

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА В АРКТИКЕ НА КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Е. А. Пичугин, Б. Е. Шенфельд, Т. Н. Сомова

ФГБУ «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем» (Пермь, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 5 декабря 2024 г.

Для цитирования

Пичугин Е. А., Шенфельд Б. Е., Сомова Т. Н. Оценка воздействия объектов накопленного вреда в Арктике на компоненты природной среды // Арктика: экология и экономика. — 2024. — Т. 14, № 2. — С. 249—260. — DOI: 10.25283/2223-4594-2024-2-249-260.

Приведены результаты оценки воздействия выведенных из эксплуатации санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, представляющих собой объекты накопленного вреда окружающей среде, на почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный покров в Арктической зоне Российской Федерации. Установлено, что санкционированные свалки/полигоны твердых коммунальных отходов, расположенные в Арктике, оказывают существенное воздействие на компоненты природной среды. Почвы, поверхностные и подземные воды вблизи свалок/полигонов загрязнены веществами I–IV классов опасности. Содержание загрязняющих веществ в компонентах природной среды в ряде случаев превышает нормативы в десятки и сотни раз. Представленные в статье результаты могут быть использованы при совершенствовании законодательства в части оценки и категорирования объектов накопленного вреда окружающей среде.

Ключевые слова: объекты накопленного вреда окружающей среде, свалки, полигоны, твердые коммунальные отходы, Арктика, воздействие, компоненты природной среды.

Введение

Реализация государственной политики, направленной на предотвращение деградации земель и снижения плодородия почв, рекультивацию нарушенных земель, ликвидацию объектов накопленного вреда, экологическую реабилитацию территорий, рациональное использование природных ресурсов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), предусмотрена п. 83 указа Президента РФ от 2 июля 2021 г. № 400¹.

Учет объектов накопленного вреда окружающей среде (далее — объекты накопленного вреда) осуществляется путем их включения в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде (далее — государственный реестр) с последующим проведением мероприятий по их ликвидации за счет средств федерального бюджета. Одним из типов объектов накопленного вреда, включенных в государственный реестр, являются выведенные из эксплуатации свалки/полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО), по которым не проведены мероприятия по их ликвидации или по доведению их до нормативных требований.

Проблемой накопленного вреда, в том числе природоохранными (нормативными) аспектами инвентаризации, оценки и ликвидации выведенных

¹ Указ Президента РФ «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» от 2 июля 2021 г. № 400. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/.

из эксплуатации объектов занимались в разные годы следующие ученые: А. А. Соловьянов (правовые вопросы законодательства в сфере проблем накопленного вреда, исследования российского и зарубежного опыта по выявлению и ликвидации объектов накопленного вреда [1—3]), О. И. Алыкова, Л. Ю. Чуйкова, Ю. С. Чуйков (анализ текущей ситуации по ликвидации объектов накопленного вреда в рамках федеральных проектов «Чистая страна» и «Генеральная уборка» [4—6]), Е. А. Пичугин, Е. В. Зырянова, А. С. Соловьёва, Б. Е. Шенфельд (вопросы нормативного правового регулирования в части выявления, учета, категорирования и ликвидации объектов накопленного вреда [7—9]), В. В. Петухов, В. М. Питулько (геоэкологические особенности при инвентаризации региональных объектов прошлого экологического ущерба, исследования распределения тяжелых металлов в почвах, накопленных в объектах прошлого экологического ущерба, представленных несанкционированными свалками бытовых отходов, участками размещения иловых осадков очистных сооружений и рекультивированными карьерами [10—12]), Н. Р. Гафаров (правовые вопросы выявления объектов накопленного вреда и разработки проектной документации по их ликвидации [13—14]).

Проблемам выявления, оценки и ликвидации объектов накопленного вреда, представляющих собой свалки и полигоны ТКО в Арктике, посвящены исследования: В. И. Гребенца (влияние отходов производства и потребления на природную среду и мерзлые грунты [15]), Р. А. Колесникова (вопросы инвентаризации и оценки несанкционированных свалок и загрязненных территорий [16]), И. М. Потравного (подход к ликвидации объектов накопленного вреда с использованием методов ESG-финансирования [17]). В [18] предложены критерии оценки объектов накопленного вреда, учитывающие специфику арктических регионов России, представлена расширенная методика количественной оценки приоритетности объектов посредством установления значимости (веса) каждого критерия оценки. В [19] проведен анализ факторов, определяющих эффективность природосберегающего развития арктических территорий России. Отмечается, что одной из первоочередных задач обеспечения экологической безопасности в Арктике является ликвидация объектов накопленного экологического вреда, в том числе свалок ТКО.

Анализ научной литературы показал, что вопросы влияния на состояние компонентов природной среды российской Арктики выведенных из эксплуатации свалок и полигонов ТКО как объектов накопленного вреда окружающей среде, освещены недостаточно.

