

УДК 551.57: 556.12

Сравнительная оценка полициклических ароматических углеводородов снежного покрова в зоне выбросов алюминиевого производства

Н.И. Янченко, Л.И. Белых*

*Иркутский национальный исследовательский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83*

Поступила в редакцию 24.02.2016 г.

Отобраны пробы снежного покрова и исследован состав полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в твердых осадках снежного покрова на территории г. Братска. Проведено сравнение с данными исследований ПАУ в снежном покрове промышленных городов Шелехов, Новокузнецк и Сыктывкар. Установлены тесные корреляции между качественными составами (профиль) ПАУ в снежном покрове вблизи алюминиевых заводов и в выбросах от источников электролизного цеха производства алюминия по технологии с самообжигающимися анодами. Определены значения отношений различных ПАУ в газопылевых выбросах от электролитического процесса получения алюминия. Показана возможность их использования для идентификации источников загрязнения от алюминиевых предприятий. Найдено, что канцерогенная активность ПАУ в снежном покрове формируется преимущественно вкладом бенз(а)пирена.

Ключевые слова: полициклические ароматические углеводороды, снежный покров, производство алюминия; polycyclic aromatic hydrocarbons, snow cover, aluminum production.

Введение

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) относятся к распространенным канцерогенным и мутагенным веществам [1], которые изучают в различных средах. Информативным объектом, отражающим источники выбросов, состояние атмосферного воздуха и сопряженной с ним подстилающей поверхности, является снежный покров [2]. В северных и сибирских регионах он накапливает атмосферные примеси за 5–6 мес и относится к надежным объектам для изучения загрязнения промышленных центров [3–7]. Среди них особое внимание уделяется городам с алюминиевым производством. Известно, что среднемесячные концентрации бенз(а)пирена превышают санитарные нормы в атмосфере Братска и Шелехова [8].

В электролитическом производстве алюминия ПАУ образуются при применении технологий с использованием самообжигающихся анодов на основе каменноугольных пеков как связующего материала [9–11]. В России в 2009 г. работали 12 алюминиевых заводов, на которых из 9365 электролизеров 7465 были с самообжигающимися анодами Содеберга [12]. Канцерогенная опасность этих технологий подтверждается определением ПАУ в снежном покрове в городах с алюминиевым производством [3–5, 7]. Подобные исследования отсутствуют для г. Братска, на территории которого расположен

один из самых мощных алюминиевых заводов, целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК) и другие производства. Целью работы было изучение состава, распределения, происхождения, канцерогенной активности ПАУ снежного покрова в Братске и зонах расположения алюминиевых заводов в сравнении с другими типами производств.

Район, объекты и методы исследования

Район исследования в 2015 г. представляет собой зону выбросов промышленных предприятий г. Братска, куда входят алюминиевый завод (ОАО «РУСАЛ Братск»), завод ферросплавов (ООО «БФЗ»), целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК, филиал ОАО «Группа «Илим»), предприятия теплоэнергетики и автотранспортная сеть.

Природно-географическое положение г. Братска отличается крупнохолмистый с перепадами высот от 402 до 670 м рельеф, который не способствует рассеиванию выбросов. В зимние месяцы преобладают ветры западного направления с повторяемостью 26,7%, формирующие выбросы в основном на селитебные территории. В среднем за год выпадает 369 мм осадков, из которых 25% приходится на холодный и 75% на теплый период. Устойчивый снежный покров сохраняется с октября–ноября по февраль–март [13].

Объектами исследования были твердые осадки снежного покрова (ТОС), отобранного в двух реперных точках на территории г. Братска. Первый

* Наталья Ивановна Янченко (fduecn@bk.ru); Лариса Ивановна Белых.

пункт опробования (п.о. 1) расположен в санитарно-защитной зоне в 0,5 км от алюминиевого завода. Второй пункт опробования (п.о. 2) находится на берегу Братского водохранилища в Центральном округе у Речного порта. Это место удалено примерно на 13 км от алюминиевого завода и 2 км от целлюлозно-бумажного комбината. Влияние выбросов последнего возможно на снежный покров п.о. 2. Поэтому рассматривали результаты анализа талой снеговой воды, изученной в зоне выбросов ЦБК г. Сыктывкара [6]. Сравнение результатов определения ПАУ в талых водах снежного покрова и в его твердых осадках не дает большой погрешности, так как согласно данным работ [5, 7] до 70–90% соединений от суммарного количества обнаруживается в твердой фазе.

