

И.И. Маринайте, А.Г. Горшков

## Мониторинг экотоксикантов в объектах окружающей среды Прибайкалья. Часть II. Полициклические ароматические углеводороды в снежном покрове промышленных центров

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

Поступила в редакцию 26.12.2001 г.

Представлены результаты мониторинга полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в снежном покрове промышленных центров Прибайкалья, в гг. Иркутске и Шелехове за период с 1996 по 2001 г. Оценены уровни аккумуляции и скорости накопления 11 идентифицированных соединений, включенных в число приоритетных экотоксикантов. Определение ПАУ проведено методом ВЭЖХ.

### Введение

Уровень загрязнения приземного слоя атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами (ПАУ) в Прибайкалье имеет резкую сезонную изменчивость [1, 2]. Максимальные концентрации ПАУ наблюдаются в холодное время года вследствие выбросов объектов теплоэнергетики и ярко выраженного антициклонического характера циркуляции атмосферы. В этот период имеют место локализация атмосферных выбросов, преимущественно вблизи их источников, последующее наложение полей загрязнения аэрозоля и выпадение твердых частиц, на которых концентрируются ПАУ [3]. В результате для точечных источников или при их компактном расположении на малой площади наблюдается надежная зависимость между концентрацией ПАУ в аэрозоле и их накоплением в снежном покрове [4]. Крупные центры с многочисленными источниками загрязняющих веществ расположены на обширных площадях, вследствие этого уровень загрязнения аэрозоля в точках отбора проб зависит от мощности эмиссии локальных источников и от конкретной метеорологической ситуации [1]. В то же время эффект «местной городской циркуляция воздуха» [5] должен способствовать дополнительному переносу, перемешиванию загрязняющих веществ в атмосфере и последующему выравниванию их содержания на подстилающей поверхности. Поэтому анализ снежного покрова в отличие от аэрозоля дает возможность получать интегральные характеристики состояния городской среды в зимний период.

Впервые в течение 1996–2001 гг. для оценки степени загрязнения крупных промышленных центров Прибайкалья проводился мониторинг ПАУ в снежном покрове в районах гг. Иркутска и Шелехова. В Иркутске, занимающем площадь более 300 км<sup>2</sup>, по данным последней инвентаризации функционируют 3267 различного рода источников, которые выбрасывают в атмосферу города 117 ингредиентов [3]. Шелехов расположен при крупнейшем в Восточной Сибири заводе ОАО «ИрАЗ-СУАЛ», выбросы которого являются мощным источником поступления ПАУ в окружающую среду. Результаты мониторинга, уровни и скорости накопления ПАУ в исследованных районах представлены в настоящей статье.

### Материалы и методы

Отбор проб снега для анализа проводили в конце февраля — начале марта в виде кернов на всю глубину снежного покрова с площадью основания 15 × 15 см. С каждой точки отбирали две пробы на расстоянии 5–6 м друг от друга. Во всех пробах в водной и твердой фазах снеговой воды методом ВЭЖХ определяли 12 ПАУ, включенных в список приоритетных экотоксикантов (примечание к табл. 1). Измерения бенз[а]пирена проводили по методике [6], сопутствующие ПАУ — по методике [7].

Уровни накопления (поверхностную плотность) бенз[а]пирена, суммы идентифицированных ПАУ рассчитывали с учетом количества выпавшего снега на единицу площади за весь период снегостояния по формуле

$$Q = m/S,$$

где  $Q$  — уровень накопления ПАУ (поверхностная плотность), мкг/м<sup>2</sup>;  $m$  — масса идентифицированных ПАУ, мкг;  $S$  — площадь пробоотбора, м<sup>2</sup>.

По результатам измерения поверхностной плотности в двух пробах вычисляли среднее значение для каждой точки.

Скорость накопления рассчитывали с учетом периода снегостояния для каждого зимнего сезона по формуле

$$\text{Скорость накопления} = Q/\text{количество недель}.$$

Период от начала установления снежного покрова до момента отбора проб составлял 13–16 нед.