Авторы [7; 18] отмечают проблему отсутствия критерия, ориентированного на природно-климатический фактор, который может быть включен в систему категорирования объектов накопленного вреда по приоритетности к ликвидации.

Одним из критериев категорирования объектов согласно федеральному закону от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ² является количество населения, проживающего на территории, окружающая среда на которой может быть подвержена негативному воздействию объекта накопленного вреда. В связи с низкой плотностью населения в арктических регионах России такой подход к категорированию объектов накопленного вреда приводит к ситуации, когда первоочередность ликвидации однотипных объектов со схожими характеристиками и воздействием на компоненты природной среды смещается в сторону субъектов Федерации, не относящихся к АЗРФ.

С учетом вышесказанного выполнение комплексной оценки воздействия выведенных из эксплуатации свалок/полигонов на состояние компонентов природной среды в специфических условиях Арктики и обоснование необходимости внесения изменений и дополнений в нормативные правовые акты в части более корректного категорирования объектов с учетом природно-климатических характеристик района расположения объектов являются актуальной задачей.

Цель работы — оценка воздействия санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, расположенных в АЗРФ, на компоненты природной среды с обоснованием необходимости совершенствования законодательства России в части оценки и категорирования объектов накопленного вреда.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются 9 объектов накопленного вреда, представляющие собой выведенные из эксплуатации санкционированные свалки/полигоны твердых коммунальных отходов, расположенные в Мурманской области (5 объектов), Ненецком автономном округе (1 объект), Чукотском автономном округе (1 объект), Республике Карелия (1 объект), Красноярском крае (1 объект), из которых 8 объектов включены в государственный реестр, 1 объект находится в стадии рассмотрения заявки на включение в государственный реестр.

ФГБУ «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем» (УралНИИ «Экология») — подведомственная Минприроде России организация, подготавливающая информационно-аналитические заключения о возможности включения объектов накопленного вреда в государственный реестр (распоряжение Минприроды России от 26 февраля 2018 г. № 6-р в редакции от 27 апреля 2020 г. № 14-р) и располагающая значительным объемом информации по этим объектам. В качестве исходных данных

² Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/.

использованы результаты комплексного химического анализа почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха вблизи санкционированных свалок/полигонов ТКО, выполненного в рамках выявления (инвентаризации) и обследования объектов накопленного вреда субъектами Федерации:

- проанализирована информация о 447 исследованиях загрязняющих веществ в пробах почв, отобранных на 9 объектах накопленного вреда;
- проанализирована информация о 297 исследованиях загрязняющих веществ в пробах поверхностных вод, отобранных на 9 объектах накопленного вреда;
- проанализирована информация о 195 исследованиях загрязняющих веществ в пробах подземных вод, отобранных на 9 объектах накопленного вреда;
- проанализирована информация о 40 исследованиях загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха, отобранных на 2 объектах накопленного вреда.

Оценка воздействия санкционированных свалок/полигонов ТКО, расположенных в Арктике, на компоненты природной среды выполнена на соответствие установленным нормативным требованиям, обеспечивающим качество окружающей среды (непревышение нормативов предельно допустимых (ориентировочно допустимых) концентраций химических веществ в компонентах природной среды, установленным СанПиН 1.2.3685-21³ и приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552⁴).

В качестве дополнительных показателей оценки почвы вблизи данных объектов использован суммарный показатель загрязнения Z_c , определяемый как сумма коэффициентов концентрации химических элементов-загрязнителей, и характеристики функции почв:

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1),$$

где n — число определяемых загрязняющих компонентов; K_{ci} — коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента, равный кратности превышения содержания данного компонента над его фоновым значением.

³ Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685-21. — Утв. постановлением главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/.

⁴ Приказ Минсельхоза России «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 13 декабря 2016 г. № 552. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_211155/.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, в зависимости от величины суммарного показателя Z_c почвы разделены на следующие категории по степени загрязнения:

- чистая — при содержании загрязняющего компонента в пределах фона, в пределах ПДК;
- допустимая — при значении Z_c менее 16;
- умеренно опасная — при значении Z_c в пределах 16—32;
- опасная — при значении Z_c в пределах 32—128;
- чрезвычайно опасная — при значении Z_c более 128.

Характеристики функций почв в зоне влияния санкционированных свалок/полигонов ТКО, расположенных в арктических регионах России, определены на основании анализа методом соотнесения данных объектов накопленного вреда (с привязкой по географическим координатам) с данными национальных атласов Российской Федерации⁵, включая карту бонитета почвенного покрова, карты сорбционных и окислительных функций почв, карту потенциальной способности почв к самоочищению.

Анализ состояния растительности выполнен с использованием подхода, разработанного сотрудниками УралНИИ «Экология», основанного на исследовании и сравнительном анализе состояния растительности (через нормализованный относительный вегетационный индекс растительности NDVI) в зоне влияния объекта накопленного вреда и на эталонном участке, где отсутствует негативное воздействие объекта на растительность.