Методы исследования и анализа. Отбор проб снежного покрова проведен в конце февраля 2015 г. в виде кернов по всей глубине залегания по рекомендациям [14]; ТОС получен после фильтрования талой снежной воды через фильтр «синяя лента» и высушивания осадка на воздухе; выполнен анализ экстрактов осадков на содержание ПАУ с помощью метода ГХ-МС на хроматографе Focus с масс-спектрометрическим детектором DSQ в аккредитованной лаборатории Института проблем экологии и эволюции РАН им. А.Н. Северцова (г. Москва).

Полученные результаты сравнивали с данными исследований ПАУ в снежном покрове городов с алюминиевым (г. Шелехов [3–5], г. Новокузнецк [7]) и целлюлозно-бумажным (г. Сыктывкар [6]) производствами, а также в выбросах от источников

получения алюминия по технологии с самообжигающимися анодами [3, 9–11].

Канцерогенную активность суммы ПАУ $A_{\Sigma \text{ПАУ}}^k$ в абсолютных и относительных единицах рассчитывали по формуле

$$A_{\Sigma \text{ПАУ}}^k = \sum_{i=1}^m K_{\text{ПАУ}i} \cdot C_{\text{ПАУ}i},$$

где $K_{\text{ПАУ}i}$ – коэффициент канцерогенной активности i -го ПАУ относительно бенз(а)пирена [15]; $C_{\text{ПАУ}i}$ – массовая концентрация i -го ПАУ в объекте, выраженная в абсолютных или относительных (% от суммарного содержания) единицах; m – число ПАУ.

Статистические методы обработки результатов исследования включали расчет коэффициентов корреляции r_{xy} с помощью стандартных программ ЭВМ при числе степеней свободы $f = n - 2$, где n – число результатов анализа; α – уровень значимости.

Результаты и их обсуждение

Состав ПАУ в снежном покрове и источниках его загрязнения

В табл. 1 представлены результаты определения ПАУ в ТОС промышленной (п.о. 1) и городской (п.о. 2) территории г. Братска, а также данные других исследований для сравнения.

Таблица 1

Канцерогенная активность приоритетных 16 ПАУ и их состав в снежном покрове промышленных городов

№ п/п	ПАУ (сокращение)	Коэффициент канцерогенной активности [15]	Относительное содержание от суммарного количества, %						
			г. Братск		г. Шелехов		г. Новокузнецк [7]		г. Сыктывкар [6]
			п.о. 1	п.о. 2	~3 км от завода [3]	2,5 км от завода [5]	вблизи завода	вдали от завода	
1	Нафталин (НФ)	0,001	0,3	0,03	–	–	–	–	–
2	Аценафтилен (Ац-лен)	–	–	–	–	–	–	–	–
3	Аценафтен (Ац-ен)	0,001	0,5	0,5	–	–	–	–	–
4	Флуорен (Фл)	0,001	0,6	0,9	–	–	–	–	–
5	Фенантрен (Фен)	0,001	19,0	20,0	13,0	23,7	17,3	57	80
6	Антрацен (А)	0,01	–	1,8	1,2	2,8	1,3	1,4	0,4
7	Флуорантен (Флу)	0,001	33,5	34,0	19,7	15,8	24,5	2,1	7,0
8	Пирен (П)	0,001	23,3	22,6	19,7	7,9	24,0	–	4,0
9	Бенз(а)антрацен (Б(а)А)	–	1,8	–	4,2	7,5	0,4	–	1,0
10	Хризен (Хр)	0,01	0,9	11,4	10,5	10,5	16,0	10,6	3,0
11	Бенз(в)флуорантен (Б(в)Флу)	0,1	14,8	5,2	11,2	10,1	7,3	7,0	2,0
12	Бенз(к)флуорантен (Б(к)Флу)	0,1	0,3	0,40	3,2	3,7	2,8	10,0	0,7
13	Бенз(а)пирен (Б(а)П)	1	3,6	1,6	7,7	6,2	4,0	12,0	0,7
14	Дибенз(а, h)антрацен (ДБА)	1	–	0,04	0,4	1,2	–	–	0,1
15	Бенз(g, h, i)перилен (БПер)	0,01	1,2	0,8	5,3	6,2	2,2	–	0,8
16	Индено(1,2,3-сd)пирен (ИП)	0,1	0,03	0,7	3,9	4,4	–	–	0,3
	Суммарная массовая концентрация ПАУ		92,520	91,910	1423	2275	15, 853	0,141	76,300
			мкг/г	мкг/г	мкг/м ²	мкг/м ²	мкг/дм ³	мкг/дм ³	мкг/м ²

Примечание. Прочерк – данные отсутствуют.

