



Мониторинг состояния почвы, воздуха, воды

УДК 57.044

DOI: 10.25514/CHS.2025.2.29008

**Стойкие органические загрязнители Солзанского полигона
Байкальского целлюлозно-бумажного комбината***А. А. Мамонтов¹✉, Е. А. Мамонтова¹, Е. С. Фереферов²*

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск,

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия, e-mail: mamontov@igc.irk.ru

Поступила в редакцию: 14.10.2023 г.; после доработки: 06.11.2025 г.; принята в печать: 18.11.2025 г.

Аннотация – Представлены результаты исследований Солзанского полигона БЦБК на предмет содержания стойких органических загрязнителей в шлам-лигнине, золе из 10 карт накопителей, почвах полигона и окружающих его территорий. Отбор проб произведен в августе-октябре 2024 г. Анализ выполнен в Институте геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН с использованием метода ГХ/МС на приборе «Кристалл-5000». Максимальные концентрации были найдены для полихлорированных бифенилов (ПХБ) (до 3900 мкг Σ_{32} ПХБ/кг почвы и до 481 мкг Σ_{32} ПХБ/кг шлам-лигнина). Впервые на территории центральной экологической зоны Байкальской природной территории обнаружен столь значительный источник стойких органических загрязнителей.

Ключевые слова: БЦБК, Байкал, стойкие органические загрязнители.

Monitoring soil, air, water status

UDC 57.044

DOI: 10.25514/CHS.2025.2.29008

**Persistent organic pollutants of the Baikal Pulp and Paper Mill
Solzan landfill***Alexander A. Mamontov¹✉, Elena A. Mamontova¹, and Evgeny S. Fereferov²*

¹Federal State Budgetary Institution of Science A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia,

e-mail: mamontov@igc.irk.ru

²Federal State Budgetary Institution of Science V.M. Matrosov Institute of System Dynamics and Control Theory, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Received: October 14, 2025; Revised: November 6, 2025; Accepted: November 18, 2025

Abstract – The results from studies of the Solzan BPPM landfill for the contents of persistent organic pollutants in sludge-lignin, ash from 10 storage maps, soils of the landfill and its surrounding territories are presented. The sampling was carried out in August-October 2024. The

analysis was performed at the Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS using the GC/MS method on the Kristall-5000. The maximum concentrations were found for polychlorinated biphenyls (PCB) (up to 3.900 $\text{mkg}\Sigma 32\text{PCB}/\text{kg}$ of soil and up to 481 $\text{mkg}\Sigma 32\text{PCB}/\text{kg}$ of sludge-lignin). For the first time, such a powerful source of persistent organic pollutants has been discovered in the central ecological zone of the Baikal Natural Territory.

Keywords: BPPM, Baikal, persistent organic pollutants.

ВВЕДЕНИЕ

Байкальский целлюлознобумажный комбинат (БЦБК) фактически начал свою работу летом 1965 года. А уже 15 декабря 1966 г. в *New Scientist* [1] выходит заметка об обнаружении в различных частях Швеции токсичных веществ (ПХБ и ДДТ), относящихся в настоящее время к стойким органическим загрязнителям (СОЗ) [2]. Два, на первый взгляд, не связанных между собой события предопределили использование на БЦБК оборудования, содержащего ПХБ. В результате в воды Байкала со стоками комбината стали попадать не только вещества чужеродные для экосистемы озера, но и СОЗ – вещества первого класса опасности. Их источник как технологическая специфика комбината [3], так и износ оборудования, аварии, а также применение диоксиноопасных технологий, не предусмотренных исходными техническими условиями. Никто не мог предположить во время строительства комбината, что эти токсичные вещества могут переноситься на десятки и сотни километров, находиться в окружающей среде годами и накапливаться по пищевой цепи.

