

УДК 504.054

Источники и уровни экстремального загрязнения природной среды полихлорированными бифенилами в районах хозяйственной деятельности российских предприятий на архипелаге Шпицберген

Б. Н. Демин ¹, кандидат технических наук,
А. П. Граевский ², кандидат географических наук,
С. С. Крылов ³, кандидат физико-математических наук,
А. С. Демешкин ⁴, С. В. Власов ⁵

Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун»»

Выполненные Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун»» в 2011–2012 гг. исследования уровней содержания полихлорированных бифенилов в наружном красочном покрытии хозяйственных объектов в поселках Баренцбург, Пирамида и Колсбей, а также почв прилегающих к ним участков позволили выявить отдельные локальные источники загрязнения и показать, что основным механизмом распространения полихлорбифенилов по территории является ветровой разнос осыпающейся краски. Утилизация и последующий вывоз загрязненных отходов в специальные места складирования являются насущной проблемой, требующей решения не только на архипелаге Шпицберген, но практически по всему арктическому побережью, где также существует значительное количество заброшенных поселений и производств.

Ключевые слова: архипелаг Шпицберген, поселки Баренцбург, Пирамида, Колсбей, полихлорированные бифенилы, наружная краска, почва, свалки.

Введение

Исследования загрязнения полихлорированными бифенилами (ПХБ) территории российского угольного рудника Баренцбург на архипелаге Шпицберген и его окрестностей, выполненные в 2002—2012 гг. Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун»» в рамках программы Росгидромета по комплексному экологическому мониторингу, выявили значительные пространственные и временные колебания содержания этих поллютантов в различных природных средах. Анализ источников поступления ПХБ на территорию поселка показал, что помимо дальнего атмосферного переноса значительный вклад в загрязнение вносят местные источники [4; 6], которые, в свою очередь, подразделяются на первичные и вторичные.

Первичными источниками, содержащими ПХБ, являются технические масла, используемые в горной промышленности, в гидравлике, применяемые как средство изоляции и охлаждения в электрооборудовании (в конденсаторах и трансформаторах). Эти загрязняющие вещества широко применялись при производстве стройматериалов, в частности, использовались как пластификаторы в красках и лаках до конца 80-х годов прошлого века. Вторичными источниками являются почвенный покров, донные отложения, почвенные и грунтовые воды, загрязненные за счет распространения соединений ПХБ в окружающей среде, происходящего при авариях оборудования, утилизации оборудования и строительных конструкций, а также при захоронении на свалках масел и красок, осыпания краски со зданий и т. д.

Действующий рудник Баренцбург помимо подземных горных выработок включает в себя рабочий поселок со значительным количеством производственных и жилых построек 1950—1980-х годов. На

¹ e-mail: typhoon@aari.ru.

² e-mail: typhoon@aari.ru.

³ e-mail: typhoon@aari.nw.ru.

⁴ e-mail: knax@rambler.ru.

⁵ e-mail: typhoon@aari.ru.

Таблица 1. Содержание ПХБ в краске, отобранной со зданий в поселке Баренцбург весной 2011 г., мкг/кг

№ пробы	Здание ТЭЦ (123), ампула 1 (старая краска)	Старая столовая (44), ампула 2 (старая краска)	ЗГМО *, тамбур (112), ампула 3 (свежая краска)
31	33,0	522	3,52
28	67,0	1324	7,06
52	116	6066	38,3
101	526	7997	78,6
99	201	3116	17,8
118	930	8692	98,3
153	510	3312	109
105	400	3414	38,8
138	799	5012	113
187	45,0	134	10,2
183	22,6	90,2	6,70
128	208	1155	22,1
156	76,8	528	12,5
180	149	307	24,9
170	111	254	16,3
Сумма ПХБ ₁₅	4196	41 922	597

* ЗГМО — Зональная гидрометеорологическая обсерватория.

Примечание. Цифры в скобках — номера точек опробования)

территории рудника функционируют морской порт со своим флотом и углепогрузочным комплексом, различные подсобные цеха и хозяйства, радиоцентр, угольная ТЭЦ. Там же находятся склады стройматериалов, свалки производственного и строительного мусора, площадки хранения коммунально-бытовых отходов. Значительная производственная инфраструктура и длительный период эксплуатации рудника (с 1932 г. по настоящее время) предполагают наличие большого количества активных точечных источников поступления ПХБ в окружающую среду, при этом нельзя не учитывать и загрязнение от вторичных источников. Так, загрязненные донные отложения являются источником распространения ПХБ в морской воде, сжигание мусора и рекультивация почв приводят к загрязнению воздуха и грунтовых вод. Законсервированные российские предприятия и поселки (рудник Грумант и поселок Колсбей, рудник Пирамида) с сохранившейся инфраструктурой также засорены достаточно большим количеством отходов, содержащих полихлорбифенилы.

В 2011—2012 гг. специалистами Северо-Западного филиала НПО «Тайфун» были выполнены специальные исследования уровней содержания

ПХБ в наружном красочном покрытии хозяйственных объектов в поселках Баренцбург, Пирамида и Колсбей, а также почв прилегающих к ним участков. Особое внимание в ходе этих исследований было уделено старой осыпающейся краске на стенах зданий и строительных конструкциях. Сравнение профилей ПХБ, полученных при химико-аналитических исследованиях образцов краски, взятых со стен зданий, и образцов почв, отобранных в различных точках поселка, позволило выявить отдельные локальные источники загрязнения и показать, что основным механизмом распространения полихлорбифенилов по территории является ветровой разнос осыпающейся краски.