В г. Иркутске пробы снега отбирали в центральной части города и на его окраинах в 1996 и 1998 гг. (13 точек); в 1996–2001 гг. — в точках, выбранных для ежегодного мониторинга в конце зимнего сезона: точка 1 — парковый район Академгородка; точка 4 — остров на р. Ангара, центральная часть города; точка 7 — окраина города, побережье Иркутского моря (рис. 1). В районе г. Шелехова пробы отбирали в двух точках, на северо-восточной и юго-западной окраинах города в течение 1996–1999 гг., а также за его пределами (9 точек) ~2 км в северо-западном направлении на поле сельскохозяйственных угодий в 1996 г.

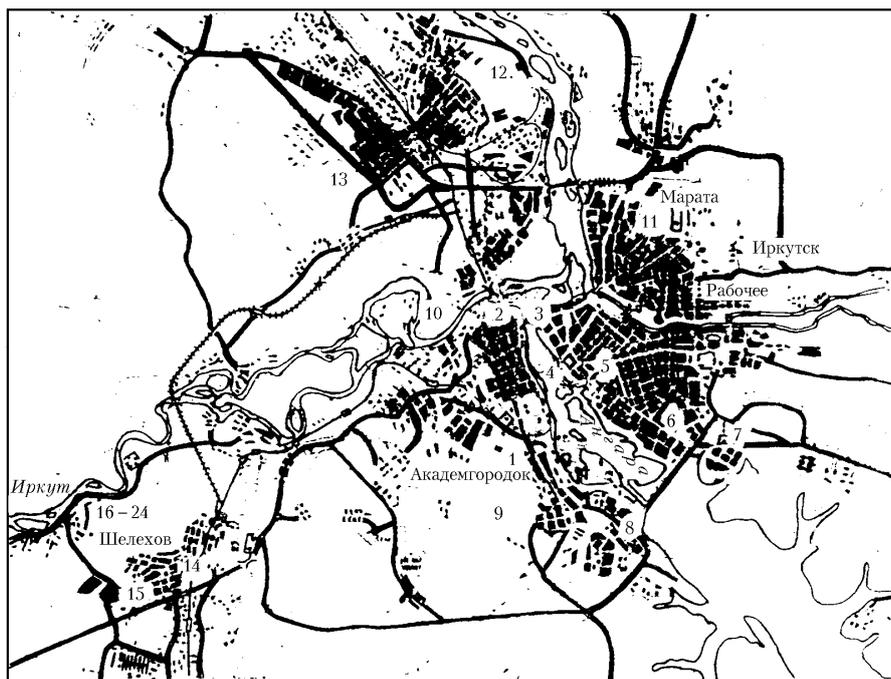


Рис. 1. Карта отбора проб, масштаб 1 : 200 000

## Результаты и обсуждение

### Уровни накопления ПАУ

Снежный покров в районах гг. Иркутска и Шелехова отличался высоким загрязнением и содержанием твердой фазы от 5 до 73 г/м<sup>2</sup>, ПАУ (суммарное количество

во идентифицированных соединений) – от 60 до 850 мкг/м<sup>2</sup> в Иркутске и от 1400 до 16200 мкг/м<sup>2</sup> в Шелехове. Суммарное содержание фенантрена, флуорантена и пирена составляло ~ 80%, а бенз[а]пирена – ~ 2,5% от количества обнаруженных ПАУ. Рассчитанные уровни накопления представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Уровни накопления ПАУ (мкг/м<sup>2</sup>) в снежном покрове г. Иркутска