В работе использовались методы анализа и сравнения основных характеристик объектов накопленного вреда, их воздействия на состояние компонентов природной среды с использованием статистических методов обработки информации.

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ химического загрязнения почв в зоне влияния санкционированных свалок/полигонов ТКО показал, что в целом почвы вблизи этих объектов по степени загрязнения органическими и неорганическими веществами относятся к допустимой категории загрязнения. Однако вблизи ряда объектов содержание загрязняющих веществ в почве превышает их фоновое состояние в несколько раз (рис. 1).

Почвы на 4 объектах по степени загрязнения органическими и неорганическими веществами относятся к умеренно опасной категории загрязнения, на 1 объекте — к опасной категории загрязнения.

Превышение установленных уровней в пробах почв по загрязняющим веществам выявлено на всех 9 анализируемых санкционированных свалках/полигонах ТКО, расположенных в Арктике.

В 71 из 447 случаев в почве зафиксированы превышения нормативных уровней (ПДК/ОДК): по мы-

⁵ <https://soil-db.ru/soilatlas>; <https://nationalatlas.ru/tom2/318.html>.

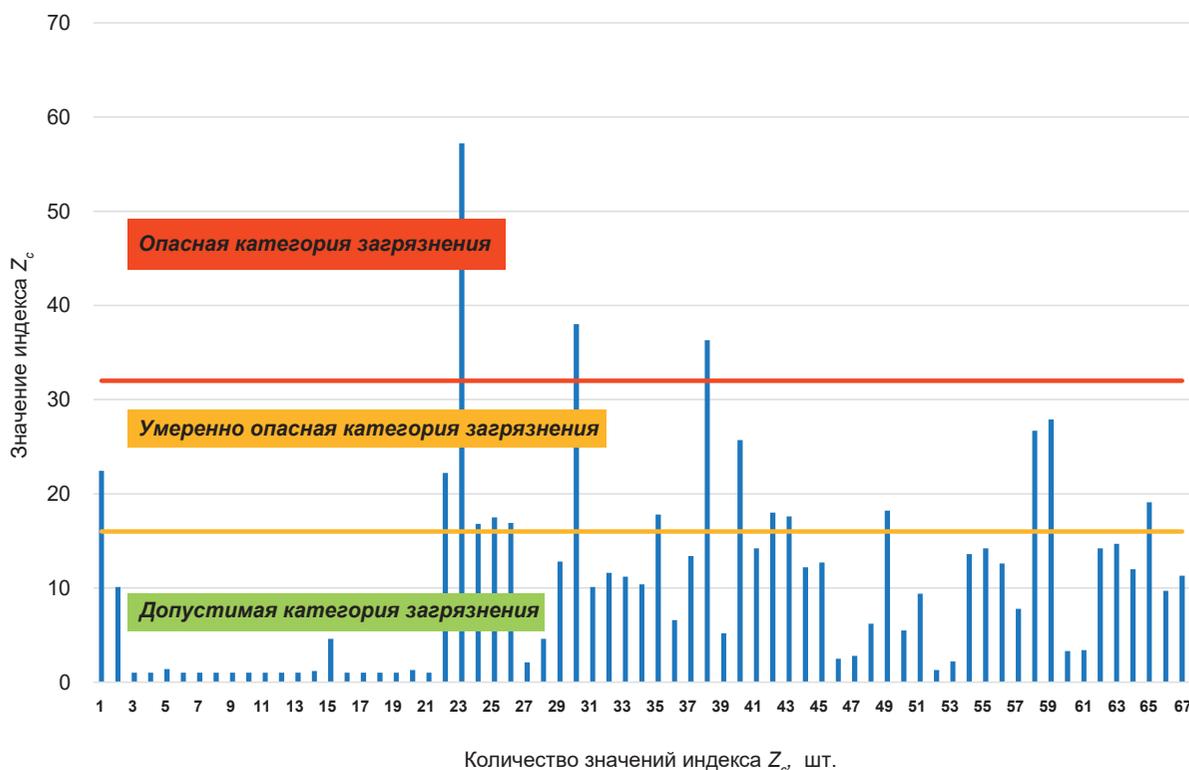


Рис. 1. Суммарный показатель загрязнения почв Z_c вблизи санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации
 Fig. 1. Total indicator of soil pollution Z_c near authorized dumps/landfills of solid municipal waste located in the Arctic zone of the Russian Federation

шьяку — в 1,02—15,8 раза (22 превышения, вклад в загрязнение почв составляет 30,99%), по цинку — в 1,33—10,34 раза (6 превышений, вклад 8,46%), по никелю — в 1,04—4,25 раза (9 превышений, вклад 12,67%), по меди — в 1,06—4,12 раза (9 превышений, вклад 12,67%), по свинцу — в 1,13—3,93 раза (5 превышений, вклад 7,04%), по бенз(а)пирену — в 1,4—3,95 раза (7 превышений, вклад 9,87%), по кадмию — в 1,02—3,48 раза (13 превышений, вклад 18,3%).