На БЦБК, опираясь на опыт западных коллег, и прежде всего на инвентаризацию источников полихлорированных дибензо-пара-диоксинов и фуранов (ПХДД/Ф) агентства по защите окружающей среды (EPA) США [4] в 1990-х годах, искали прежде всего их. По данным зарубежных исследований [5], и по нашим данным из карт накопителей №№ 12, 13, 14, а так же по всей технологической цепи на БЦБК состав ПХДД/Ф соответствовал выбросам источников горения с преобладанием веществ фуранового ряда [6] и в целом не мог исключительно за счет известных на то время данных, привести к высоким значениям концентраций ПХДД/Ф в подкожном жире байкальской нерпы. [7] При этом на Усть-Илимском ЦБК в отходах были найдены ПХДД/Ф четко соответствующие по составу инвентаризационным данным EPA США.

До публикации ФГБУ «НПО Тайфун» [8] об обнаружении ПХБ на территории комбината в количествах до 674 $\text{мкг}\Sigma\text{ПХБ}/\text{кг}$ почвы, все исследования, касающиеся ПХБ в почвах рядом (точки №№ 8, 57 и рядом с метеостанцией), показывали существенно более низкие концентрации, не превышающие 70 $\text{мкг}\Sigma\text{ПХБ}/\text{кг}$ почвы и по нашему мнению в своих максимальных значениях могли быть от рассеянных источников электрифицированной железной дороги и ряда достаточно крупных населенных пунктов южного Байкала. Источниками ПХБ могли являться гидравлические жидкости, электрические кабели, мелкое электрооборудование и прочие малогабаритные технические ПХБ-содержащие устройства, отслеживание

местонахождения которых, разгерметизацию и попадание в окружающую среду и дальнейшую их идентификацию, выполнить практически невозможно.

Никто, нигде и никогда не сообщал об образовании ПХБ в технологических цепях ЦБП. Таким образом, результаты полученные «НПО Тайфун» на территории комбината стали отправной точкой для настоящего исследования. Изначально исследования проводились нами в тестовом режиме. Были исследованы СОЗ только в картах №№ 3,5,8 Солзанского полигона [9]. После получения положительного результата на присутствие СОЗ в шлам-лигнине и почвах полигона, было предпринято настоящее исследование.