Здесь же приведен состав и относительная канцерогенная активность 16 приоритетных соединений, контролируемых по международным стандартам [16]. Во всех пробах снежного покрова идентифицировано от 7 до 14 ПАУ, из которых 70–90% от суммарного количества приходится на 3,4-ядерные аналоги. Пробы, отобранные в районах разной удаленности от алюминиевого завода на территории г. Братска, имеют практически равные суммарные концентрации ПАУ. Содержание Б(а)П в них различается более двух раз с меньшей величиной в пробе п.о. 2.

Результаты анализа снежного покрова г. Шелехова, полученные в 1996 [3] и 2012 гг. [5] (см. табл. 1), хорошо согласуются между собой, особенно по содержанию Б(а)П, несмотря на совершенствование технологии [12]. Сравнение суммарного содержания ПАУ в снежном покрове для г. Шелехов и Сыктывкар показывает различие влияния выбросов от алюминиевого завода и ЦБК от 19 до 30 раз. Особенностью загрязнения снежного покрова г. Новокузнецка является сильная зависимость качественного и количественного состава ПАУ от места отбора проб. Так, концентрация Б(а)П в пробах пунктов наблюдения загрязнения вблизи

(ПНЗ-10) и вдали (ПНЗ-23) от алюминиевого завода уменьшается до 40 раз, а суммы ПАУ уменьшаются более 100 раз.

Соответствие качественного состава (профиль) ПАУ в снежном покрове территорий четырех промышленных городов изучили по значениям коэффициентов корреляции r_{xy} между содержаниями соединений в сравниваемых объектах. Как видно в табл. 2, незначимые значения r_{xy} имеют пробы снежного покрова в зонах, находящихся вне влияния выбросов алюминиевого завода. К ним относятся ПНЗ-23, удаленный от промышленного центра в г. Новокузнецке [7], и пункт наблюдения в г. Сыктывкаре, в котором возможно влияние выбросов только ЦБК. В случае г. Братска существенных различий между пробами снежного покрова п.о. 1 и п.о. 2 не обнаруживается, что указывает на один источник их загрязнения, а именно алюминиевый завод. Данный вывод подтверждают высокие значения r_{xy} между составами ПАУ в ТОС обеих проб и газопылевыми выбросами от источников электролизного цеха. Подобные корреляции для снежного покрова, находящегося вне зоны воздействия выбросов алюминиевых заводов, статистически незначимы (см. табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты корреляции r_{xy} между составами ПАУ в снежном покрове (СП) городов с различными производствами и выбросами электролизного цеха

Место и объект анализа	г. Братск		г. Шелехов		г. Новокузнецк [7]		г. Сыктывкар	Электролизный цех [11]	
	п.о. 1	п.о. 2	[3]	[5]	ПНЗ-10	ПНЗ-23	ЦБК [6]	дымовая труба	аэрофонарь
п.о. 1 Братск (СП)	1								
п.о. 2 Братск (СП)	0,932 (0,001)*	1							
[3] Шелехов (СП)	0,902 (0,001)	0,904 (0,001)	1						
[5] Шелехов (СП)	0,721 (0,01)	0,746 (0,01)	0,769 (0,001)	1					
[7] ПНЗ-10 (СП)	0,872 (0,001)	0,959 (0,001)	0,950 (0,001)	0,746 (0,01)	1				
[7] ПНЗ-23 (СП)	0,298 (н/з)	0,335 (н/з)	0,310 (н/з)	0,760 (0,01)	0,360 (н/з)	1			
[6] ЦБК (СП)	0,402 (н/з)	0,433 (н/з)	0,341 (н/з)	0,777 (0,001)	0,407 (н/з)	0,951 (0,001)	1		
Электролизный цех	[11] дымовая труба	0,918 (0,001)	0,959 (0,001)	0,895 (0,001)	0,637 (0,02)	0,935 (0,001)	0,228 (н/з)	0,353 (н/з)	1
	[11] аэрофонарь	0,926 (0,001)	0,952 (0,001)	0,922 (0,001)	0,722 (0,01)	0,937 (0,001)	0,337 (н/з)	0,440 (н/з)	0,987 (0,001)

Примечание. * – уровень значимости (α); н/з – статистически незначимо.