Статистические характеристики содержания загрязняющих веществ в почвах, поверхностных и подземных водах показывают (табл. 1), что почвы вблизи санкционированных свалок/полигонов ТКО в основном загрязнены кадмием (в среднем 1,02 ОДК) и мышьяком (в среднем 2,4 ОДК). Содержание нефтепродуктов в почве вблизи объектов незначительно и не превышает 200 мг/кг.

Таким образом, почвы объектов накопленного вреда, представляющих собой санкционированные свалки/полигоны ТКО, расположенные в арктических регионах России, загрязнены веществами I—III классов опасности. В зависимости от токсичности (класса опасности) и содержания в почве загрязняющие вещества можно распределить по накопительной роли в следующем порядке по убыванию: мышьяк (15,8 ОДК) > цинк (10,34 ОДК) > бенз(а)пирен (4,6 ПДК) > свинец (3,93 ОДК) >

кадмий (3,48 ОДК) > никель (4,25 ОДК) > медь (4,12 ОДК).

Анализ характеристик функций почв в зоне влияния рассматриваемых объектов накопленного вреда показал, что почвы вблизи объектов не обладают потенциальным плодородием, балл бонитета почвенного покрова не превышает 19 и в среднем составляет 13 при максимально возможных значениях 120—125.

Согласно «Национальному атласу почв Российской Федерации», показатель окислительной способности почв характеризует интенсивность трансформации органического вещества в биогеоценозе, результатом которой может быть как накопление органики в виде слаборазложившихся остатков, так и ее окисление до диоксида углерода. По этому показателю почвы вблизи рассматриваемых объектов накопленного вреда относятся к средней (0,08—0,1) и повышенной (0,1—0,2) интенсивности биологического круговорота. В целом по России такие почвы составляют 60% почвенного покрова.

Почвы в зоне влияния рассматриваемых объектов обладают, как правило, очень низкой (менее 4 баллов) и низкой (4 балла) способностью к накоплению загрязняющих веществ. Низкая сорбционная способность характерна для большинства почв тундровой и таежной зон, распространенных в Арктической зоне Российской Федерации.

Потенциальная способность почв к самоочищению при загрязнении токсичными веществами для рассматриваемых объектов имеет согласно «Национальному атласу России» широкий диапазон: от низкой (12,2—14,7 баллов) до высокой (17,2—19,2 баллов) и очень высокой (более 19,2 баллов). Последние характеризуются низкой буферной емкостью при загрязнении токсичными веществами, что коррелирует с низкой сорбционной способностью этих почв.

Оценка загрязнения поверхностных вод показала, что превышение установленных уровней по загрязняющим веществам в пробах выявлено в 111 случаях (из 297 проанализированных исследований) на 8 санкционированных свалках/полигонах твердых коммунальных отходов, расположенных в Арктике. В пробах поверхностных вод зафиксированы превышения ПДК р/х по аммоний-иону в 1,18—190,6 раза (11 превышений, вклад в загрязнение поверхностных вод составляет 9,91%), БПК₅ — в 1,1—7,75 раза (13 превышений, вклад 11,71%), по железу в 2—18 раз (14 превышений, вклад 12,61%), по марганцу в 1,8—336,3 раза (11 превышений, вклад в загрязнение поверхностных вод 9,91%), по меди в 2—88 раз (13 превышений, вклад 11,71%), по никелю в 1,1—12 раз (6 превышений, вклад 5,41%), по фенолам в 2—245 раз (6 превышений, вклад 5,41%), по хлорид-иону в 1,38, 1,47, 16,7 раза (3 превышения, вклад 2,7%), по (химическому потреблению кислорода) ХПК в 1,07—9,33 раза (6 превышений, вклад 5,41%), по цинку в 1,6—10 раз (7 превышений, вклад 6,31%), по фосфат-иону в 14, 18 раз (2 превышения, вклад 1,8%), по сульфат-иону в 1,1, 7,66 раза (2 превышения, вклад 1,8%), по нефтепродуктам в 1,1—16 раз (7 превышений, вклад 6,31%), по свинцу в 2,2—3,2 раза (6 превышений, вклад 5,41%), по нитрит-иону в 1,375, 3 раза (2 превышения, вклад 1,8%), по нитрат-иону в 1,05 раза, по магнию в 2,5 раза (вклад в загрязнение поверхностных вод по каждому из загрязняющих веществ 0,9%).

Из табл. 1 видно, что поверхностные воды вблизи санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов в основном загрязнены аммоний-ионом (в среднем 15 ПДК), БПК₅ (в среднем 4,1 ПДК), железом (в среднем 6,9 ПДК), марганцем (в среднем 33,9 ПДК), медью (в среднем 16,6 ПДК), нефтепродуктами (в среднем 2 ПДК), никелем (в среднем 1,9 ПДК), свинцом (в среднем 1,17 ПДК), фенолами (в среднем 59 ПДК), хлорид-ионом (в среднем 1,5 ПДК), ХПК (в среднем 1,6 ПДК), цинком (в среднем 2,3 ПДК).