Результаты полевых работ

В весенний и осенний сезоны 2011 г. и осенью 2012 г. в поселке Баренцбург был проведен отбор краски с наружных стен жилых и производственных помещений и определено содержание ПХБ в этих пробах. Результаты анализа проб представлены в табл. 1—3. Из них видно, что содержание суммы 15 конгенов ПХБ в краске, отобранной с наружных стен зданий старой постройки в Баренцбурге,

Таблица 2. Содержание ПХБ в краске, отобранной со зданий в поселке Баренцбург осенью 2011 г. и осенью 2012 г., мкг/кг

Номер пробы	Осень 2011 г.	Осень 2012 г.					
	Здание шахты (1)	Жилое здание (43)	Старая столовая (44)	Здание свинофермы (16)	Стела «Баренцбург» (2)	Здание у причала (40)	Старое консульство (31)
28	642	23,4	28,9	49,6	24,2	12,9	19,9
31	401	11,3	16,3	28,0	13,7	8,10	15,9
52	4794	76,1	146	85,8	33,0	29,6	27,9
99	8300	115	111	131	70,0	31,2	42,8
101	18 964	155	209	206	69,2	57,5	89,4
105	5621	171	254	258	31,7	96,4	119
118	19 563	150	381	286	44,9	145	179
128	1094	37,7	61,2	58,6	Менее 0,05	23,4	19,5
138	6094	150	381	286	44,9	145	179
153	4755	103	369	175	26,4	121	157
156	392	16,2	55,4	20,9	23,3	39,0	10,8
170	67,5	8,20	60,3	11,8	Менее 0,05	54,5	59,7
180	171	12,5	162	25,1	Менее 0,05	133	148
183	72,2	3,29	37,4	8,94	4,51	26,4	30,5
187	116	5,54	55,3	11,9	3,62	41,9	56,4
Сумма ПХБ ₁₅	71 046	1115	2210	1679	401	919	1085

Примечание. Цифры в скобках — номера точек опробования)

колеблется от 401 до 71 046 мкг/кг. Схема расположения точек отбора краски с наружных стен зданий северного района Баренцбурга осенью 2012 г. приведена на рис. 1. Среднее значение содержания ПХБ в старой краске, отобранной со зданий в Баренцбурге, составило 11 210 мкг/кг. Некоторое представление о состоянии зданий и красочного покрытия дают фотографии, приведенные на рис. 2 и 3.

Анализ образцов краски со зданий законсервированного поселка Пирамида (см. табл. 3) показал значительный разброс содержания ПХБ в образцах — от 5626 до 1 088 771 мкг/кг (свыше 1 г/кг). Зарегистрированное содержание ПХБ в краске, отобранной в поселке Колсбей, составило 6879 мкг/кг. Среднее значение содержания ПХБ в старой краске, отобранной со зданий в Пирамиде, составило 278 268 мкг/кг.

Отбор почвенного покрова, являющегося пассивным носителем ПХБ, выполненный сотрудниками Северо-Западного филиала НПО «Тайфун» осенью 2011 г. в районе поселка Баренцбург, осуществлялся с участка, примыкающего к заброшенному складу оборудования в долине реки Грендалсэльва. В районе вертолетной площадки образцы отбирались

со свалки мусора и металлолома (рис. 4), находящейся около площадки хранения горюче-смазочных материалов (ГСМ) и свалки старых использованных бочек. Отбор выполнялся с двух горизонтов — 0—5 и 5—20 см. Результаты анализа содержания ПХБ в почвах представлены в табл. 4. Видно, что верхний горизонт загрязнен ПХБ значительно сильнее нижнего. Наибольшая концентрация суммы ПХБ отмечена в районе склада ГСМ, причем загрязнением ПХБ охвачен весь почвенный слой, что указывает на длительное поступление в него продуктов, содержащих ПХБ.

Осенью 2012 г. попутно с отбором краски с наружных стен зданий был выполнен отбор образцов поверхностного слоя почвы вблизи этих зданий (рис. 5). Результаты анализа содержания ПХБ в отобранных образцах почвы представлены в табл. 5.

В районе поселков Колсбей и Пирамида помимо отбора почвы с загрязненных территорий (верхний горизонт — 0—5 см) был проведен отбор почвы с фоновых участков, находящихся за пределами поселков. В районе Колсбея концентрация суммы ПХБ в фоновой точке составила 2,26 мкг/кг, в районе Пирамиды — 5,38 мкг/кг, что соответствует фоновым



Рис. 1. Карта-схема северной части поселка Баренцбург с отмеченными местами отбора образцов краски с наружных стен зданий и проб почвенного покрова в 2012 г.

Таблица 5. Содержание суммы ПХБ₁₅ в почве, отобранной вблизи зданий в районе поселка Баренцбург осенью 2012 г.

Точка опробования (номер здания)	Концентрация, мкг/кг
№ 43	1059
№ 44	12 295
№ 16	5354
№ 2	145
№ 40	102
№ 31	44,8



Рис. 2. Деревянное здание и фрагмент наружной стены, с которой брались образцы краски (точка № 43)

значениям содержания ПХБ в почвах характерных районов Арктики [6; 8; 9].

Обобщенные статистические данные по содержанию суммы ПХБ₁₅ в почвах, отобранных в районах обследования, приведены в табл. 6. Из них следует, что почвы вблизи зданий наиболее загрязнены в районе поселка Баренцбург, где медиана содержания суммы ПХБ составляет 602 мкг/кг — 10 ПДК по российским нормативам [1—3] или 30 ДК по зарубежным нормативам [7; 11]. Из образцов

почвенного покрова, отобранных с отдельных загрязненных участков, наибольшее загрязнение отмечено в поселке Пирамида, где медиана содержания суммы ПХБ составляет 2,8 ПДК (по российским нормативам). Менее загрязнены почвы в Баренцбурге (медиана составляет 1,6 ПДК) и относительно чистые почвы в районе Колсбей (0,5 ПДК). Характер техногенной нарушенности почвенного покрова в районе Пирамиды представлен на рис. 6 и 7.

Таблица 3. Содержание ПХБ в краске, отобранной со зданий в поселках Пирамида и Колсбей осенью 2011 г., мкг/кг

Номер пробы	Колсбей Жилое здание	Пирамида				Здание аэропорта
		Полуразрушенные здания				
		№ 1	№ 2	№ 3		
28	414	12807	216	55,0	347	
31	189	6846	170	36,5	225	
52	682	101 312	299	149	794	
99	774	79 123	371	246	1206	
101	1577	173 443	790	519	2497	
105	463	106 266	552	242	1488	
118	1608	272 074	1384	606	4091	
128	109	37 649	207	62,3	613	
138	530	159 471	898	310	2685	
153	453	98 764	524	227	1554	
156	41,9	18 330	102	34,7	262	
170	5,45	6625	34,7	16,7	114	
180	16,7	10 045	56,2	24,6	170	
183	6,82	2644	11,5	5,07	34,6	
187	9,20	3372	10,9	12,5	45,3	
Сумма ПХБ ₁₅	6879	1 088 771	5627	2546	16126	



Рис. 3. Здание старого консульства и фрагмент наружной стены, с которой брались образцы краски (точка № 31)

Таблица 4. Содержание суммы ПХБ₁₅ в почвенном покрове, отобранном в районе поселка Баренцбург осенью 2011 г.

