.

Коллеги и друзья ценят Светлану Владимировну как великого труженика, надежного и доброго человека, замечательную хозяйку, заботливую мать и бабушку.

Дорогая Светлана Владимировна!

От всего сердца поздравляем Вас с юбилейным Днем рождения, желаем здоровья, счастья, жизненной энергии, тепла и доброты близких людей и друзей!

Сотрудники лаборатории экологической физиологии растений



КОНФЕРЕНЦИИ



**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «КРИОГЕННЫЕ РЕСУРСЫ ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНОВ»
(г. Салехард, июнь 2007 г.)**

асп. Е. Жангуров

Салехард является местом проведения различных отечественных и зарубежных конференций и симпозиумов, российских фестивалей антропологических фильмов, Всемирного конгресса новых технологий для нефтяной и газовой промышленности, заседаний президиума Госсовета РФ под председательством Президента РФ, Арктического совета по проблемам Крайнего Севера и Арктики при правительстве РФ. Это единственный в мире город, расположенный на Полярном круге, название его с ненецкого языка переводится как «поселение на мысу».

С 17 по 21 июня в рамках мероприятий третьего Международного полярного года (2007-2008 г.) в Салехарде состоялась международная конференция «Криогенные ресурсы полярных регионов». В ее работе приняли участие 150 ученых геокриологов, гляциологов, почвоведов, климатологов, инженеров, а также студентов и аспирантов из Бразилии, Великобритании, Германии, Дании, Канады, Китая, Норвегии, Швеции, Польши, России, США, Чехии, Японии, и других стран, в сфере научных интересов которых – изучение полярных регионов. От Института биологии Коми НЦ УрО РАН участвовали к.б.н. Г. Мажитова и аспирант Е. Жангуров. Организаторами конференции были 14 различных научных, научно-производственных и высших учебных заведений (Российская академия наук, International Permafrost Association, Научный совет по криологии Земли РАН, Тюменский государственный нефтегазовый университет, Институт криосферы Земли СО РАН, Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова, Институт геоэкологии РАН, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова и др.). Работа конференции проходила в формате пленарных заседаний, круглых столов и работы секций. Были рассмотрены следующие направления:

- изменчивость состояния вечной мерзлоты на суше и в арктическом шельфе;
- биологические ресурсы криосферы;
- криогенные физико-геологические процессы;
- снежный покров, ледники и подземный лед в полярных системах;
- экология высокоширотных территорий и влияние арктических условий на жизнь человека и животных;
- информационное обеспечение сооружения линейных объектов в криолитозоне;
- подготовка молодых специалистов для работы в полярных регионах;
- гидросфера Арктики;
- почвы и растительность полярных регионов;
- современные инженерные решения и технологии строительства на вечномерзлых грунтах;
- криогенные опасности.

Регистрация и открытие конференции проходило в окружном музейно-выставочном комплексе

им. И.С. Шемановского, где с приветственным словом к участникам обратились академик В.П. Мельников, председатель организационного комитета конференции, председатель Научного совета по криологии Земли РАН, проф. Дж. Браун (J. Brown), президент Международной ассоциации по мерзлотоведению (США), проф. Н.Н. Карнаухов, ректор Тюменского государственного нефтегазового университета, проф. Х. Хуббертен (H. Hubberten), директор Института полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Германия). После достаточно продолжительных слов приветствий и поздравлений началось пленарное заседание. Рабочие языки конференции – английский и русский.

С пленарными докладами выступили Дж. Браун – «Состояние и судьба вечной мерзлоты: вклад Международной мерзлотной ассоциации в Международный полярный год»; И.Е. Фролов (Институт Арктики и Антарктики, С.-Петербург) – «Российские проекты Международного полярного года (2007-2008 гг.) в Арктике и Антарктике»; С. Веттерих (Институт полярных и морских исследований Альфреда Вегенера, Потсдам) – «Общество молодых исследователей мерзлоты: образование, выход на Международный полярный год (2007-2008 г.) и дальнейшая работа». Из этих и многих других докладов стало ясно, что данные, собранные в течение Международного полярного года, обеспечат основу для оценки настоящего состояния регионов вечной мерзлоты и дальнейшего их изменения при потеплении планеты. Измерения температуры мерзлоты, проведенные в указанный период в более чем 500 скважинах, обеспечат «моментальный снимок» термического состояния вечной мерзлоты. Измерения температуры, мощности деятельного слоя и почвенных свойств в нескольких сотнях мест обеспечат основу для оценки и сравнения недавних изменений наземных экосистем. Использование картирования и моделирования как в континентальных, так и в горных регионах обеспечит новые оценки изменений в распространении вечной мерзлоты, ее границ и климатической обусловленности.