Таким образом, поверхностные воды вблизи объектов накопленного вреда, представляющих собой санкционированные свалки/полигоны ТКО, расположенные в арктических регионах, в основном загрязнены веществами III—IV классов опасности. Встречаются единичные превышения по свинцу, который относится к загрязняющему веществу II класса опасности.

В зависимости от токсичности (класса опасности) и содержания в поверхностной воде загрязняющие вещества можно распределить по накопительной роли в следующем порядке по убыванию: свинец (3,2 ПДК) > фенолы (245 ПДК) > медь (88 ПДК) > нефтепродукты (16 ПДК) > никель (12 ПДК) > цинк (10 ПДК) > марганец (336,3 ПДК) > аммоний-ион (190,6 ПДК) > фосфат-ион, железо (18 ПДК) > хлорид-ион (16,7 ПДК) > нитрит-ион (3 ПДК) > магний (2,5 ПДК) > нитрат-ион (1,05 ПДК).

В пробах подземных вод превышение установленных уровней по загрязняющим веществам выявлено в 65 случаях (из 195 проанализированных исследований) на 8 санкционированных свалках/полигонах ТКО, расположенных в Арктике. В пробах подземных вод зафиксированы превышения ПДК х/п по аммоний-иону в 1,2—105,3 раза (6 превышений, вклад в загрязнение подземных вод 9,23%), по фенолам в 1,05—78 раз (4 превышения, вклад 6,15%), по железу в 1,33—45 раз (11 превышений, вклад 16,92%), по марганцу в 3—20 раз (7 превышений, вклад 10,77%), по ХПК в 1,3—12,4 раза (9 превышений, вклад 13,85%), по БПК₅ в 1,05—11,53 раза (11 превышений, вклад 16,92%), по нефтепродуктам в 3,4—10,7 раза (7 превышений, вклад 10,77%), по свинцу в 1,9—2 раза (4 превышения, вклад 6,15%). Единичные превышения установленных уровней зафиксированы по ртути (в 120 раз), кадмию (в 1,2 раза), литию (в 1,7 раза), никелю (в 1,5 раза), сухому остатку (в 5,1 раза), хлорид-иону (в 4 раза). Вклад данных веществ в загрязнение подземных вод составляет 9,24%.

Анализ исследованных данных (см. табл. 1) показал, что подземные воды вблизи рассматриваемых объектов накопленного вреда загрязнены в основном веществами, входящими в состав фильтрационных вод, а именно: аммоний-ионом, БПК₅, железом, кадмием, литием, марганцем, нефтепродуктами, ХПК, хромом, никелем, свинцом, сухим остатком, ртутью, фенолами, что может свидетельствовать об отсутствии или нарушении гидроизоляции тела свалки/полигона ТКО.

Таким образом, подземные воды вблизи санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, расположенных в Арктике, в основном загрязнены веществами II—IV классов опасности.

В зависимости от токсичности (класса опасности) и содержания в подземной воде загрязняющие вещества можно распределить по накопительной роли в следующем порядке по убыванию: ртуть (120 ПДК) > свинец (2 ПДК) > литий (1,7 ПДК) > никель (1,5 ПДК) > кадмий (1,2 ПДК) > железо (45 ПДК) > марганец (20 ПДК) > аммоний-ион (105,3 ПДК) > фенолы (78 ПДК) > нефтепродукты (10,7 ПДК) > хлорид-ион (4 ПДК).

Анализ воздействия санкционированных свалок/полигонов ТКО, расположенных в арктических регионах России, на атмосферный воздух показал, что на двух рассматриваемых объектах воздействие на

Таблица 1. Статистические характеристики содержания загрязняющих веществ в пробах почв, поверхностных и подземных вод вблизи санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации

Table 1. Statistical characteristics of the content of pollutants in soil, surface and groundwater samples near authorized dumps/landfills of solid municipal waste located in the Arctic zone of the Russian Federation