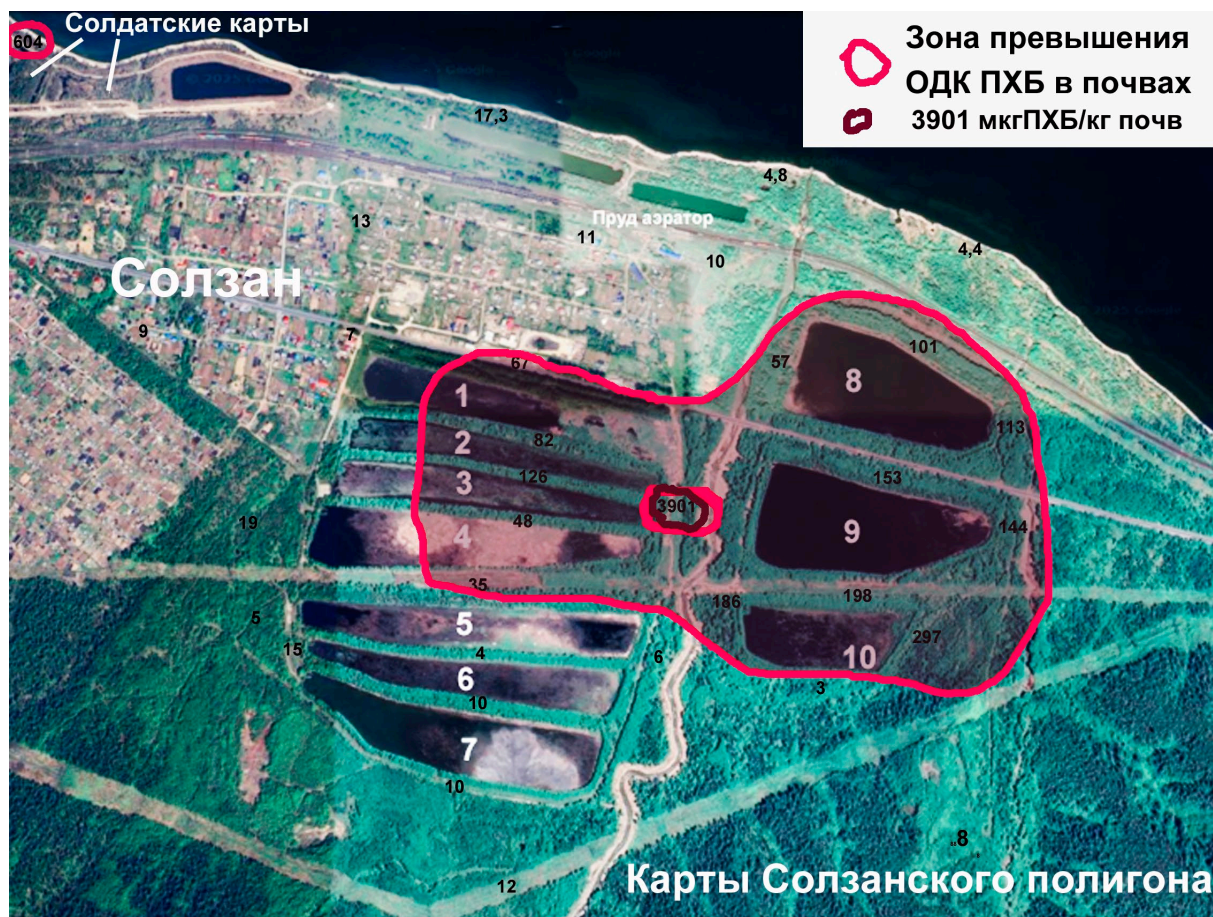


Рис. 1. Схема нумерации карт Солзанского полигона (белый шрифт) и отбора проб почв (черным шрифтом указаны концентрации суммы ПХБ). Красной сплошной линией очерчена зона концентраций ПХБ превышающих ОДК в почвах.

Fig. 1. Numbering scheme of maps of the Solzan landfill (white font) and soil sampling (concentrations of the amount of PCBs are indicated in black font). A red solid line outlines the zone of concentrations of PCBs exceeding UEC in soils.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Расположение Солзанского полигона и схема отбора проб приведены на рисунке 1. Отбор проб Солзанского полигона, шлам-лигнина (карты №№ 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10) и золы (карты №№ 4 и 5), а так же 2 пробы шлама из одной из «солдатских» карт производились пластиковой трубой 0,05 м внутреннего диаметра с борта «байката» на максимально возможную глубину (до 1,7 м). В

качестве фоновой пробы взят керн донных грунтов (2 пробы) в устье ручья, впадающего в Байкал чуть западнее Солдатских карт. Отбор проб почв производился методом конверта почвенным буром на всю глубину почвенного слоя А (до 0,15–0,20 м).