Точки и год отбора проб		ПАУ											Сумма ПАУ
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1	1996	88	0,4	55	73	4,7	8,7	6,7	2,3	6,8	5,9	3,6	250
	1998	63	< 0,1	46	30	1,0	6,7	4,3	0,5	< 0,5	< 0,5	0,9	150
	1999	250	2,9	190	110	6,7	25	21	3,3	11	6,2	3,9	640
	2001	90	0,4	78	49	3,1	14	20	4,5	7,6	6,6	5,8	280
2	1996	120	2,7	70	56	5,6	7,1	8,6	15	5,4	5,9	4,0	300
		310	6,7	150	210	23	27	38	20	21	19	15	840
4	1996	70	2,2	57	40	5,7	6,5	7,3	13	4,3	3,9	2,9	210
	1998	150	< 0,1	85	67	4,5	16	14	2,9	1,1	3,7	3,1	350
	1999	67	< 0,1	75	49	3,4	14	10	41	8,6	< 0,5	5,1	270
	2001	210	1,4	200	140	12	34	56	13	33	20	16	730
5	1996	120	4,7	80	81	3,3	4,6	2,6	< 0,5	3,2	1,9	1,5	300
		130	0,6	84	83	8,1	7,9	4,9	< 0,5	5,5	5,3	2,9	330
7	1996	9,0	0,2	20	11	6,7	2,2	3,4	< 0,5	< 0,5	5,6	12	71
	1998	40	< 0,1	26	15	0,9	3,1	2,7	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	88
	1999	110	< 0,1	100	58	4,4	17	15	19	9,7	7,3	7,0	360
	2001	57	0,9	54	41	2,9	9,2	22	3,2	7,7	6,0	3,7	210
8	1996	170	9,2	160	150	9,3	14	10	< 0,5	8,7	5,8	5,8	540
9	1998	90	< 0,1	62	40	0,6	14	14	2,1	2,2	2,8	3,7	230
		71	< 0,1	120	71	2,0	25	21	4,1	1,9	2,7	1,8	320
11	1996	18	1,3	15	13	2,1	2,9	0,0	1,3	3,3	2,5	1,7	61
		36	< 0,1	34	17	0,5	4,6	4,6	0,5	< 0,5	1,1	0,8	100
12	1998	120	< 0,1	90	49	3,1	19	19	4,8	1,3	6,0	4,7	320
		160	< 0,1	87	47	3,9	12	10	2,6	0,8	1,5	1,6	320

Примечание. ПАУ: I – фенантрен, II – антрацен, III – флуорантен, IV – пирен, V – бензо[а]антрацен, VI – хризен, VII – бензо[б]флуорантен, VIII – бензо[к]флуорантен, IX – бенз[а]пирен, X – бензо[г,h,i]перилен, XI – индено[1,2,3-с,d]пирен.

Уровни накопления ПАУ (мкг/м<sup>2</sup>) в снежном покрове г. Шелехова

Точки и год отбора проб		ПАУ											Сумма ПАУ
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
14	1996	520	45	580	670	160	380	240	130	260	180	140	3300
	1997	250	7,1	440	250	41	120	180	39	94	80	67	1600
	1998	560	< 0,1	1100	690	40	300	290	80	120	68	44	3300
	1999	260	< 0,1	340	240	44	130	150	38	110	37	48	1400
15	1996	1100	71	840	1100	220	550	380	130	340	170	170	5100
	1997	3900	160	3700	3000	470	1400	1700	390	770	630	340	16000
	1998	810	< 0,1	1300	670	< 0,5	3200	440	81	28	110	89	3900
	1999	1200	60	1600	1100	240	250	500	150	470	120	130	5800
16	1996	160	9,2	210	140	22	74	59	17	51	16	9	760
17		450	35	410	400	64	180	200	61	190	77	55	2100
18		360	35	410	320	55	120	170	50	160	60	37	1800
19		94	4,1	150	110	25	53	79	28	98	49	33	720
20		170	17	250	190	46	100	140	52	180	84	61	1300
21		57	2,8	70	47	6,9	25	28	10	29	14	11	300
22		110	0,3	130	87	13	49	56	17	61	27	17	580
23		240	0,5	270	200	38	93	130	44	160	73	41	1300