Загрязняющее вещество (количество анализируемых исследований)	Минимальное содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Максимальное содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Среднее содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Медианное содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Установленный норматив ПДК/ОДК (для песчаных и супесчаных почв) ^{1*} , ПДК х/п ^{2*} (для подземных вод) ^{1*} , ПДК р/х ^{3*} (для поверхностных вод) ^{4*}
<i>Почва</i>					
Бенз(а)пирен (28)	0,005	0,092	0,0167	0,005	0,02/—
Кадмий (52)	0,01	2,8	0,509	0,26	—/0,5
Марганец (19)	15,5	893	213,99	59,3	1500/—
Медь (62)	1	216	25,32	8,35	—/33
Мышьяк (33)	0,1	31,6	4,8	3,5	—/2
Никель (62)	1,11	56	11,64613	4,625	—/20
Нитраты (34)	0,92	30	5,89	2,97	130/—
Ртуть (33)	0,005	0,69	0,104	0,028	2,1/—
Свинец (62)	0,5	137	14,59	6,05	—/32
Цинк (62)	1,1	569	39,04	14,95	—/55
<i>Поверхностная вода</i>					
Аммоний-ион (16)	0,1	95,3	7,48	0,82	0,5
Барий (3)	0,005	0,1	0,068	0,1	0,74
БПК ₅ (15)	0,5	34	8,58	5,2	2,1
Железо (16)	0,002	1,8	0,69	0,38	0,1
Кадмий (15)	0,0001	0,0018	0,000527	0,0005	0,005
Кобальт (3)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,01
Литий (3)	0,015	0,0735	0,0345	0,015	0,08
Магний (5)	3,03	100	37,73	29	40
Марганец (16)	0,003	3,363	0,339	0,0315	0,01
Медь (16)	0,0006	0,088	0,0166	0,0043	0,001
Мышьяк (15)	0,002	0,005	0,0042	0,005	0,05
Нефтепродукты (16)	0,01	0,8	0,103	0,035	0,05
Никель (16)	0,004	0,12	0,0189	0,009	0,01
Нитрат-ион (16)	0,18	42	4,665	1,1	40
Нитрит-ион (16)	0,003	0,24	0,059	0,05	0,08
Ртуть (3)	Менее 0,00004	0,00001			
Свинец (16)	0,0002	0,019	0,007	0,0045	0,006
Сульфаты (15)	10	766	78,89	22,2	100
Фенолы (14)	0,0005	0,245	0,059	0,00125	0,001
Фосфат-ион (3)	0,05	0,9	0,55	0,7	0,05
Хлорид-ион (15)	10	5000	447,85	51	300
ХПК (16)	13	660,9	47,06	24,25	30
Хром (12)	0,001	0,008	0,0032	0,0025	0,07

Окончание табл.1

Загрязняющее вещество (количество анализируемых исследований)	Минимальное содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Максимальное содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Среднее содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Медианное содержание, мг/кг (для почв), мг/дм ³ (для воды)	Установленный норматив ПДК/ОДК (для песчаных и супесчаных почв) ^{1*} , ПДК х/п ^{2*} (для подземных вод) ^{1*} , ПДК р/х ^{3*} (для поверхностных вод) ^{4*}
Цинк (16)	0,001	0,1	0,023	0,0085	0,01
<i>Подземная вода</i>					
Аммоний ион (7)	0,1	157,9	24,88	3	1,5
Барий (4)	0,1	0,115	0,106	0,105	0,7
БПК ₅ (12)	0,8	52,1	29,37	33,9	4
Железо (11)	0,35	13,5	5,32	4,61	0,3
Кадмий (8)	0,0002	0,0088	0,0016	0,0005	0,001
Кобальт (5)	0,005	0,0185	0,0126	0,0169	0,1
Литий (4)	0,015	0,0513	0,033	0,03305	0,03
Магний (6)	0,5	48	20,595	16,05	50
Марганец (8)	0,007	2	0,717	0,491	0,1
Медь (11)	0,002	0,039	0,0196	0,0185	1,0
Мышьяк (10)	0,002	0,005	0,0029	0,002	0,01
Нефтепродукты (9)	0,058	1,4	0,651	0,7	0,1
Никель (11)	0,0036	0,03	0,01018	0,01	0,02
Нитраты (6)	1,7	5	3,067	2,55	45
Нитриты (4)	0,003	0,021	0,0118	0,0115	3
Ртуть (6)	0,00004	0,06	0,0134	0,00011	0,0005
Свинец (11)	0,0002	0,02	0,0089	0,0038	0,01
Сульфаты (8)	10	337	68,625	37	500
Сухой остаток (8)	50	5119	743,5	147,5	1000
Фенолы (11)	0,0005	7,8	0,908	0,051	0,1
Хлориды (8)	10	1407	237,5	79	350
ХПК (9)	39	372	103,33	78	30
Хром (7)	0,002	0,019	0,0067	0,0039	0,05
Цинк (11)	0,005	0,8	0,228	0,055	5

^{1*} Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685-21. — Утв. постановлением главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 г. № 2. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/.

^{2*} ПДК х/п — предельно допустимые концентрации химических веществ в поверхностных водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

^{3*} ПДК р/х — предельно допустимые концентрации вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

^{4*} Приказ Минсельхоза России «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 13 декабря 2016 г. № 552. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_211155/.

Примечание: таблица сформирована на основе анализа материалов об объектах накопленного вреда, поступающих в ФГБУ УралНИИ «Экология» от субъектов Федерации с заявлением о включении объекта накопленного вреда в государственный реестр.