Отбор всех проб производился с августа по октябрь 2024 года. После отбора, пробы доставлялись в лабораторию № 24 ИГХ СО РАН, где высушивались при естественных условиях до постоянного веса. Аналитические процедуры: внесение стандартов, экстракция в аппаратах Сокслетта, отделение липидов гельпроникающей хроматографией на Bio-Bead SX-3, очистка от мешающих примесей на активированных окиси алюминия, силикагеле и анализ на хромато-масс-спектрометрическом комплексе «Кристалл 5000» более подробно описаны ранее [10]. В каждой из проб определялись: ПХБ (31 конгенер ПХБ (номер IUPAC, указан в порядке элюирования из хроматографической колонки): 8, 31, 28, 52, 49, 47, 44, 74, 101, 99, 97, 85, 77, 110, 149, 118, 153, 132, 105, 141, 138, 126, 187, 183, 128, 177, 156, 180, 170, 196 и 194), а также остаточные количества пестицидов: п,п'-дихлордифенилтрихлорэтан (п,п'-ДДТ), п,п'-дихлордифенилдихлорэтилен (п,п'-ДДЭ), п,п'-дихлордифенилдихлорэтан (п,п'-ДДД), о,п'-ДДТ, о,п'-ДДЭ, о,п'-ДДД, пентахлорбензол (ПeХБ), гексахлорбензол (ГХБ), транс-хлордан, гептахлор, цис-хлордан, оксихлордан, транс-нонахлор, цис-нонахлор, дильдрин, эндрин. Использовались стандарты указанных выше конгенов ПХБ и пестицидов производства компании Dr. Ehrenstorfer (Augsburg (Германия)).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего на содержание СОЗ было исследовано 70 проб. Суммарные характеристики полученных данных приведены в таблице 1.

Для пентахлорбензола, транс-хлордана, цис-хлордана, транс-нонахлора и ряда других СОЗ найденные концентрации оказались достаточно низкими. В высших звеньях трофической сети оз. Байкал эти соединения так же присутствовали в следовых количествах [10]. Сумма соединений группы ДДТ в настоящее время не нормируется гигиеническими нормативами в нашей стране, тем не менее, согласно прошлому ГН 1.2.3111-13, где ПДК остаточных количеств суммы ДДТ не должна превышать 100 мкг/кг почв, в настоящем случае было обнаружено превышение этого норматива в картах: 2 (135 мкг/кг), 6 (176 мкг/кг) и 9 (102 мкг/кг). Согласно литературным данным [11] основным поставщиком соединений группы ДДТ в озеро Байкал являются заброшенные склады, расположенные в водосборном бассейне реки Селенга и содержащие остаточные количества пестицидов. Как показали исследования таких складов в Горном Алтае, и в пос. Артыбаш Телецкого озера, поступление ДДТ в окружающую среду происходит и по настоящее время, что связано со снижением скорости деградации ДДТ в условиях их повышенных концентраций в местах бывшего их складирования [12]. Нахождение соединений группы ДДТ на Солзанском полигоне в настоящее время вызывает много вопросов, тем более, что ранее, в мониторинговой точке 8 (рис. 1) расположенной у 10 карты Солзанского полигона и ранее отмечались

повышенные концентрации исходного п,п'-ДДТ [13]. Не исключено, что это результат несанкционированного поступления на полигон отходов, содержащих ДДТ.

Таблица 1. Концентрации (мкг/кг сухого веса) всех обнаруженных СОЗ в почвах, шламе Солзанского полигона и прилегающих к нему территорий.

Table 1. Concentrations (mcg/kg of dry weight) of all detected POPs in the soils, sludge of the Solzan landfill and adjacent territories.

СОЗ	Минимум	Максимум	Среднее	Медиана
Пентахлорбензол	0,01	6,16	0,76	0,15
Гексахлорбензол	0,01	63	0,85	0,47
Транс-хлордан	0,07	0,11	0,94	0,10
2,4-ДДЭ	0,03	3,34	1,09	0,43
Цис-хлордан	0,08	0,24	0,14	0,12
Транснонахлор	0,01	0,16	0,06	0,05
4,4'-ДДЭ	0,02	27	3,18	0,99
2,4'-ДДД	0,16	26	4,70	1,66
4,4'-ДДД	0,07	90	13,7	4,81
2,4-ДДТ	0,21	49	10,7	2,56
4,4'-ДДТ	0,94	27	7,3	1,18
Σ ₃₂ ПХБ	1,17	3900	160	51

Гексахлорбензол при действующем нормативе до 30 мкг/кг почвы (СанПиН 1.2.3685–21), показал двукратное превышение ПДК в почве с северной стороны карты № 9 (60 мкг/кг) и в шламе-лигнине этой же карты (63 мкг/кг). Что так же может быть следствием разового несанкционированного поступления.