Точка опробования	Горизонт, см	Концентрация, мкг/кг
Долина реки Грендалсэльва	0—5	734
	5—20	93,0
Вертолетная площадка:		
свалка	0—5	5,53
склад ГСМ	0—5	1957
	5—20	352
свалка бочек	0—5	90,0
	5—20	13,5



Рис. 4. Скопление металлолома и мусора в окрестностях вертолетной площадки в поселке Баренцбург



Рис. 5. Отбор почвы у здания № 43 осенью 2012 г.

В поселке Колсбей, где производство остановлено гораздо раньше, чем в Пирамиде, следы техногенного нарушения выражены не столь отчетливо, и содержание ПХБ в почве значительно ниже. Медиана содержания суммы ПХБ по 7 точкам отбора включая фоновую точку составила 29,7 мкг/кг, максимальная концентрация достигла 4,0 ДК по российским нормативам. Вид остатков брошенной техники представлен на рис. 8.

Значительное количество зданий в брошенных и законсервированных поселках частично разрушено. Некоторые постройки находятся в аварийном состоянии. При этом наблюдается активное осыпание краски, ветер разносит ее по придомовой территории. В дальнейшем происходит захоронение осыпавшихся красочных покрытий в верхнем слое

почвенного покрова и последующее загрязнение полихлорбифенилами почвы и почвенных вод. Состояние брошенных строений можно представить по фотографиям, сделанным в поселках Колсбей (рис. 9) и Баренцбург (рис. 10).

Значительные по наружной и внутренней площади остатки этих строений окрашены краской, в состав которой входит совол пластификаторный, использовавшийся ранее отечественными лакокрасочными предприятиями в качестве добавки для улучшения свойства красок. Подобные строения представляют значительную опасность в качестве активного источника поступления ПХБ в окружающую среду. Утилизация и последующий вывоз загрязненных отходов в специальные места складирования является насущной проблемой, требующей решения как

Таблица 6. **Обобщенные статистические данные по содержанию суммы ПХБ₁₅ в почвах, отобранных осенью 2011 г. в поселках Баренцбург, Колсбей и Пирамида и осенью 2012 г. вблизи зданий в поселке Баренцбург**

Район отбора	Концентрация мкг/кг				№ пробы
	минимальная	максимальная	средняя	медиана	
Баренцбург, 2011 г.	5,53	1957	464	93,0	7
Баренцбург, 2012 г.	44,8	12 295	3791	602	6
Колсбей, 2011 г.	2,26	237	77,9	29,7	7
Пирамида, 2011 г.	5,38	5020	694	169	10



Рис. 6. Разрушенное здание рудника Пирамида

непосредственно на архипелаге Шпицберген, так и практически по всему арктическому побережью, где в 1990-х годах также была разрушена инфраструктура и существует значительное количество заброшенных поселений и производств.

Анализ профилей ПХБ

Учитывая значительную загрязненность полихлорбифенилами различных природных сред, представляется интересным попытаться выявить особенности источников их поступления в эти среды

на основе анализа соотношения концентраций конгенов («профилей» ПХБ). Рассмотрим профили ПХБ, полученные на объектах с повышенным уровнем их содержания. В СССР ПХБ производились на двух предприятиях, расположенных в европейской части России. В 1939—1993 гг. эти предприятия произвели около 180 тыс. т ПХБ трех основных марок: совола — смеси тетра- и пентахлорированных бифенилов (использовался как пластификатор в красках и лаках), совтола — смеси совола с 1,2,4-трихлорбензолом, часто в отношении 9:1



Рис. 7. Скопление металлолома и мусора, рудник Пирамида.



Рис. 8. Зброшенная техника в районе поселка Колсбей

(использовался в трансформаторах) и трихлорбифенила (ТХБ) — смеси изомеров трихлорбифенила (использовался в конденсаторах). Смесь совола и трихлорбензола под названием «совол» производилась с 1957 г. в различных вариантах: совол-1; совол-11; совол-10. Свол применялся также в промышленности в смеси с хлорнафталинами или трихлорбензолами. Смесь совола (92,5%) и α -нитронафталина (7,5%) получила название нитросовол. Для пропитки бумажных конденсаторов, работающих при повышенных температурах, использовали смеси ПХБ с добавлением парафина и церезина.

Совол представляет собой смесь изомеров трихлорбензола (около 20%), трихлорбифенилов, тетрахлорбифенилов и пентахлорбифенилов (около 80%) и применяется в качестве охлаждающей и электроизолирующей жидкости.

Производство трихлордифенила в СССР в 1980 г. было прекращено, а производство совола уменьшено до 500 т в год. Эти две смеси имели переменный состав и отличались по соотношению основных компонентов: совол содержит более высокохлорированные ПХБ (53% пента-, 23% тетра-, 22% гексахлорбифенилов), а трихлорбифенил состоит на 14%