В центральной части г. Иркутска, в которой расположены многочисленные локальные источники, накопление ПАУ в снежном покрове было обнаружено в интервале от 60 до 840 мкг/м<sup>2</sup> (точки 1–8). Максимальный уровень аккумуляции ПАУ от 530 до 840 мкг/м<sup>2</sup> был найден в районах автомагистралей с интенсивным движением (точки 3, 8). В северо-западной части города (точки 12 и 13) поверхностная плотность ПАУ не превышала 320 мкг/м<sup>2</sup>, в северо-восточном нагорном районе (точка 11) и в восточной части города (точка 7, район побережья Иркутского моря) накопление ПАУ было меньше до 5 раз. Аккумуляция бенз[а]пирена в центральной части города (точки 1–8) составляла от <0,5 до 33 мкг/м<sup>2</sup>, на его окраинах (точки 9–13) – от <0,5 до 3,3 мкг/м<sup>2</sup> (см. табл. 1).

Результаты математического моделирования осаждения загрязняющих веществ на территории г. Иркутска прогнозируют максимальную нагрузку для северо-западной части города [8]. В то же время вследствие градиента температур окружающего воздуха и перемещения воздушных масс над городом от центра к его окраинам, а приземного слоя атмосферы – к его центру, «так называемого эффекта городской циркуляции воздуха [5]», должно иметь место выравнивание содержания загрязняющих веществ в снежном покрове на территории города. С этой точки зрения интересен результат анализа проб, собранных в 1998 г. в центральной части (точки 4 и 10) и на окраинах г. Иркутска (точки 12 и 13). В указанных точках накопление суммы идентифицированных ПАУ отличалось примерно равным уровнем (от 320 до 350 мкг/м<sup>2</sup>), но вклады отдельных ПАУ были обнаружены в широком диапазоне (см. табл. 1). Соотношение их концентраций (к фенантрону, как преобладающему в составе обнаруженных соединений) имело разброс с отклонением от средней величины от 2 до 45%. Этот результат свидетельствует о неравноценных вкладах различных источников в суммарную величину ПАУ и, по-видимому, о малой доле эффекта выравнивания содержания ПАУ в снежном покрове. Измерения уровней аккумуляции ПАУ в течение 1996–2001 гг. подтверждают последний вывод. На рис. 2 видны значительные колебания уровней накопления ПАУ за один сезон в разных точках и в одном районе за период наблюдения.

Для межгодовой изменчивости выявляется тенденция увеличения почти в 2 раза средней (для трех точек) величины накопления ПАУ (рис. 3).

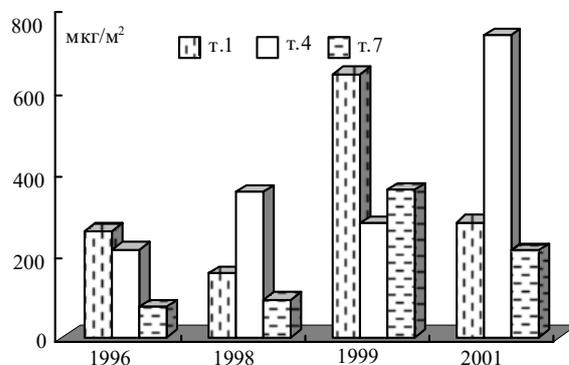


Рис. 2. Уровни накопления ПАУ (сумма идентифицированных соединений) в снежном покрове г. Иркутска за один зимний сезон в точках отбора проб 1, 4 и 7 в течение 1996–2001 гг.

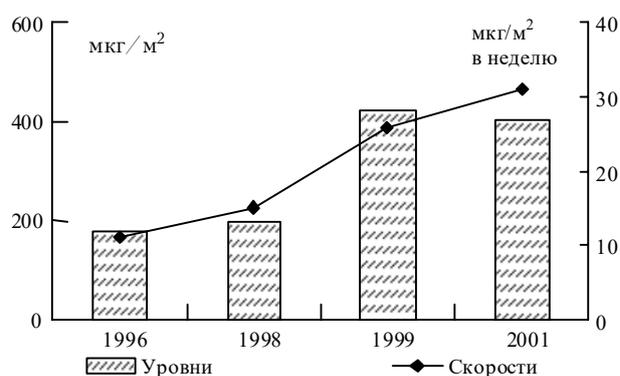


Рис. 3. Межгодовая изменчивость среднего уровня накопления и средней скорости аккумуляции ПАУ (средние значения для трех районов, точки отбора проб 1, 4, 7) в снежном покрове г. Иркутска в течение 1996–2001 гг.