Концентрации ПХБ в почвах полигона, шламе-лигнине, а также отдельных пробах на территории комбината в отдельных случаях оказались достаточно высокими. Так ОДК (20 мкг/кг почвы (СанПиН 1.2.3685–21)) в шламе-лигнине превышено во всех картах накопителях, где складирован шламе-лигнин (табл. 2.). В картах 4 и 5, заполненных золой шламе-лигнина концентрация ПХБ была существенно ниже. Содержание ПХБ в почвах полигона было неоднородным. Превышение ОДК для почв отмечалось вблизи карт 1, 2, 3, 8, 9 и 10. На левом берегу р. Большая Осиновка у карт 2 и 3 максимальная концентрация ПХБ составила 3900 мкг/кг почвы, что значительно больше, чем было ранее найдено в промзоне «химпрома» Усоляя Сибирского [14]. При этом в жилой зоне поселка Солзан превышение ОДК по сумме ПХБ обнаружено не было ни в одной из проб.

Конгенерный состав ПХБ во всех пробах претерпел существенные изменения относительно исходной технической смеси «совол». Уменьшилось количество «легких ПХБ», возросло количество «тяжелых». При этом более глубокие изменения характерны пробам почв. Вероятнее всего это связано с большим колебанием температур в почвах, и возгонкой низкохлорированных конгенеров ПХБ с поверхности почв при положительных температурах окружающей среды, чем в картах накопителях, обычно имеющих верхний

водный слой толщиной до 1,3 метра на момент пробоотбора, способный выравнять суточные и сезонные температурные колебания.

Таблица 2. Концентрации Σ_{32} ПХБ (мкг/кг сухого веса) в картах накопителей Солзанского полигона (карты №№ 1–10)

Table 2. Concentrations of Σ_{32} PCB (mcg/kg dry weight) in the storage cards of the Solzansky landfill (cards No. 1–10)

Карты	Верхний слой шлама (0–0,1 м)	Среднее ниже 0,1 м
1	51	223
2	144	303
3	286	89
4	21	19
5	17	15
6	367	416
7	42	430
8	481	181
9	59	277
10	60	273

ПХБ обнаружен в грунтах пруда аэратора, 240 мкг/кг ила и 48 мкг/кг грунта в предыдущем отстойнике. В настоящее время эти емкости не задействованы в системе очистки сточных вод, и сброс очищенных сточных вод идет иным путем, тем не менее, полученные данные свидетельствуют сколь высоки могли быть поступления ПХБ в воды озера в прошлом.

Интересным является факт обнаружения повышенных концентраций ПХБ (до 61 мкг/кг шлама) в старых «солдатских картах», которые были заполнены отходами комбината ранее всех остальных, что может свидетельствовать в пользу версии начала поступления ПХБ в окружающую среду с БЦБК с самого начала работы комбината.

Концентрации ПХБ грунтов прибрежной зоны, имитирующей карты полигона, показали 1,2 мкг/кг для верхнего слоя и 5,8 мкг/кг глубже 0,1 м. Что минимум в 2,5 раза ниже, чем минимально было найдено для карт Солзанского полигона, содержащих золу. Таким образом, нет никаких сомнений во внешнем поступлении СОЗ в карты полигона. С другой стороны, несколько повышенные концентрации ПХБ глубже 0,1 м могли быть следствием подземного стока, выяснение влияния которого в программе работ запланировано не было.