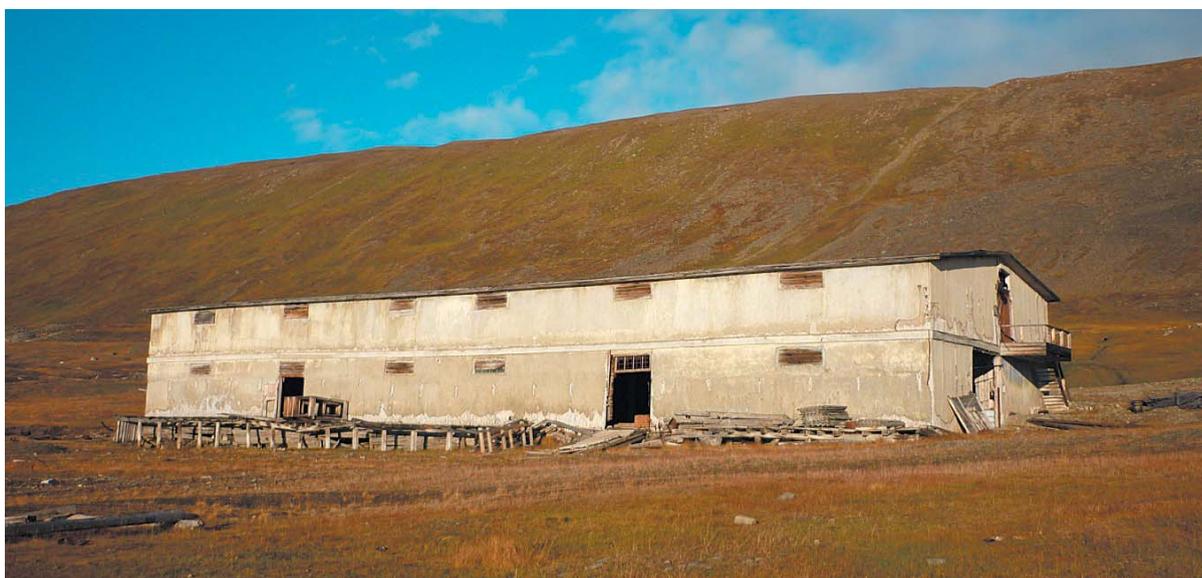


Рис. 9. Разрушенное здание в поселке Колсбей



Рис. 10. Заброшенное здание рудника Баренцбург

из ди-, на 49% из три-, на 32% из тетра- и на 4% из пентахлорбифенилов [10].

Как видно из табл. 7 и 8, отражающих процентное соотношение приоритетных конгенов в общей сумме ПХБ, во всех образцах краски выражены в той или иной степени три- и тетрахлорбифенилы (#18, #28, #31, #52), пентахлорбифенилы (#99, #101, #105, #118) и гексахлорбифенилы (#138, #153). Трихлорбифенилы (#18, #28, #31) отмечены в краске, взятой со здания № 2 (Баренцбург), зданий в поселке Колсбей и здания № 2 в поселке Пирамида; гептахлорбифенилы (#170—#187) представлены в краске со зданий 44, 40 и 31 в Баренцбурге. В краске с остальных зданий трихлорбифенилы и гептахлорбифенилы представлены незначительно.

Для удобства сравнения профилей ПХБ с профилями, полученными в зарубежных исследованиях [12], и сопоставления со стандартными профилями выпускаемых технических смесей различных

марок ниже представлены профили ПХБ, (по семи конгенерам). В различных исследованиях загрязнения природной среды обычно уделяется внимание только некоторой группе разновидностей ПХБ. Государственное управление надзора за загрязнением (SFT) Норвегии и большинство лабораторий сегодня используют для характеристики загрязнения сумму концентраций семи наиболее распространенных и важных (приоритетных) конгенов (варианты ПХБ № 28, 52, 101, 118, 138, 153 и 180), символизируемую названием ПХБ, или Seven Dutch («голландская семерка»).

На рис. 11 представлены средние профили ПХБ, в краске со старых построек в Баренцбурге (средние по 10 пробам), жилого здания в Колсбее и средний профиль по 4 пробам краски в Пирамиде. Наиболее близко совпадают профили ПХБ, полученные при анализе образцов наружной краски старых зданий Баренцбурга и Пирамиды. В профиле ПХБ, краски

Таблица 7. Сумма приоритетных конгенов ПХБ с различным содержанием хлора в краске зданий поселка Баренцбург

Сумма приоритетных конгенов ПХБ, %	ТЭЦ	Столовая	ЗГМО	Шахта	№ 43	№ 44	№ 16	№ 2	№ 40
Трихлорбифенилы #18, #28, #31	2,38	4,40	1,77	1,47	3,12	2,05	4,45	9,43	2,29
Тетрахлорбифенилы #52	2,77	14,5	6,42	6,75	6,82	6,56	5,13	7,96	3,16
Пентахлорбифенилы #99, #101, #105, #118	49,1	55,4	39,1	73,8	59,8	37,9	54,7	56,8	31,1
Гексахлорбифенилы #128, #138, #156	38,0	23,9	42,9	17,4	27,6	39,2	32,2	23,6	35,8
Гептахлорбифенилы #170, #180, #183, #187	7,81	1,87	9,74	0,60	2,65	14,3	3,44	2,02	27,9

из Колсбея по сравнению с краской, взятой из Баренцбурга и Пирамиды, отмечается более высокое процентное содержание низкохлорированных и пониженное содержание высокохлорированных бифенилов. Это объясняется тем, что в Колсбее краска очень старая — за длительный период эксплуатации происходит частичное дехлорирование ПХБ из высокохлорированных в низкохлорированные.

Сопоставление профилей краски из Баренцбурга, Колсбея и Пирамиды со стандартными профилями технических смесей [12] позволяет с некоторой долей вероятности определить возможного производителя краски, однако это практически ничего не дает для выявления

источников ПХБ. Профили ПХБ₇ краски в районе Баренцбурга отличаются разнообразием, что обусловлено различным временем покраски зданий, наличием нескольких покрасочных слоев и, соответственно, использованием красок различных производителей. К сожалению, никакой информации о применении той или иной краски при проведении строительных и ремонтных работ в российских поселках не сохранилось. Выполненная норвежскими специалистами идентификация отобранных образцов краски со зданий в Баренцбурге показала, что содержание конгенов ПХБ в этой краске имеет профиль, близкий к советским (совол), французским (Phenclog DP6) и американским (Askarel) промышленным продуктам [5].

На рис. 12 представлены три характерных вида профилей ПХБ в краске, отобранной с различных зданий в Баренцбурге. Профили ПХБ₇ краски зданий № 43, 16 и ТЭЦ (рис. 12а) характеризуются вы-

раженным преобладанием среднехлорированных бифенилов, в то время как для профилей ПХБ₇ краски со зданий № 31, 40, 44 и ЗГМО (рис. 12в) характерно преобладание высокохлорированных бифенилов С138-153, при этом в профили для краски со зданий № 31 и 40 значимый вклад вносят гептахлорбифенилы. Профили ПХБ₇ краски со зданий столовой, шахты и стелы «Баренцбург» (рис. 12б) имеют отличный от других профилей вид с наличием и низкохлорированных, и среднехлорированных бифенилов.