Одной из причин такой тенденции может быть рост количества автотранспорта. С 1995 по 1998 г. концентрация свинца в снегу городских районов Иркутска выросла более чем в 30 раз на фоне уменьшения содержания техногенных элементов Zn, Cu и Cd [9]. Так как автотранспорт сжигает преимущественно этилированный бензин, то он является основным источником загрязнения приземного слоя атмосферы ПАУ (рис. 4).

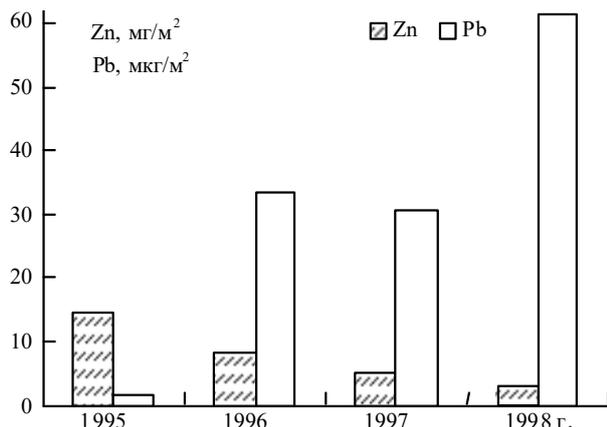


Рис. 4. Межгодовая изменчивость уровня накопления Pb и Zn в снежном покрове г. Иркутска в течение 1995–1998 гг. (точка отбора проб 2)

В районе г. Шелехова (точки 14 и 15) обнаружена максимальная поверхностная плотность ПАУ в снежном покрове. Аккумуляция идентифицированных соединений этого класса за сезон 1997 г. достигала суммарной величины 16 мг/м<sup>2</sup>, бенз[а]пирена 0,7 мг/м<sup>2</sup> (см. табл. 2). В остальные годы наблюдения поверхностная плотность ПАУ (средняя для двух точек, 14 и 15) не превышала 5 мг/м<sup>2</sup>, бенз[а]пирена 0,5 мг/м<sup>2</sup>.

При доминирующих северо-западных ветрах территория г. Шелехова находится за пределами основной зоны рассеивания выбросов ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ». Тем не менее выбросы завода являются основным источником загрязнения атмосферы города. Соотношения концентраций обнаруженных ПАУ к фенантрону в пробах, собранных в течение 1996–1999 гг. в районе г. Шелехова (точки 14, 15) и за его пределами (точки 16–24), имеют близкие значения. Наблюдаемый разброс соотношений концентраций ПАУ характеризуется относительным стандартным отклонением ( $S_r$ ) ≤ 11% (за исключением антрацена  $S_r$  = 16%). Постоянное соотношение концентраций указывает на один доминирующий источник, а уровень аккумуляции ПАУ в отдельные сезоны определяется, по-видимому, величиной вклада выбросов завода в загрязнение атмосферы города и, следовательно, снежного покрова.

### Скорости накопления ПАУ

В литературе мало данных о скоростях накопления ПАУ в снежном покрове, позволяющих проводить сравнительные оценки уровней загрязнения для различных временных периодов и разных районов. Расчет скоростей накопления ПАУ по результатам мониторинга снежного покрова в г. Иркутске (см. рис. 3) подтверждает увеличение в 2,5 раза потоков ПАУ на подстилающую поверхность, т.е. увеличение загрязнения приземного слоя атмосферы за период с 1996 по 2001 г. Для г.Шелехова расчет скоростей свидетельствует о сильном влиянии выбросов завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ» на загрязнение атмосферы города. В отдельные сезоны скорость потока ПАУ изменялась от 25 до 1000 мг/м<sup>2</sup> в неделю при средней (за период наблюдения) скорости 300 мг/м<sup>2</sup> в неделю. Сравнение с фоновыми уровнями Западной Европы (Пиренеи – 0,09; Альпы – 0,26; Татры – 0,77 мг/м<sup>2</sup> в неделю [10]) и с высокогорной станцией фоновый мониторинга Монды – 0,04 мг/м<sup>2</sup> в неделю

[11] показывает, что суммарные потоки ПАУ в районе г. Иркутска в 700 раз, а в районе г. Шелехова в 7500 раз больше.