Среди пленарных докладов российских и зарубежных участников, посвященных проблемам современной концепции в криологии, рациональному использованию криогенных ресурсов, региональным климатическим изменениям, пожалуй одним из самых интересных и познавательных был доклад большой группы исследователей на тему «Микробная жизнь в экстремальных условиях подледниковой антарктической среды: озеро Восток» (Институт Арктики и Антарктики, С.-Петербург, Россия). Подледниковые озера в настоящее время рассматриваются в качестве уникальных земных аналогов ледовых условий, вероятно существующих на полюсах Марса или спутниках Юпитера, и поэтому возможность таких сред содержать микробную жизнь привлекает особое внимание. В докладе была



Конференц-зал.

представлена характеристика микробной жизни в этих экстремальных ледовых условиях, которые характеризуются изоляцией от поверхности окружающей среды в течение как минимум 15 млн. лет, отсутствием света, высоким давлением (около 400 атм.), низкой температурой и крайне низким содержанием органических веществ.

Во второй день конференции параллельно работали секции «Изменчивость состояния вечной мерзлоты на суше и в арктическом шельфе», «Биологические ресурсы криосферы» и «Криогенные физико-геологические процессы». Большое количество докладов второй секции было посвящено изучению микробного сообщества в многолетнемерзлых породах и почвах различных регионов, исследованию микроорганизмов из снежных местообитаний, микробной активности в мерзлых почвах и подпочвенных слоях, а также методологическим аспектам изучения криобиосферы в целом. Материалы, представленные в докладах, охватывали как теоретические, так и практические данные, основанные на сложных математических расчетах и модельных экспериментах.

В заседаниях данных секций приняли участие более 50 специалистов, представляющих 25 организаций. Наибольшее количество докладов представили аспиранты и сотрудники Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН (г. Пушкино), Института криосферы Земли СО РАН (Тюмень) и Института мерзлотоведения

им. П.И. Мельникова СО РАН (Якутск), МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва) и Института полярных и морских исследований Альфреда Вегенера (Потсдам).

В этот же день была организована почвенно-ландшафтная экскурсия, в ходе которой были показаны некоторые мерзлотные почвы, обсуждены проблемы их классификационного положения. Вечером была другая, не менее интересная и увлекательная экскурсия по Ямало-Ненецкому окружному музейно-выставочному комплексу им. И.С. Шемановского, в здании которого и проходила наша конференция. Сегодня основу музейных фондов составляют уникальные археологические, этнографические, палеонтологические коллекции, насчитывающие более 46 тыс. (!) экспонатов. Научная библиотека комплекса включает более 10 тыс. книг, в том числе редкие и старопечатные издания. Необходимо отметить, что наряду с традиционными видами музейной работы, здесь утвердилась культурно-досуговая функция, предполагающая несколько направлений активизации посетителей: проведение массовых акций, промышленных, художественных презентационных и тематических выставок, лекций и фестивалей. Конференц-зал на 195 мест (а он был заполнен все три дня работы конференции) оснащен современным оборудованием и является отличной площадкой для проведения подобных конференций, семинаров, круглых столов.

В третий завершающий день работы конференции доклады были посвящены проблемам современных инженерных решений и технологий строительства на вечномерзлых грунтах, экологии высокоширотных территорий и влияния условий на жизнь человека и животный мир, подготовке молодых специалистов для работы в полярных регионах, криогенным опасностям, гидросфере Арктики.

В перерывах между секциями в холле музея были представлены стендовые доклады.

Наши доклады (Г.Г. Мажитова «Крупномасштабное почвенное картирование приуральской тундры и проблемы классификации мерзлотных почв»; Е.В. Жангуров «Автоморфные почвы Тимана с криогенноструктурным горизонтом») были представлены как устные сообщения на секции «Почвы и растительность полярных регионов». Большинство докладов на этой секции были посвящены региональным исследованиям почвенного покрова и процессам в различных условиях криогенеза.

Большой научный интерес вызвали доклады группы немецких исследователей (Институт полярных и морских исследований Альфреда Вегенера, Институт геоэкологии, Брауншвейгский технический университет, Институт ботанической и ландшафтной экологии, Грейфсвальдский университет), объединенных темой «Эмиссия метана во влажных полигональных тундрах». Метан, являющийся радиационно-активным газом и, следовательно, усиливающий эффект глобального потепления, образуется в мерзлотных почвах и затем эмитируется в атмосферу поляр-



Участники международной конференции «Криогенные ресурсы полярных регионов».