При рассмотрении профилей содержания ПХБ₇ в почве обследованных районов в 2011—2012 гг. для большей надежности использовались только пробы с содержанием ПХБ более 0,10 мг/кг. Наибольший интерес представляют почвы, отобранные в поселке Баренцбург вблизи зданий, с наружных стен которых производился отбор краски. На рис. 13 представлены характерные профили ПХБ₇ в почвах, отобранных у различных зданий, отличающиеся преобладанием бифенилов с различной степенью

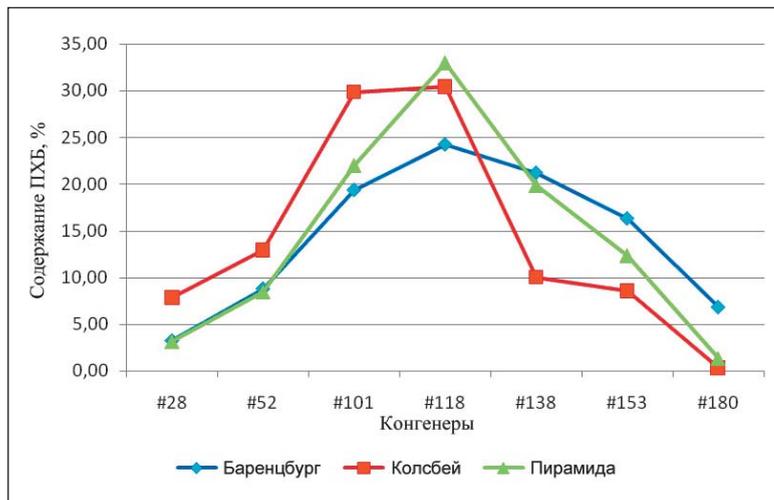
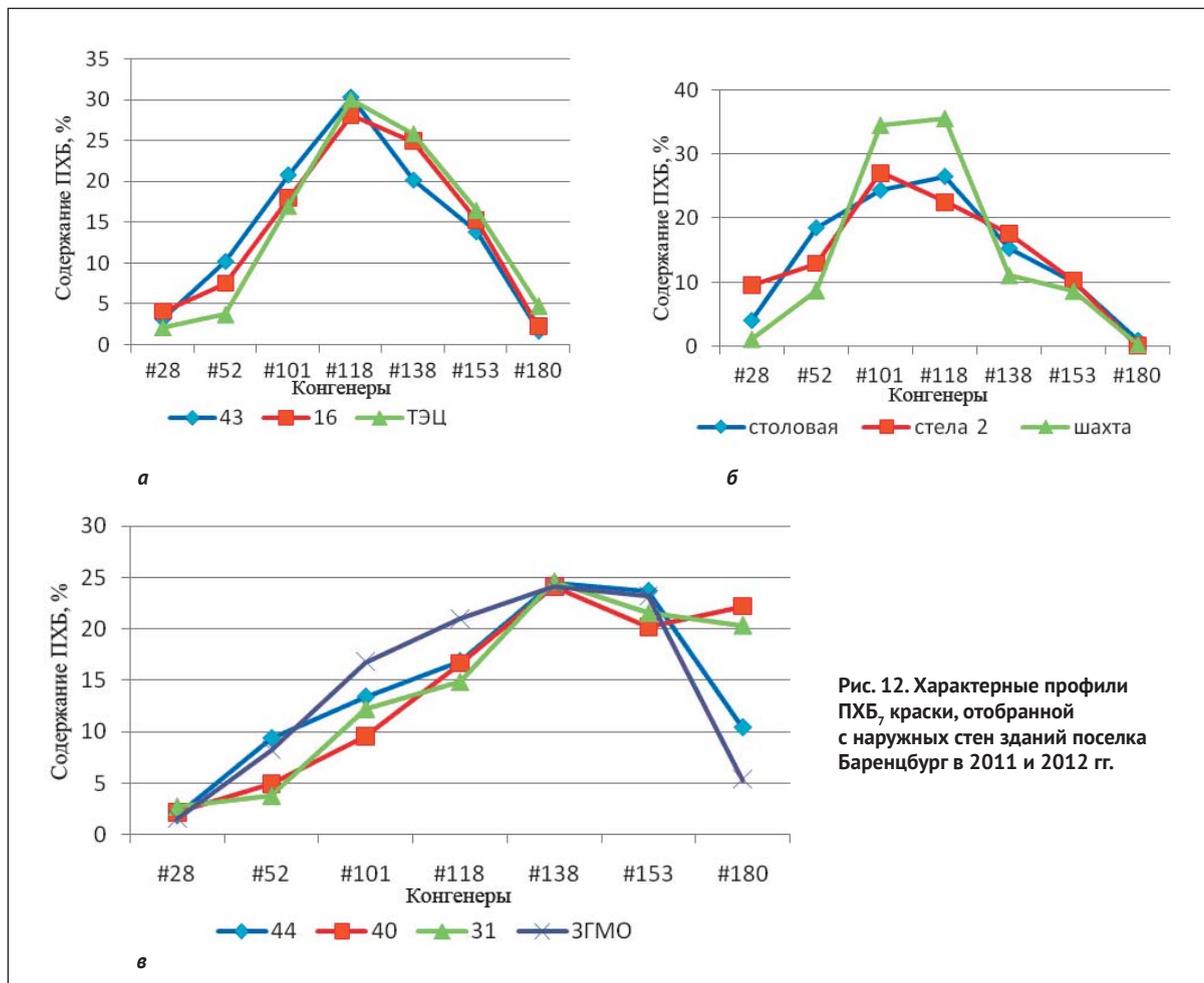


Рис. 11. Профили ПХБ, в краске из Баренцбурга (осреднение по 10 пробам), Пирамиды (осреднение по 4 пробам) и проба краски из Колсбея

Таблица 8. Сумма приоритетных конгенов ПХБ с различным содержанием хлора в краске зданий поселков Колсбей и Пирамида

Сумма приоритетных конгенов ПХБ, %	Колсбей, жилое здание	Пирамида			
		Разрушенное здание 1	Разрушенное здание 2	Здание аэропорта 3	Здание аэропорта 4
Трихлорбифенилы №18, №28, №31	8,76	1,81	6,87	3,60	3,55
Тетрахлорбифенилы №52	9,91	9,31	5,31	5,85	4,92
Пентахлорбифенилы №99, №101, №105, №118	64,3	58,0	55,0	62,4	57,6
Гексахлорбифенилы №128, №138, №156	16,5	28,9	30,8	24,9	31,7
Гептахлорбифенилы №170, №180, №183, №187	0,55	2,08	2,01	2,31	2,26



хлорированности. Совмещенные профили ПХБ₇ почвы у зданий № 2, 16, 31 и 43 (рис. 13а) характеризуются выраженным максимумом пентахлорбифенилов ПХБ #118, в то время как для профилей ПХБ₇ в почве у зданий № 44 и 40 (рис. 13б) максимум смещен в сторону более высоко хлорированных бифенилов ПХБ #138.