Измерение скоростей накопления дает возможность провести оценку загрязнения веществами, обладающими наибольшей опасностью для окружающей среды и человека. Так, в центральной части г. Иркутска за период с 1996 по 2001 г. скорость накопления бенз[а]пирена возросла в 4 раза и в 2001 г. равнялась 2,5 мг/м<sup>2</sup> в неделю. В г. Шелехове средняя скорость накопления бенз[а]пирена за период с 1996 по 1999 г. составляла 17 мг/м<sup>2</sup> в неделю. Сравнение потоков бенз[а]пирена в крупных городах Германии (Берлин, Франкфурт, Дюссельдорф – 0,5–2,0 мг/м<sup>2</sup> в неделю [12]), в районах автотрасс Финляндии (0,3–1,9 мг/м<sup>2</sup> в неделю [13]) и в промышленных центрах Прибайкалья позволяет сделать вывод, что загрязнение указанным канцерогеном атмосферы г. Иркутска имеет сопоставимый уровень, а в г. Шелехове больше до 50 раз.

### Идентификация источников ПАУ

Идентификация источника (источников) эмиссии ПАУ по соотношению концентраций данных соединений в пробах снега промышленных центров затруднена из-за перекрывания вкладов различных источников в процессе аккумуляции. Исключением могут быть районы с мощным доминирующим источником, например зона рассеивания выбросов ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ», или с источниками, выбросы которых равноценны по качественному составу. К последним могут быть отнесены участки малоэтажной застройки с печным отоплением на окраине г. Иркутска (точка 9).

Результаты расчетов соотношений концентраций ПАУ к бенз[а]пирену в снежном покрове исследованных центров, проведенных с целью идентификации источников, представлены в табл.3. В пробах снега из района г. Шелехова соотношения концентраций ПАУ от 60 до 840 мг/м<sup>2</sup> ПАУ в г. Иркутске и от 1400 до 16000 мг/м<sup>2</sup> ПАУ в г. Шелехове (сумма 11 идентифицированных соединений). По соотношению концентраций обнаруженных ПАУ к доминирующим источникам загрязнения в г. Шелехове отнесены выбросы ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ», в г. Иркутске в его центральной части – выбросы автотранспорта, на окраинах города в районах малоэтажной застройки – выбросы коммунальной энергетики. За период проведения мониторинга с 1996 по 2001 г. в г. Иркутске отмечена тенденция увеличения среднего уровня аккумуляции ПАУ с 240 до 420 мг/м<sup>2</sup> и средней скорости накопления ПАУ с 11 до 31 мг/м<sup>2</sup> в неделю, в том числе бенз[а]пирена с 0,5 до 2,5 мг/м<sup>2</sup> в неделю. В районе находятся в узком интервале значений и совпадают с таковыми в выбросах алюминиевого завода, в пробах снега с окраин г. Иркутска (точка 9) – с выбросами котельных и домовых печей, сжигающих уголь. В снежном покрове центральной части г.Иркутска (точки 1–8) соотношения концентраций для большинства ПАУ совпадают с их значениями в выбросах автотранспорта, но широкие интервалы обнаруженных соотношений отражают, по-видимому, вклады других источников в загрязнение этой части города (выбросы коммунальной энергетики, строительные и ремонтные работы, сжигание мусора). Анализ концентраций ПАУ в снежном покрове из точек 9, 10, 12 и 13 (см. рис. 1) свидетельствует о вкладе нескольких источников ПАУ в загрязнение данных районов.