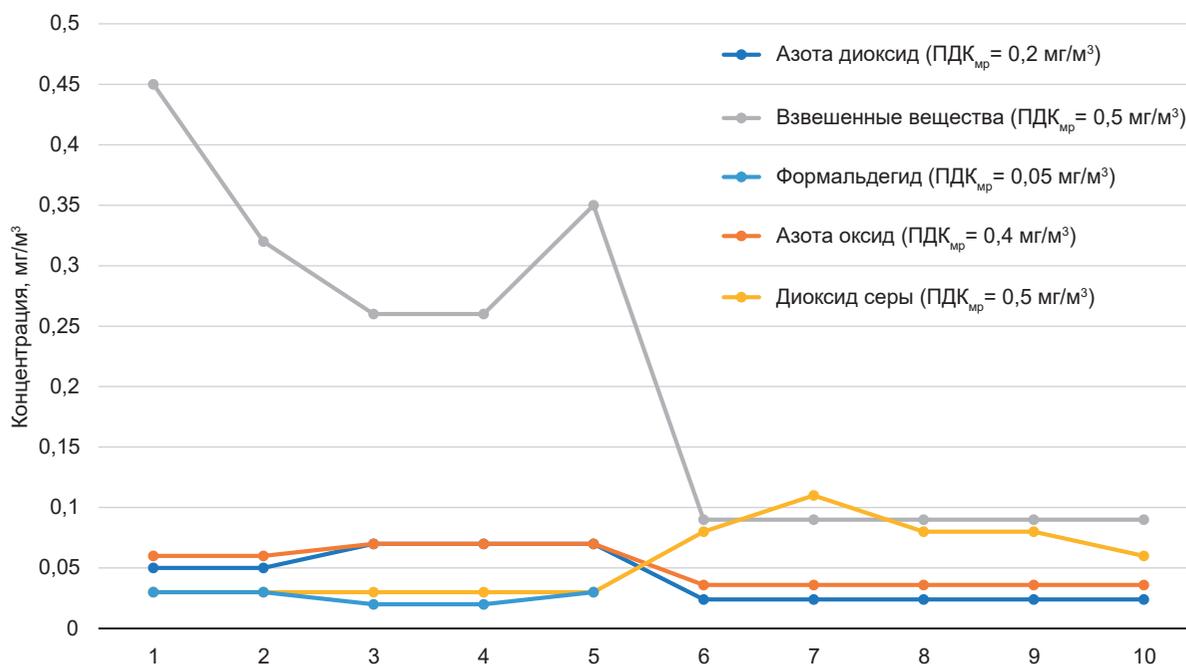


Рис. 2. Выявленные концентрации загрязняющих веществ в пробах атмосферного воздуха вблизи санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации
 Fig. 2. Identified concentrations of pollutants in atmospheric air samples near authorized dumps/landfills of solid municipal waste located in the Arctic zone of the Russian Federation

атмосферный воздух минимально (рис. 2). Превышений установленных нормативов ни по одному загрязняющему веществу не зафиксировано.

Согласно имеющимся данным, территория вблизи большинства объектов накопленного вреда, представляющих собой санкционированные свалки/полигоны ТКО, расположенные в Арктике, заросла сорной растительностью, кустарниками и деревьями. Растительность находится в основном в хорошем состоянии, степень покрытия почвенного покрова растительностью в среднем составляет 66,83%. В ряде случаев вблизи рассматриваемых объектов растительность не испытывает значительного негативного воздействия (степень покрытия растительностью более 80%). Вместе с тем встречаются объекты (табл. 2), на которых почвенно-растительный покров в значительной степени подвергся деградации (степень покрытия растительностью менее 40%). Значения вегетационных индексов вблизи объектов соответствуют согласно [20] удовлетворительному (0,4—0,55) и хорошему (0,55—0,7) состоянию растительности, хотя и значительно уступают вегетационным индексам эталонной области.

Заключение

1. Выведенные из эксплуатации санкционированные свалки/полигоны твердых коммунальных отходов, расположенные в Арктической зоне Российской Федерации, оказывают существенное негативное воздействие на компоненты природной среды, загрязняя почвы, поверхностные и подземные воды

веществами I—IV классов опасности, угнетая растительный покров. Загрязнения атмосферного воздуха не отмечено. Содержание загрязняющих веществ в компонентах природной среды в ряде случаев превышает установленные нормативы ПДК/ОДК в десятки и сотни раз.

2. Экстремально высокие превышения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в пробах поверхностных и подземных вод вблизи свалок/полигонов ТКО, расположенных в арктических регионах России, могут быть связаны с отсутствием или разрушением гидроизоляционных экранов тела объектов накопленного вреда, низкой буферной способностью почв в условиях Арктики и относительно легким гранулометрическим составом почв с преобладанием песчаных частиц.

3. Представленные в статье результаты могут быть использованы при совершенствовании законодательства в части оценки и категорирования объектов накопленного вреда, в том числе в части учета специфического воздействия объектов накопленного вреда, расположенных в АЗРФ при определении их приоритетности к ликвидации.