Отношения ПАУ как индикаторы их происхождения

В настоящее время активно изучаются отношения содержаний индивидуальных ПАУ в объектах среды с целью идентификации источников их загрязнения, установления пирогенного или петрогенного происхождения соединений [17, 18]. Точность таких оценок низка из-за недостаточности информации для источников их выделения. Поэтому были изучены отношения ПАУ в составе источников выбросов электролизного цеха как канцерогенно опасных и преобладающих на алюминиевых заводах России в сравнении со снежным покровом разной степени и природы загрязнения.

Из полученных данных, представленных в табл. 3, можно отметить высокую сходимость между величинами отношений ПАУ, полученными по литературным [9] и нашим [11] результатам анализа выбросов от источников производства алюминия. Эти значения отношений могут быть индикаторами (маркерами) при установлении происхождения ПАУ. Действительно, сопоставление всех найденных отношений ПАУ в промышленных выбросах и исследованных снежных покровах показывает хорошее их соответствие для проб, отобранных в зонах выбросов алюминиевых предприятий. Тогда как между параметрами отношений ПАУ для снежных покровов, отобранных вне зон влияния алюминиевых производств, а именно ПНЗ-23 и вблизи выбросов ЦБК г. Сыктывкара, отмечаются наибольшие расхождения. Максимальные отклонения наблюдаются у отношений Фен/А, А/(А + Фен), (Флу + П)/(Фен + Хр),

которые могут быть более специфичными для идентификации выбросов алюминиевого производства.

Следует отметить, что методические подходы к оцениванию соответствия составов ПАУ между источником выделения и объектами загрязнения по значениям коэффициентов корреляции (см. табл. 2) и отношениям содержаний ПАУ (см. табл. 3) позволили сделать однозначные выводы в идентификации источника загрязнения снежного покрова.

Канцерогенная активность ПАУ

Количественная оценка канцерогенной активности ПАУ в снежном покрове проведена по абсолютным и относительным показателям (табл. 4). Абсолютное значение $A_{\Sigma\text{ПАУ}}^k$, оценивающее состояние снежного покрова п.о. 1, в два раза больше по сравнению с п.о. 2 на территории г. Братска. Показатели для проб снежного покрова, отобранных вне зоны влияния алюминиевых заводов в г. Новокузнецке (ПНЗ-23) и г. Сыктывкаре, отличаются от загрязненных территорий до двух порядков величин. По значениям относительной активности такая закономерность проявляется не всегда. Например, показатель активности для менее загрязненного снежного покрова ПНЗ-23 в г. Новокузнецке до трех раз больше, чем на ПНЗ-10 в санитарно-защитной зоне алюминиевого завода. Данный результат объясняется тем, что канцерогенная активность ПАУ в объекте зависит от вклада Б(а)П в суммарное содержание соединений. Найдена статистически значимая прямая зависимость суммарной канцерогенной активности ПАУ от содержания Б(а)П с коэффициентом корреляции $r_{xy} = 0,775$ ($r_{0,05} = 0,754$).

Таблица 3

Индикаторные отношения ПАУ в выбросах электролизного производства алюминия и в снежном покрове