Соотношение концентраций ПАУ / к бенз[а]пирену в выбросах в атмосферу различных источников и обнаруженных в снежном покрове указанных районов

Источник	ПАУ									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI
<i>Выбросы в атмосферу</i>										
Котельные*:										
уголь	1,1–18	0,10–2,6	2,6–8,0	4,0–13	0,47–1,6	0,45–0,77	0,53–0,94	0,23–1,8	0,09–0,52	0,31–0,60
мазут	9,3	1,0	1,7	4,7	1,7	4,0	3,0	6,3	1,3	1,7
Домовые печи*:										
уголь	1,1–10	0,28–3,1	1,6–8,9	2,0–11	0,43–1,5	0,47–2,0	0,45–1,3	0,30–0,63	0,13–0,40	0,39–0,59
дрова	1,0	0,14	1,2	1,8	0,74	0,78	1,1	0,95	0,57	1,2
Карбюраторный двигатель**	–	–	9,9–76	14	1,1–7,4	4,4–15	1,4–7,4	9,1	1,9–8,7	–
Дизельный двигатель**	36	0,1–1,5	23	23	0,9–4,0	2,6	–	1,1–1,0	0,4–2,0	–
Выбросы ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ»***	0,39–4,1	0,06–0,51	3,4–5,2	1,6–4,4	0,23–0,73	0,36–1,3	1,0–1,6	0,27–0,37	0,38–0,54	0,21–0,30
<i>Снежный покров</i>										
Район г.Шелехова	0,95–5,3	0,01–0,22	1,4–9,0	1,1–5,7	0,01–0,65	0,54–2,5	0,77–2,9	0,28–0,66	0,26–0,87	0,18–0,71
Центр Иркутска, т. 1–8	13–37	0,1–1,5	7,1–25	9,3–25	0,7–1,5	1,3–1,6	0,8–1,8	0,3–3,0	1,0	0,59–1,1
Окраина Иркутска:										
т. 11	5,4	0,38	4,6	3,8	0,63	0,88	–	0,38	0,75	0,50
т. 9	41	< 0,1	28	18	0,27	6,4	6,4	0,95	1,3	1,7
т. 10	37	< 0,1	63	37	1,1	13	11	2,2	1,4	0,95
т. 12	92	< 0,1	69	38	2,4	15	15	3,7	4,6	3,6
т. 13	200	< 0,1	109	59	4,9	15	13	3,3	1,9	2,0

\* Данные работы [14]. \*\* Данные работы [15]. \*\*\* Отбор проб ( $n = 10$ ) проведен старшим научным сотрудником Института биологии при Иркутском государственном университете к.х.н. Л.И. Белых, определение ПАУ по методике [14].

### Заключение

За 90–110 дней зимнего сезона снежный покров промышленных центров Прибайкалья аккумулирует г. Шелехова при средней величине аккумуляции ПАУ, равной 4600 мкг/м<sup>2</sup>, скорость потока ПАУ оценена значением 300, бенз[а]пирена 17 мкг/м<sup>2</sup> в неделю. Скорости накопления бенз[а]пирена в Иркутске сопоставимы с таковыми в крупных городах Западной Европы, а в районе Шелехова до 50 раз выше.

Авторы приносят искреннюю благодарность старшему научному сотруднику Института геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН к.г.-м.н. Г.П.Королевой и старшему научному сотруднику Института систем энергетики им. Л.А.Мелентьева к.т.н. П.П.Павлову за помощь в отборе проб снежного покрова, старшему научному сотруднику Института биологии при Иркутском государственном университете к.х.н. Л.И.Белых за отбор проб газовых выбросов завода ОАО «ИрКАЗ-СУАЛ».