Таблица 12. Корреляция содержания конгенов ПХБ₁₅ в соскобах краски зданий и в почве, отобранной около этих зданий в поселке Баренцбург

Объект	Коэффициент корреляции
№ 43	0,94
№ 44	0,96
№ 16	0,96
№ 2	0,77
№ 40	0,60
№ 31	0,57

Анализ связи между профилями ПХБ₁₅, полученными в образцах краски с наружных стен зданий, и профилями ПХБ₁₅ образцов почвы, отобранных вблизи этих зданий, показал хорошую корреляцию содержания ПХБ в краске и почве у зданий № 43, 44 и 16 и низкую корреляцию у остальных объектов (табл. 12).

Достаточно высокие коэффициенты корреляции у зданий № 43, 44 и 16 свидетельствуют о загрязнении почвы соединениями ПХБ, содержащимися в краске, покрывающей наружные стены этих зданий. Корреляция содержания конгенов ПХБ₁₅ в почве и наружной краске зданий № 16, 43, 44 указывает на четкую линейную взаимосвязь содержания ПХБ в почве в краске с этих объектов (рис. 14). Корреляция содержания средних значений конгенов ПХБ₁₅ в почвенном покрове и краске со зданий № 2, 31, 40 (рис. 16) не выявила взаимосвязи загрязнения почвенного покрова краской с этих зданий, коэффициент корреляции составил 0,3. В то же время профили, полученные по образцам почвы вблизи этих зданий, хорошо коррелируют с профилями ПХБ краски со зданий № 43, 40 и 16 (рис. 17). Это может свидетельствовать о ветровом разносе осыпающейся краски с этих зданий и существенном

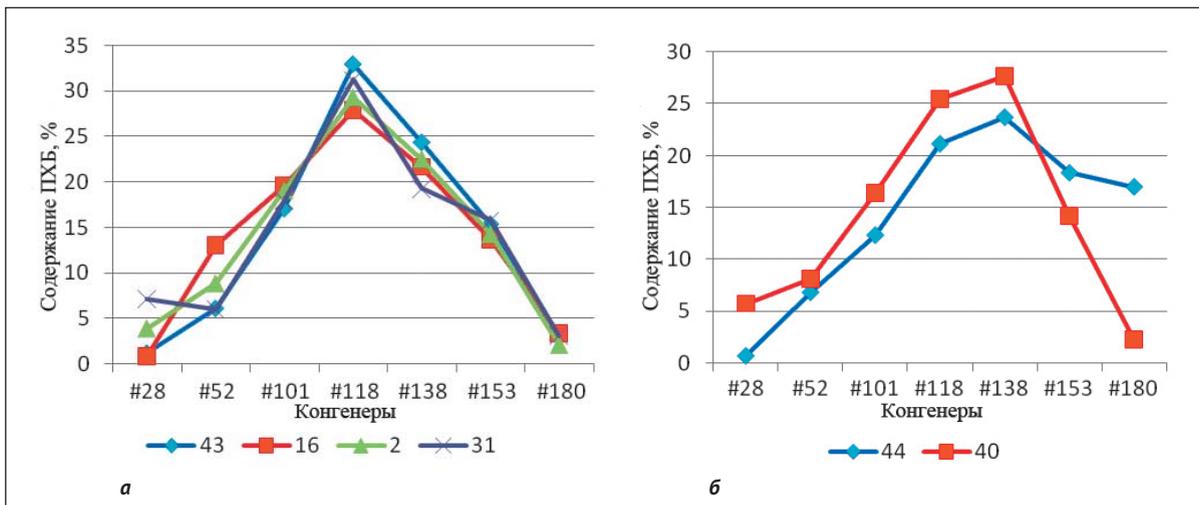


Рис. 13. Характерные профили ПХБ7 в образцах почвы, отобранных у различных зданий в поселке Баренцбург осенью 2012 г.

вкладе именно данных источников в загрязнение почвенного покрова других участков поселка.

Загрязнение полихлорбифенилами почвенного покрова на участках вблизи свалок металлолома и бытового мусора в поселках Баренцбург, Колсбей и Пирамида формируется под воздействием различных активных источников. Здесь находятся стройматериалы, содержащие ПХБ, трансформаторное масло, бумажные конденсаторы, остатки ГСМ, оборудование, складированное в разное время при уборке территорий. Компоненты трансформаторных масел (совтол, совол, головакс) входят в категорию суперэкоотоксикантов и представляют значительную опасность для окружающей среды и здоровья человека.

На рис. 18 показаны совмещенные и осредненные по районам профили ПХБ₇ в почвах, отобранных на загрязненных участках в поселках Баренцбург, Колсбей и Пирамида осенью 2011 г. При общей схожести профилей существует некоторое различие в максимуме конгенов. В Колсбее и Пирамиде максимум приходится на пентахлорбифенилы, в Баренцбурге — на гексахлорбифенилы, что, как указывалось выше, может быть объяснено тем, что за длительный период происходит частичное дехлорирование ПХБ из высокохлорированных в низкохлорированные.

Представленный на рис. 19 осредненный профиль ПХБ₇ в почве по всем районам обследования 2011 г. достаточно хорошо согласуется с близкими друг к другу профилями технической

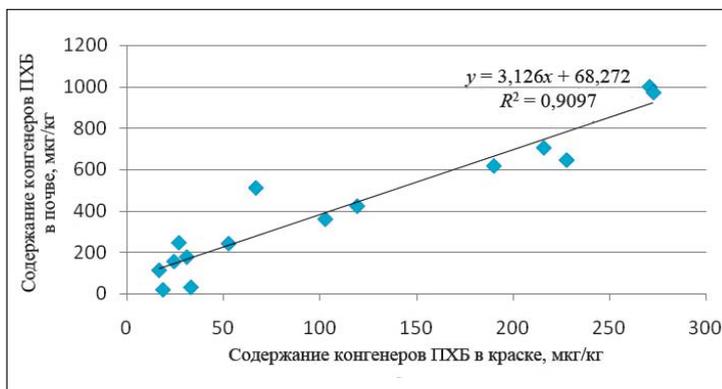


Рис. 14. Корреляция средних значений содержания конгенов ПХБ₁₅ в почве и наружной краске зданий № 16, 43, 44