№ п/п	Отношение ПАУ	Выбросы		Снежный покров						
		производство алюминия [9]	электро- лизный цех [11]	г. Братск		г. Шелехов		г. Новокузнецк [7]		г. Сыктывкар вблизи ЦБК [6]
				п.о. 1	п.о. 2	[3]	[5]	ПНЗ-10	ПНЗ-23	
1	Фен/А*	4,3	5,6	—	11	11	9	14	40	191
2	Фен/(Фен + А)	0,8	0,9	—	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
3	А/(А + Фен)	0,2	0,1	—	0,1	0,1	0,1	0,1	0,02	0,005
4	Флу/П	1,8	1,0	1,4	1,5	1,0	2,0	1,0	0,1	1,5
5	Флу/(Флу + П)	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,1	0,6
6	(Флу + П)/(Фен + Хр)	0,7	2,6	2,8	1,8	1,7	0,7	1,5	0,2	0,1
7	Б(а)А/Хр	0,4	0,4	1,9	—	0,4	0,7	0,02	—	0,3
8	Б(а)А/(Б(а)А + Хр)	0,3	0,4	0,6	—	0,3	0,4	0,02	—	0,2
9	Б(а)П/(БПер)	1,9	2,0	3,0	2,0	1,5	1,0	1,9	—	1,0
10	Б(в)Флу/Б(а)П	2,2	2,3	4,1	3,3	1,5	1,6	1,8	0,6	2,5
11	Б(к)Флу/Б(а)П	1,1	0,7	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9
12	Б(а)А/Б(а)П	2,0	2,3	0,5	—	0,5	1,2	1,2	0,1	1,4
13	ИП/Б(а)П	0,5	0,3	0,01	0,4	0,5	0,7	—	—	0,3
14	ИП/(ИП + БПер)	0,5	0,5	0,03	0,5	0,4	0,4	0,4	—	0,2

Примечание. * — уровень значимости (α); прочерк — соединение неидентифицировано; ПНЗ — пункт наблюдения загрязнения, ПНЗ-10 и ПНЗ-23 соответственно вблизи и вдали от алюминиевого завода.

Таблица 4

Канцерогенная активность ПАУ в снежном покрове промышленных городов

Место отбора (город)	Количество ПАУ	Показатель активности		
		$A_{\text{абс}}^k$	$A_{\text{ПАУ}}^k$, отн. %	вклад Б(а)П, %
п.о. 1 (г. Братск)	12	4,86 мкг/г	5,2	70
п.о. 2 (г. Братск)	14	2,26 мкг/г	2,5	64
п.о. ~3 км от завода (г. Шелехов) [3]	11	145,17 мкг/м ²	10	76
п.о. 2,5 км от завода (г. Шелехов) [5]	11	214,01 мкг/м ²	9,5	65
п.о. вблизи завода (г. Новокузнецк) [7]	9	0,847 мкг/дм ³	5,3	76
п.о. вдали от завода (г. Новокузнецк) [7]	7	0,020 мкг/дм ³	14	85
п.о. вблизи ЦБК (г. Сыктывкар) [6]	12	0,916 мкг/м ²	1,1	62

Заключение

1. Определены (г. Братск) и сопоставлены качественные и количественные составы ПАУ в снежном покрове (ТОС или талые воды) на территории промышленных городов с алюминиевым (г. Братск, Шелехов, Новокузнецк) и целлюлозно-бумажным (г. Братск, Сыктывкар) производствами. Во всех объектах найдены от 7 до 14 ПАУ из 16 приоритетных веществ. Основная доля по массе (70–90% от суммарного количества) приходится на 3,4-ядерные флуорантен, пирен, фенантрен, хризен. Среди 5,6-ядерных преобладают бенз(в)флуорантен (7–15%) и Б(а)П (4–12%).

2. Установлены тесные корреляции между составами ПАУ в снежном покрове в зонах выбросов различных алюминиевых заводов ($r_{xy} = 0,721–0,959$). Показано, что составы ПАУ в снежном покрове соответствуют таковым в выбросах от источников электролизного цеха получения алюминия ($r_{xy} = 0,637–0,959$). Подобные зависимости не обнаружены для снежных покровов, находящихся вне влияния выбросов в атмосферу алюминиевых заводов.

3. Определены индикаторные отношения ПАУ в газопылевых выбросах электролизного цеха от процессов электролизного получения алюминия по технологии с самообжигающимися анодами, которые согласуются с соответствующими показателями в снежном покрове в зонах влияния выбросов алюминиевого производства и могут применяться как индикаторы их источников загрязнения.

4. Оценены суммарные показатели канцерогенной активности ПАУ в составе снежного покрова разной степени загрязнения. Показано, что значения параметров активности прямо зависят от вклада Б(а)П, варьирующего в диапазоне 62–85% от суммарного.

Работа частично выполнена по проекту № 127 государственного задания Министерства образования и науки РФ и подготовлена с использованием результатов работ, выполненных в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического ком-

плекса России на 2014–2020 годы». Уникальный идентификатор ПНИИЭР RFMEF157715X0190.