ных регионов. В докладах были представлены данные измерения эмиссии метана в различных арктических экосистемах как на уровне ландшафтов (1-1000 м), так и на локальном уровне. Район исследований находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород, в южной части дельты р. Лена. В масштабе экосистемы был обнаружен сравнительно слабый поток и приповерхностное перемешивание; на ключевых участках интенсивность эмиссии значительно варьирует. Задачи дальнейших исследований в этом направлении – роль современной и, соответственно, будущей эмиссии метана в глобальном цикле углерода.

В рамках конференции состоялись заседания различных рабочих групп, круглые столы, рабочие заседания по отдельным проектам. Так, Г. Мажитова приняла участие в совещании по CALM – циркулярному мониторингу деятельного слоя. Срок действия гранта, финансирующего мониторинг, заканчивается в 2008 г., и участники обсуждали совместные результирующие публикации и подачу заявки на новый грант. Почвоведы, включая участников из Института биологии, провели (очень эффективно!) круглый стол по национальной классификации почв. Остро стоят вопросы о классификации неглеевых суглинистых почв (обнаруженных несколькими исследователями и на европейском севере России, где они ранее не были описаны), объеме понятия термина «криозем», необходимости более внимательного отношения к многолетней мерзлоте при классификации почв. Состоялось также заседание международной рабочей группы по мерзлотным почвам, заместителем председателя которой сейчас является Г. Мажитова. Обсуждались текущие проекты, грядущие конференции, состояние работ по циркулярной почвенной базе данных. Решено разместить сайт рабочей группы на сервере Института биологии.

На закрытии конференции было сказано, что события, наблюдаемые сегодня в полярных областях, представляют призыв к действию в адрес многих важных научных исследований. Арктический регион сегодня – основа энергетической безопасности страны. Новый период в развитии Ямала – вы-



Памятник мамонту на въезде в Салехард.

ход на шельф, на месторождения полуострова – предполагает строительство в зоне вечной мерзлоты новых объектов, транспортных магистралей, линий электропередач. При этом необходимо сохранять традиционную среду жизнедеятельности коренных жителей и хрупкие экосистемы тундры. Единогласно было решено, что в следующем году подобная конференция в рамках Международного полярного года пройдет в России. В заключительном слове президент Международной ассоциации по мерзлотоведению проф. Дж. Браун отметил, что синтез прошлых измерений и новых результатов будет представлен в виде серии региональных докладов на IX международной конференции по многолетней мерзлоте в 2008 г. на Аляске (г. Фербенкс). На этом работа конференции была закончена. Вечером этого же дня для всех участников была организована водная прогулка на катере по р. Обь, где был дан банкет.

Подводя итог, хотелось бы отметить высокий научный и технический уровень конференции, прекрасно организованные экскурсии, кофе-брейки, а также два бесплатных чартерных самолета Москва–Салехард–Москва для участников конференции. Расходы, связанные с оплатой оргвзноса и стоимости проживания в гостинице для аспирантов и студентов, были оплачены оргкомитетом.

ИНФОРМАЦИЯ О IV СЪЕЗДЕ ВСЕРОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ И РАЦИОНАЛИЗАТОРОВ

к.э.н. **Е. Сундуков**

н.с. лаборатории проблем транспорта,
председатель совета Коми республиканской общественной организации ВОИР

11-12 сентября я принял участие в работе IV съезда ВОИР в составе делегации от Республики Коми. Вместе со мной в работе съезда участвовали Циля Израилевна Зильберг, благодаря которой возродилась организация ВОИР в нашей республике, и Татьяна Геннадьевна Воробьева – директор инновационного предприятия ГУП РК «Бизнес-инкубатор». Съезд проходил в Центре профсоюзов в пос. Московский, что в 15 минутах езды на автобусе от станции метро Юго-Западная.

С учетом того, что в советское время съезды ВОИР (Всесоюзного) проходили в Кремлевском дворце съездов и собирали почти 4000 делегатов, нынешний состав делегатов можно назвать представительным только с большой натяжкой. Всего было заявлено 135 делегатов. В работе съезда приняли участие 106 человек, в том числе 22 специалиста с ученой степенью.

Что же представляет собой некогда могучий ВОИР в настоящее время?

Из доклада председателя Республиканского совета ВОИР Ю.Ю. Манелиса видно, что это 59 региональных и областных организаций, объединяющих около 200 тыс. членов Общества. В двадцати одной из них руководители работают на общественных началах (в том числе и я) из-за ограниченных финансовых возможностей. В отдельных регионах организации ВОИР действуют достаточно эффективно. Так, Самарская организация только членскими взносами собирает 1.4 млн.



Юрий Юльевич Манелис, председатель Центрального совета ВОИР.