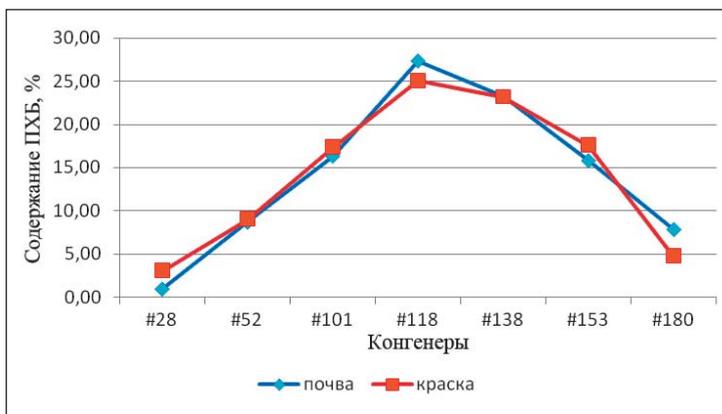


Рис. 15. Осредненные профили ПХБ₇, наблюдаемые в почвах у зданий № 43, 44 и 16 и в соскобах краски с этих зданий

смеси французского производства («Phenclor DP5») и продукта совтол советского производства, заметно хуже — с профилем немецкого продукта «Clorphen» [5; 12] (рис. 20). Выполненные ранее норвежскими исследователями оценки загрязнения почвенного покрова Баренцбурга и Колсбей по типу ПХБ позволили

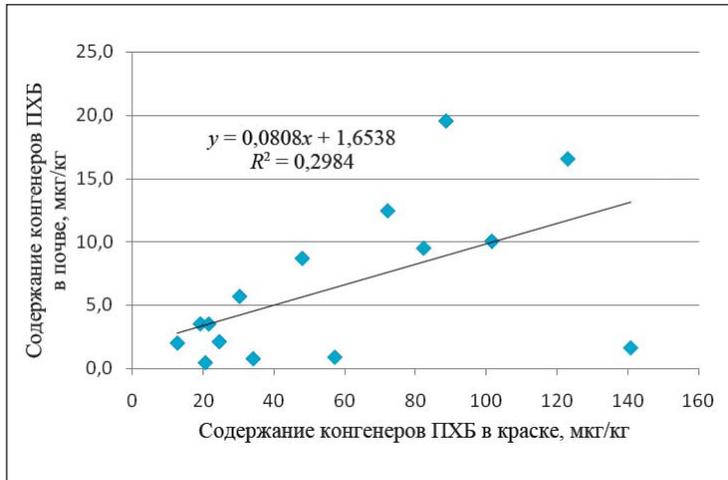


Рис. 16. Корреляция содержания средних значений содержания конгенов ПХБ₁₅ в почве и наружной краске зданий № 2, 31, 40

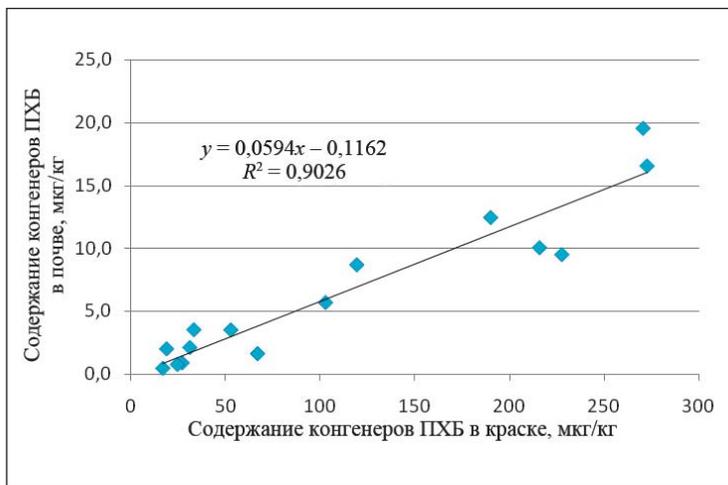


Рис. 17. Корреляция средних значений содержания конгенов ПХБ₁₅ в почве у зданий № 2, 31, 40 и в наружной краске зданий № 16, 43 и 44

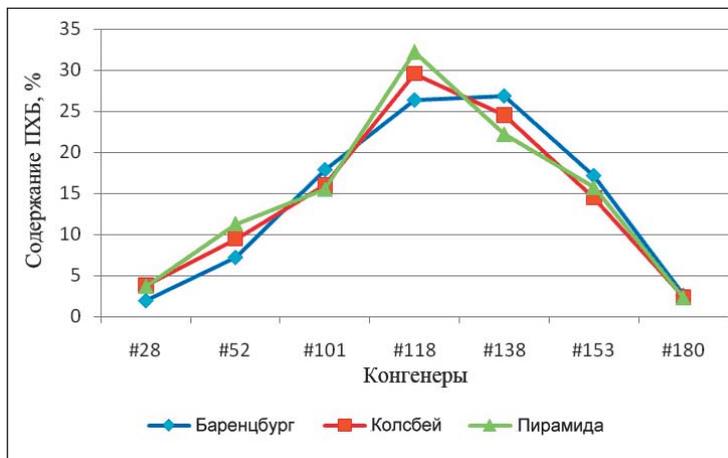


Рис. 18. Осредненные профили ПХБ, в образцах почвы из районов Колсбея, Баренцбурга и Пирамиды

им сделать выводы о том, что профили по российским поселкам указывают на связь с техническими смесями совол и «Clophen A50» [5].

Можно утверждать с высокой долей уверенности, что одним из основных загрязнителей почв в районах свалок является совол, содержащийся в трансформаторных маслах и других технических жидкостях, в то время как на основной территории поселков главным источником загрязнения является осыпающаяся краска, в которую входили ПХБ различных производителей. Местные топографические и метеорологические условия сильно влияют на то, в каких размерах и на какое расстояние переносимые осыпавшиеся частицы краски осаждаются на подстилающую поверхность.

Заключение

Поскольку на архипелаг Шпицберген распространяется норвежское законодательство, следует обратить внимание на требования норвежских нормативных документов, определяющих допустимые на территории Норвегии уровни концентрации токсичных веществ. Выполненный анализ содержания ПХБ в образцах краски и почвенном покрове показал, что в большинстве отобранных образцов содержание ПХБ, превышает нормативную величину, установленную норвежским законодательством (0,01 мг/кг), а в двух случаях (в наружной краске здания шахты в поселке Баренцбург и здания в поселке Пирамида) суммарное содержание ПХБ, достигло значений 55 и 827 мг/кг, что превышает норматив для отнесения отходов к категории «опасные» (50 мг/кг) [5].