1. Горшков А.Г., Маринайте И.И. Мониторинг экотоксикантов в объектах окружающей среды Прибайкалья. Часть I. Определение полициклических ароматических углеводородов в аэрозоле промышленных центров (на примере г. Иркутска) // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 10. С. 967–970.
2. Khodzher T.V., Gorshkov A.G., Obolkin V.A. The composition of aerosol over the East Siberia // J. Aerosol. Sci. 1999. V. 30. Suppl. 1. P. S271–S272.
3. Аргучинцев В.К., Аргучинцева А.В., Крейсик М.А. Оценка влияния на озеро Байкал аэропромвыбросов региональных источников // Оптика атмосф. и океана. 2001. Т. 14. № 3. С. 236–239.
4. Горшков А.Г., Маринайте И.И., Оболкин В.А., Барам Г.И., Ходжер Т.В. Полициклические ароматические углеводороды в снежном покрове // Оптика атмосф. и океана. 1998. Т. 11. № 8. С. 913–918.
5. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 182 с.

6. Качество снежного покрова. Поверхностная плотность бенз[а]пирена // Методика выполнения измерений методом ВЭЖХ. Аттестована Восточно-Сибирским научно-исследовательским институтом физико-технических и радиотехнических измерений, г. Иркутск. Свидетельство об аттестации МВИ № 02-2001.
7. Королева Г.П., Горшков А.Г., Виноградова Т.П., Бутаков Е.В., Маринайте И.И., Ходжер Т.В. Исследование загрязнения снежного покрова как деполирующей среды (Южное Прибайкалье) // Химия в интересах устойчивого развития. 1998. Т. 6. № 4. С. 327–337.
8. Аргучинцева А.В. Моделирование накопления на подстилающей поверхности полидисперсных аэрозолей антропогенного происхождения // Оптика атмосф. и океана. 2000. Т. 13. № 9. С. 865–869.
9. Королева Г.П., Маринайте И.И., Горшков А.Г. Геохимический мониторинг загрязнения снежного покрова (Южное Прибайкалье): Тезисы докл. // Междунар. симп. «Геохимия ландшафтов, палеоэкология человека и этногенез». Улан-Удэ, 6–11 сентября, 1999. Улан-Удэ, 1999. С. 145–146.
10. Carrera G., Fernandez P., Vilanova R.M., Grimalt J.O. Persistent organic pollutants in snow from European high mountain areas // Atmos. Environ. 2001. V. 35. P. 245–254.
11. Маринайте И.И., Горшков А.Г. Мониторинг полициклических ароматических углеводородов в снежном покрове Южного Прибайкалья (результаты 5 лет работы): Тезисы докл. // Третья Верещагинская Байкальская конференция. Иркутск, 22–27 августа 2000. Иркутск, 2000. 150 с.
12. Seifert B. & Lahmann E. Luftstaub-Untersuchungen mit der Hochleistung-Fluessigkeits-Chromatographie // Luftverunreinigung durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe. Duesseldorf: V.D.I. Berichte, 1980. № 358. P. 127–131.
13. Hautala E.-L., Reikila R., Tarhanen J., Ruuskanen J. Deposition of motor vehicle emissions and winter maintenance along roadside assessed by snow analyses // Environ. Pollut. 1995. V. 87. P. 45–49.
14. Филиппов С.П., Павлов П.П., Кейко А.В., Горшков А.Г., Белых Л.И. Экспериментальное определение выбросов сажи ПАУ котельными и домовыми печами // Изв. РАН. Энерг. 2000. № 3. С. 107–117.
15. Суздорф А.Р., Морозов С.В., Кузубова Л.И., Анищук Н.Н., Анищук А.Г. Полициклические ароматические углево-

дороды в окружающей среде: источники, профили  
и маршруты превращения // Химия в инте-

ресах устойчивого развития. 1994. Т. 2. № 2–3.  
С. 511–540.

*I.I. Marinaite, A.G. Gorshkov. Monitoring of ecotoxicants in the environmental objects of the Baikal region. Part II. Polycyclic aromatic hydrocarbons in snow cover of industrial centers.*

The results of monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the snow cover of Baikal industrial centers, in Irkutsk and Shelekhov from 1996 to 2001 are presented. The accumulation levels and rates of 11 identified combinations included in the number of priority ecotoxicants are estimated. PAH identification is done using the HPLC method.