Чтобы понять значимость найденных величин содержания СОЗ в почвах и шлам-лигнине Солзанского полигона важно отметить, что обычные концентрации ПХБ побережья озера Байкал и верховья питающих его рек содержат около 1 мкг Σ_{32} ПХБ /кг почв. В районе населенных пунктов до 10 мкг/кг и только в районе крупных промышленных центров, какими являются Ангарск, Байкальск, Шелехов и Усолье-Сибирское эти концентрации изредка

достигали 40–70 мкг/кг и не более 260 мкг/кг в почве промышленной площадки г. Усолье-Сибирское [14]. При этом, в некоторых случаях, например в пос. Лиственничное рядом с трансформатором в 2002 г. концентрация ПХБ составляла 40 мкг/кг почв. После того как трансформатор был убран, спустя 8 лет концентрация в почве снизилась до 3 мкг/кг почв. Такие же колебания концентраций ПХБ отмечались и для северного Байкала на существенно большей территории 20 лет назад [15].

Из всех исследованных СОЗ только ДДТ и ПХБ производились промышленностью в нашей стране в достаточно больших объемах [16]. Вероятно, именно поэтому в биоте озера Байкал именно эти группы СОЗ пока еще присутствуют в высоких концентрациях [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, впервые на территории центральной экологической зоны Байкальской природной территории обнаружен столь значительный источник стойких органических загрязнителей, а именно ПХБ.

Обнаруженные повышенные количества ДДТ и гексахлорбензола в некоторых пробах Солзанского полигона, скорее всего, являются следствием нерегулируемого поступления СОЗ-содержащих отходов неизвестного происхождения на территорию полигона через три не охраняемых въезда из четырех возможных.

В результате получения новых данных о содержании ПХБ в Солзанском полигоне появилась возможность получить ответ на непонятное ранее, временное повышение содержания ПХБ в прибрежных почвах северного Байкала, хребта Хамар-Дабан и в лежащих у его основания торфяниках южного Байкала в конце 1990-х – начале 2000-х. Это позволит лучше понимать процессы локальной хроматографии СОЗ в пределах Байкальской природной территории.

Естественно, мониторинг СОЗ и других токсичных соединений, хотя бы в пределах центральной экологической зоны, должен быть продолжен.

В настоящее время предприятием «Росатом» ведутся работы по устранению накопленного вреда на промплощадках г. Усолье-Сибирское и г. Байкальск. Ожидается, что после завершения этих работ произойдет ускорение процесса падения концентраций ПХБ в экосистеме озера Байкал до фоновых значений. Такое же, как это было в 90-х годах прошлого века в Западной Европе после принятия «антидиоксиновых» мер по прекращению использования, ликвидации источников и технологий продуцирующих СОЗ.

Аналитические процедуры были выполнены на базе Центра коллективного пользования «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН.

Настоящее исследование было выполнено в рамках проведения работ по гранту № 075-15-2024-533 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития «Фундаментальные исследования

Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды».

ACKNOWLEDGEMENT

This research was carried out as part of the work under grant No. 075-15-2024-533 from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for the implementation of a major scientific project in priority areas of scientific and technological development “Fundamental research of the Baikal natural Territory based on a system of interrelated basic methods, models, neural networks and a digital platform for environmental monitoring of the environment”.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS:

The authors declare no conflict of interests.

Список литературы:

1. Jensen S. (1966). Report of a new chemical hazard. *New scientist*, 32, 612. <https://exhibits.lib.unc.edu/items/show/7436>.
2. Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/pollutants.pdf (дата обращения 08.10.2025).
3. Тарасова Е.Н., Мамонтов, А.А., Мамонтова Е.А., Кузьмин М.И. (2006) Некоторые параметры состояния экологической системы оз. Байкал на основе многолетних наблюдений. *ДАН*. 409(5), 683–687. https://elibrary.ru/download/elibrary_9282282_65402352.PDF
4. U.S. Environmental Protection Agency. (1998) The inventory of sources of dioxin in the United States. Washington, DC. External Review Draft, EPA/600/P-98/002Aa. [Document Display | NEPIS | US EPA](#) (дата обращения 08.10.2025)
5. Кальбфус, В. (1997). Загрязнение окружающей среды диоксинами и фуранами целлюлозно-бумажной промышленности. *Целлюлоза, бумага, картон. Институт исследования воды*, (5–6), 42.
6. Мамонтов А.А. (2001) *Полихлорированные дибензо-пара-диоксины и родственные соединения в экосистеме озера Байкал*. М.: Академия наук о Земле.
7. Tarasova E.N., Mamontov A.A., Mamontova E.A., Klasmeier J., & McLachlan M.S. (1997) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in Baikal seal. *Chemosphere*, 34(11), 2419–2427. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(97\)00088-x](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(97)00088-x).
8. Левшин Д.Г., Запечалов М.А. (2023). Загрязнение почв стойкими органическими загрязнителями и полициклическими ароматическими углеводородами в зоне влияния Байкальского целлюлозно-бумажного комбината. Материалы конференции молодых ученых «Современные проблемы геохимии». Иркутск: ИГХ СО РАН, С. 88–91.
9. Мамонтов А. А., Мамонтова Е. А. (2025). Стойкие органические загрязнители Солзанского полигона БЦБК. Материалы «VIII Международной Верещагинской Байкальской конференции» Иркутск: Россия, С. 371–372.
10. Mamontov A.A., Mamontov A.M., & Mamontova E.A. (2023) POPs Assessment for Biomonitoring of Lake Baikal Pelagial (1997–2017): Results of Using Big Golomyanka

- Comephorus Baicalensis (Pallas, 1776) Species. *Russian Journal of General Chemistry*, 93(13), 3353–3362. <https://doi.org/10.1134/S107036322313011X>.
11. Zhulidov, A. V., Headley, J. V., Pavlov, D. F., Robarts, R. D., Korotova, L. G., Vinnikov, Y. Y., & Zhulidova, O. V. (2000). Riverine fluxes of the persistent organochlorine pesticides hexachlorocyclohexane and DDT in the Russian Federation. *Chemosphere*, 41(6), 829–841. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00520-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00520-2).
 12. Робертус Ю.В., Пузанов А.В., Куликова-Хлебникова Е.Н., Любимов Р.В. (2017). Оценка содержания хлорорганических пестицидов в объектах окружающей среды на территории республики Алтай. *Агрехимия*, (3), 38–47. https://elibrary.ru/download/elibrary_29008423_30557839.pdf.
 13. Mamontov A.A., Tarasova E.N., & Mamontova E.A. (2018). Persistent Organic Pollutants in Soils of Southern Baikal. *Russian Journal of General Chemistry*, 88(13), 2862–2870. <http://dx.doi.org/10.1134/S1070363218130066>.
 14. Mamontov, A.A., Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., & McLachlan, M.S. (2000). Tracing the Sources of PCDD/Fs and PCBs to Lake Baikal. *Environ. Sci. & Technol.*, 2000, 34(5), 741–747. <https://doi.org/10.1021/es991047r>.
 15. Mamontov, A.A., Tarasova, E.N., Mamontova, E.A., & Kerber, E.V. (2015). The Change of Polychlorinated Biphenyls Content in Soil of Coastal Zone of Lake Baikal in 1997–2012. *Russian Journal of General Chemistry*, 85(13), 2945–2951. <https://doi.org/10.1134/S1070363215130125>.
 16. Treger Y. A. (2012). Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants: The Ways of Its Implementation in the Russian Federation. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 6(5), 647–651. <https://doi.org/10.1134/S1990793112050259>.