1. *P 2.1.10.1920-04*. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Роспотребнадзор, 2004. 116 с.
2. *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. М.: Гидрометеоиздат, 1985. 182 с.
3. *Белых Л.И., Горшков А.Г., Рябчикова И.А., Серышев В.А., Маринайте И.И.* Распределение и биологическая активность полициклических ароматических углеводородов в системе «источник–снежный покров–почва–растение» // Сиб. экол. ж. 2004. Т. 11, № 6. С. 793–802.
4. *Маринайте И.И., Горшков А.Г.* Мониторинг экотоксикантов в объектах окружающей среды Прибайкалья. Часть II. Определение полициклических ароматических углеводородов в снежном покрове промышленных центров // Оптика атмосф. и океана. 2002. Т. 15, № 5–6. С. 450.
5. *Маринайте И.И., Горшков А.Г., Тараненко Е.Н., Чипанина Е.В., Ходжер Т.В.* Распределение полициклических ароматических углеводородов в природных объектах на территории рассеивания выбросов Иркутского алюминиевого завода (г. Шелехов, Иркутская обл.) // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. Т. 21, № 2. С. 143–154.
6. *Василевич М.И., Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М.* Органическое вещество снежного покрова в зоне влияния выбросов целлюлозно-бумажного предприятия // Водные ресурсы. 2009. Т. 36, № 2. С. 182–188.
7. *Журавлева Н.В., Потоккина Р.Р., Исмагилов З.Р., Хабибулина Е.Р.* Загрязнение снегового покрова полициклическими ароматическими углеводородами и токсичными элементами на примере г. Новокузнецка // Химия в интересах устойчивого развития. 2014. Т. 22, № 7. С. 445–454.
8. *Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2014 году»*. Иркутск: Форвард, 2015. 328 с.
9. *Wenborn M.J., Coleman P.J., Passant N.R., Lymberidi E., Weir R.A.* Speciated PAH Inventory for the UK. AEAT–3512/20459131/ISSUE 1/DRAF. 1999. 54 p.
10. *Белых Л.И., Малых Ю.М., Пензина Э.Э., Смагунова А.Н.* Источники загрязнения атмосферы полициклическими ароматическими углеводородами в про-

- мышленном Прибайкалье // Оптика атмосфер. и океана. 2002. Т. 15, № 10. С. 944–948.
11. *Белых Л.И., Тимофеева С.С.* Полициклические ароматические углеводороды и их контроль в источниках загрязнения атмосферы при производстве алюминия // Безопасность жизнедеятельности. 2004. № 12. С. 26–32.
 12. *Сизяков В.М., Бажин В.М., Власов А.А.* Состояние и перспективы развития производства алюминия // Металлург. 2010. № 7. С. 4–75.
 13. *Швер Ц.А., Бабиченко В.Н.* Климат Братска. Л.: Гидрометеоздат, 1985. 168 с.
 14. *РД 52.04.186-89.* Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М.: Госгидромет, МЗ СССР. 1991. 693 с.
 15. *Nisbet I.C., La Goy P.K.* Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 1992. V. 16, № 3. P. 290–300.
 16. *Polynuclear aromatic compounds, Part 1.* Chemical, environmental and experimental data. In: IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, V. 32. Int. Agency for Research on Cancer, Lyon, 1983. 453 p.
 17. *Хаустов А.П., Редина М.М.* Полициклические ароматические углеводороды как геохимические маркеры нефтяного загрязнения окружающей среды // Экспозиция. Нефть. Газ. 2014. № 4(36). С. 92–97.
 18. *Stogiannidis E., Laane R.* Source Characterization of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Using Their Molecular Indices: An Overview of Possibilities // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. 2015. V. 234. P. 49–133.

N.I. Ianchenko, L.I. Belykh. **Comparative estimate of polycyclic aromatic hydrocarbons in snow cover at the exhaust zone of aluminum manufactures.**

Snow samples are selected and the composition of PAHs in sediments of solid snow in the city of Bratsk is studied. A comparison with the industrial towns of Shelekhov, Novokuznetsk, and Syktyvkar. A close correlation between the quality (profile) of PAH in the snow cover near aluminum smelters, and emissions from sources of electrolytic shops of aluminium production technology with self-roasted anodes are found. The values of the relations of various PAHs in the gas and dust emissions from the electrolytic process of producing aluminum are found. The possibility of their use for identifying sources of pollution from aluminum plants is shown. It is found that the carcinogenic activity of PAH in the snow cover is formed mainly by the contribution of benzo(a)pyrene.