рублей в год, а также выполняет работы по договорам с крупными фирмами, осуществляющими хозяйственную деятельность регионе. Московская областная организация ВОИР также располагает миллионным бюджетом. В большей же части региональные и областные организации таких возможностей не имеют из-за отсутствия членской базы и предприятий-производителей в регионе. За прошедшие пять лет после III съезда ВОИР четыре региональных организации прекратили свое существование.

В докладе отмечалось, что в течение отчетного периода произошедшие изменения в политической, экономической и правовой сферах не привели к реальному улучшению условий для научно-технической деятельности, создания стимулов для развития массового технического творчества. Не было принято ни одного закона, стимулирующего изобретательство, отсутствует закон об инновационной деятельности в Российской Федерации. Навязанная всему российскому обществу модель «деньги решают все» не решает задачи инновационного развития. На пороге вступления страны во Всемирную торговую организацию не включены действенные механизмы обеспечения конкурентоспособности производимых товаров и услуг, правовой защищенности от недобросовестной конкуренции. Недостаточно вовлекается в процесс технического творчества молодежь, что может привести в будущем к утрате Россией статуса страны с большим научно-техническим потенциалом.

Республиканский совет ВОИР, организации общества на местах предпринимали меры по активизации изобретательской и рационализаторской деятельности как мощного источника внутрипроизводственных резервов. Конструктивный характер носят отношения с Национальным комитетом «Интеллектуальные ресурсы России», с помощью которого 23 июня был проведен пятнадцатиминутный телемарафон «Массовое техническое творчество и инновационное развитие России».

Республиканский совет ВОИР выступает соорганизатором Московского международного салона промышленной собственности «Архимед», тесно сотрудничает с редакциями журналов «Изобретатель и рационализатор», «Интеллектуальная собственность», «Патенты и лицензии», «Изобретательство», «Биржа интеллектуальной собственности».

С учетом предложений, высказанных в ходе отчетно-выборной кампании, был принят новый устав ВОИР. Наибольшие дискуссии вызвали вопросы о собственности общества и порядке установления квот на договорные работы. Республиканский совет был переименован в Центральный совет ВОИР. Был введен пост президента общества, на который после принятия устава был избран А.М. Бабаков, заместитель председателя Комитета Государственной Думы по энергетике, транспорту и связи. (Тут надо заметить, что Александр Михайлович не почтил съезд своим присутствием. Напомню, что 12 сентября правительство Фрадкова было отправлено в отставку и представители всех властных структур были заняты решением куда более «важных» дел). Председателем Центрального совета ВОИР был избран Ю.Ю. Манелис, а его заместителями А.П. Грязев (руководитель Московской областной организации), Д.И. Зезюлин (руководитель Московской городской организации), В.И. Панов (руководитель национального комитета «Интеллектуальные ресурсы России»). Были избраны другие руководящие и рабочие органы общества. После выборов мероприятий отличившиеся региональные организации общества и их руководители по представлению Республиканского совета ВОИР были награждены



Александр Михайлович Бабаков, заместитель председателя Комитета Государственной Думы по энергетике, транспорту и связи, президент ВОИР.

дипломами, грамотами и знаками. В их числе оказалась и наша организация.

Труд всех изобретателей, работающих в Республике Коми, отмечен почетной грамотой за вклад в развитие изобретательства и рационализаторства в Российской Федерации. Так, в течение последних 13 лет было выдано 613 патентов на изобретения, несмотря на отсутствие поддержки изобретателей со стороны руководителей различных уровней. К счастью, Институт биологии составляет здесь исключение. Руководство Института создает условия для инновационной деятельности. Хотелось бы отметить вклад в развитие интеллектуального потенциала Института и республики д.б.н. В.В. Володина, к.б.н. М.Ю. Маркаровой, к.т.н. А.С. Селиванова, к.б.н. З.П. Мартынюка, м.н.с. А.Б. Новаковского, к.х.н. Б.М. Кондратенка, д.с.-х.н. В.П. Мишурова, д.с.-х.н. И.Н. Хмелинина и других авторов изобретений, а также патентного поверенного РФ Л.Б. Печерской.

Из задач, поставленных съездом перед республиканскими и областными советами ВОИР, следует подчеркнуть необходимость совершенствования форм и методов работы, активизации усилий по взаимодействию с местными административными, хозяйственными и профсоюзными руководителями по повышению социального статуса и материального уровня изобретателей и рационализаторов, повышения уровня правовой культуры в области инновационной деятельности, а также принять деятельное участие в формировании национальной программы «Возрождение изобретательства в России. Кулибины XXI века».

Главным итогом съезда явилось то, что ВОИР сохранил свое единство, кадры, бренд и может продолжать деятельное участие в преобразовании России в развитие в научно-техническом отношении государство.