Результаты нашего исследования показывают, что в российских поселках на Шпицбергене необходимо срочно проводить специальные работы по консервации и утилизации старых окрашенных строительных конструкций. Следует также организовать регулярный мониторинг состояния красочных покрытий фасадов производственных и жилых зданий в действующем поселке Баренцбург и в законсервированных поселках Пирамида и Колсбей. Как уже указывалось, утилизация и последующий вывоз загрязненных отходов в специальные места складирования являются насущной проблемой, требующей решения не только на архипелаге Шпицберген, но практически по всему арктическому

побережью, где также существует значительное количество заброшенных поселений и производств.

По результатам проведенного мониторинга, по нашему мнению, необходимо разработать целевую программу утилизации красочного материала, содержащего ПХБ выше нормативных величин. Учитывая зафиксированные значительные концентрации ПХБ в почвенном покрове в границах поселков и в районах свалок, необходимо также разработать программу полномасштабного обследования и определения границ значительного загрязнения ПХБ почвы с последующей разработкой проектов сбора и утилизации загрязненных грунтов, проведения необходимых природоохранных мероприятий в выявленных загрязненных районах.

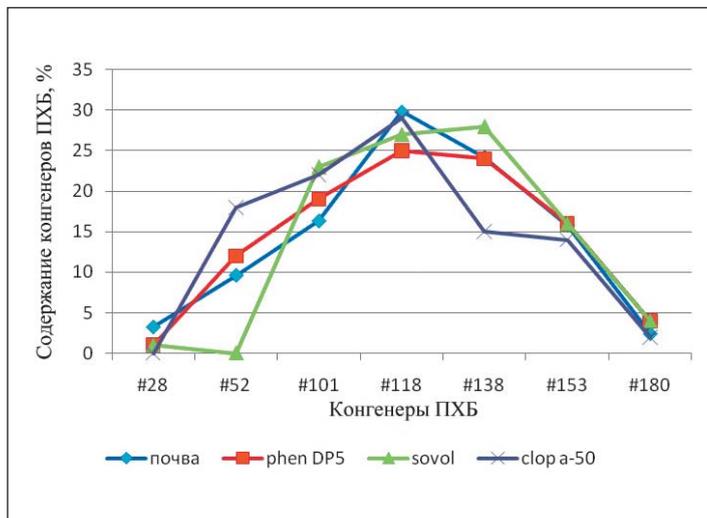
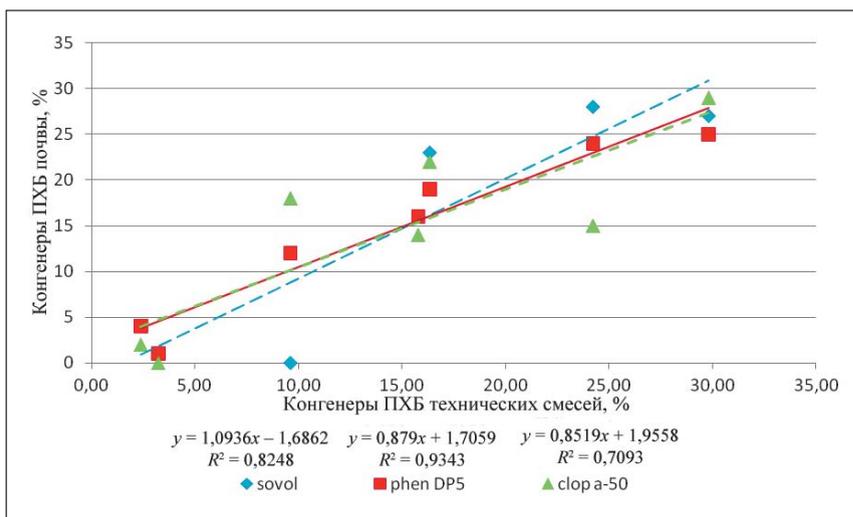


Рис. 19. Осредненный профиль ПХБ в почвах сильно загрязненных участков по всем районам обследования в 2011 г. и профили ПХБ, технических продуктов «Phenclor DP5», совол и «Clop a-50»

Рис. 20. Корреляция содержания осредненных значений конгенов ПХБ, в почве поселков Колсбей, Пирамида и Баренцбург с профилями ПХБ, технических продуктов различных производителей



Литература

1. ГН 2.1.72041-06. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве».
2. ГН 2.1.7.2042-06. Гигиенические нормативы «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве».
3. ГН 1.2.1323-03. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (с изменениями от 4, 25 февраля 2004 г., 6 марта 2006 г.).
4. Демешкин А. С. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях залива Гренфьорд арх. Шпицберген // Труды института прикладной геофизики им. академика Е. К. Федорова. — Вып. 90. — Обнинск, 2011. — С. 260—265.
5. Исследование с целью выявления возможных местных источников загрязнения ПХБ в районах Баренцбург, Колсбей, маяка Фуглехюкен, Груманте, радиостанции Ис-фьорд, Лонгйир, Нью-Олесунд и рудника Свея: Отчет № 2008.073 // http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2008/2008_073_rus.pdf.
6. Состояние и тенденции изменения загрязнения окружающей среды в местах хозяйственной деятельности

российских предприятий на архипелаге Шпицберген (пос. Баренцбург и сопредельные территории) за период 2002—2010 годов / Б. Н. Демин, А. П. Граевский, А. С. Демешкин, С. В. Власов, С. С. Крылов, Н. А. Лалетин. — СПб.: Изд. ААНИИ, 2011. — 316 с.

7. СП 11-102-97. Свод правил «Инженерно-экологические изыскания для строительства». Критерии экологической оценки загрязнения почв в соответствии с «Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95». — М., 1997.

8. AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. — Oslo, 1998. — 859 p.

9. AMAP Assessment 2002: Persistent Organic Pollutants in the Arctic / Arctic Monitoring and Assessment Programme. — Oslo, Published by Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), 2004.

10. Dioxin'97. — Vol. 32. — P. 172 (<http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/2003/11/28330.html>).

11. Neue Niederlandische Liste // Altlasten Spektrum 3/95.

12. Konieczny R. M., Moulard L. Tolkning av PCB-profiler og beregning av totalt PCB-innhold i marine sedimenter: SFT Rapport 99:33, TA 1497/1997, Statens forurensningstilsyn —[S. I.], 1997.