References:

1. Jensen S. (1966). Report of a new chemical hazard. *New scientist*, 32(525), 612. <https://exhibits.lib.unc.edu/items/show/7436>.
2. Stockholm convention on persistent organic pollutants. http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/pollutants.pdf (accessed 08.10.2025).
3. Tarasova E.N., Mamontov A.A., Mamontova E.A., & Kuzmin M.I. (2006). Some parameters of the ecological system of the lake. Baikal based on long-term observations. *DAN=DAN*, 409(5), 683–687 (in Russ).
4. U.S. Environmental Protection Agency. (1998). The inventory of sources of dioxin in the United States. Washington, DC. External Review Draft, EPA/600/P-98/002Aa. . [Document Display | NEPIS | US EPA](#) (дата обращения 08.10.2025).
5. Kalbfus V. (1997). Environmental pollution by dioxins and furans of the pulp and paper industry. *CBK=PPI*, (5-6), 42–45 (in Russ).
6. Mamontov A.A. (2001). *Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and related compounds in the ecosystem of Lake Baikal*. M.: Academy of Earth Sciences.
7. Tarasova E.N., Mamontov A.A., Mamontova E.A., Klasmeier J., & McLachlan M.S. (1997). Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in Baikal seal. *Chemosphere*, 34(11), 2419–2427. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(97\)00088-x](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(97)00088-x).
8. Levshin D.G., & Zapevalov M.A. (2023). Soil pollution with persistent organic pollutants and polycyclic aromatic hydrocarbons in the zone of influence of the Baikal Pulp and Paper Mill. Proceedings of the conference of young scientists “Modern problems of geochemistry”. Irkutsk: IGC SB RAN, P. 88–91 (in Russ).
9. Mamontov A. A., & Mamontova E. A. (2025). Persistent organic pollutants of the Solzansky landfill. Proceedings of the “VIII International Vereshchagin Baikal Conference” Irkutsk: Russia, P. 371–372 (in Russ).

10. Mamontov A.A., Mamontov A.M., & Mamontova E.A. (2023). POPs Assessment for Biomonitoring of Lake Baikal Pelagial (1997–2017): Results of Using Big Golomyanka *Comephorus Baicalensis* (Pallas, 1776) Species. *Russian Journal of General Chemistry*, 93(13), 3353–3362. <https://doi.org/10.1134/S107036322313011X>.
11. Zhulidov A.V., Headley J.V., Pavlov D.F., Robarts R.D., Korotova L.G., Vinnikov Y.Y. & Zhulidova O.V. (2000). Riverine fluxes of 313 the persistent organochlorine pesticides hexachlorocyclohexane and DDT in the Russian Federation. *Chemosphere*. 41(6), 829–841. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(99\)00520-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(99)00520-2).
12. Robertus Yu.V., Puzanov A.V., Kulikova-Khlebnikova E.N., & Lyubimov R.V. (2017). Assessment of the content of organochlorine pesticides in environmental objects in the territory of the Altai Republic. *Agroximia=Agrochemistry*, (3), 38–47 (in Russ).
13. Mamontov A.A., Tarasova E.N., & Mamontova E.A. (2018). Persistent Organic Pollutants in Soils of Southern Baikal. *Russian Journal of General Chemistry*, 88(13), 2862–2870. <http://dx.doi.org/10.1134/S1070363218130066>.
14. Mamontov, A.A., Mamontova, E.A., Tarasova, E.N., & McLachlan, M.S. (2000). Tracing the Sources of PCDD/Fs and PCBs to Lake Baikal. *Environ. Sci. & Technol.*, 34(5), 741–747. <https://doi.org/10.1021/es991047r>.
15. Mamontov, A.A., Tarasova, E.N., Mamontova, E.A., & Kerber, E.V. (2015). The Change of Polychlorinated Biphenyls Content in Soil of Coastal Zone of Lake Baikal in 1997–2012. *Russian Journal of General Chemistry*, 85(13), 2945–2951. <https://doi.org/10.1134/S1070363215130125>.
16. Treger, Y. A. (2012). Stockholm convention on persistent organic pollutants: The ways of its implementation in the Russian Federation. *Russian Journal of Physical Chemistry B*, 6(5), 647–651. <https://doi.org/10.1134/S1990793112050259>.