Литература/References

1. Соловьянов А. А. Прошлый (накопленный) экологический ущерб: проблемы и решения. 4. Технологические решения в США и странах Западной Европы // Эколог. вестн. России. — 2015. — № 6. — С. 37—46.
 Solovyaynov A. A. Past Environmental Liabilities: Problems and Solutions. 4. Remedy Technologies in USA and Western Europe. *Ekologicheskii vestnik Rossii* [En-

Таблица 2. Расчетные показатели состояния растительности вблизи санкционированных свалок/полигонов твердых коммунальных отходов, расположенных в Арктической зоне Российской Федерации

Table 2. Estimated indicators of the state of vegetation near authorized dumps/landfills for municipal solid waste located in the Arctic zone of the Russian Federation

Объект накопленного вреда	Координаты объекта накопленного вреда, с. ш./в. д.	Координаты эталонной области, с. ш./в. д.	NDVI исследуемой области вблизи объекта накопленного вреда	NDVI эталонной области	Дата космического снимка для анализа	Степень покрытия растительностью, %
Свалка/полигон ТКО 1 в Мурманской области	69,221 314/ 33,250 738	69,221 041/ 33,259 128	0,437	0,811	04.07.2021	53,88
Свалка/полигон ТКО 2 в Мурманской области	69,354 808/ 32,849 424	69,356 312/ 32,837 788	0,597	0,781	04.07.2021	76,4
Свалка/полигон ТКО 3 в Мурманской области	69,391 584/ 32,388 354	69,389 226/ 32,396 200	0,574	0,833	27.07.2021	68,9
Свалка/полигон ТКО 4 в Мурманской области	69,42 250/ 30,20 584	69,359 052/ 30,103 332	0,600	0,884	11.07.2021	71,1
Свалка/полигон ТКО 5 в Мурманской области	68,941 670/ 32,955 272	68,935 959/ 32,947 976	0,5	0,795	11.07.2021	62,9
Свалка/полигон ТКО в Ненецком автономном округе	67,686 486/ 53,159 680	67,685 278/ 53,157 778	0,68	0,79	07.07.2021	86,1
Свалка/полигон ТКО в Чукотском автономном округе	64,721 172/ 177,40 156	64,717 374/ 177,391 806	0,582	0,653	15.07.2021	89,1
Свалка/полигон ТКО в Республике Карелия	64,549 844/ 34,814 525	64,547 444/ 34,804 526	0,479	0,866	17.07.2021	55,3
Свалка/полигон ТКО в Красноярском крае	71,978 594/ 102,55 173	71,977 889/ 102,564 606	0,282	0,746	02.08.2021	37,8

Примечание: для исследования использованы спутниковые снимки, размещенные в открытом доступе на официальных ресурсах по адресу: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>.

vironmental Bulletin of Russia], 2015, no. 6, pp. 37—46. (In Russian).

2. Соловьянов А. А. Прошлый (накопленный) экологический ущерб: проблемы и решения. 11. Шламо-накопитель «Белое море» в Нижегородской области // Эколог. вестн. России. — 2017. — № 3. — С. 28—35. Solovyaynov A. A. Past Environmental Liabilities: Problems and Solutions. 11. “White Sea” in Nizhegorodsky region. *Ekologicheskii vestnik Rossii* [Environmental Bulletin of Russia], 2017, no. 3, pp. 28—35. (In Russian).

3. Соловьянов А. А. Современное российское законодательство в сфере ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде // Эколог. вестн. России. — 2020. — № 5. — С. 36—42.

Solovyaynov A. A. Problem of elimination of accumulated environmental harm to environment (NIE) in Rus-

sian legislation in the field of elimination of objects of accumulated harm to environment. *Ekologicheskii vestnik Rossii* [Environmental Bulletin of Russia], 2020, no. 5, pp. 36—42. (In Russian).

4. Алыкова О. И., Чуйкова Л. Ю., Чуйков Ю. С. Накопленный экологический вред: проблемы и последствия. Сообщение 2. Анализ ситуации // Астрахан. вестн. эколог. образования. — 2021. — № 2 (62). — С. 114—137. — DOI: 10.36698/2304-5957-2021-2-114-137. Alykova O. I., Chuikova L. Yu., Chuikov Yu. S. Accumulated environmental damage: problems and consequences. Message 2. Analysis of the situation. *Astrahanskii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], 2021, no. 2 (62), pp. 114—137. DOI: 10.36698/2304-5957-2021-2-114-137. (In Russian).

5. Алыкова О. И., Арнаут Ю. И., Чуйкова Л. Ю. и др. Накопленный вред окружающей среде России: итоги на 2023 год. Сообщение 1. Европейская часть России // Астрахан. вестн. эколог. образования. — 2023. — № 5 (77). — С. 143—182. — DOI: 10.36698/2304-5957-2023-5-143-182.
- Alykova O., Arnaut Yu., Chuikova L., Chuikov Yu. Accumulated damage to the environment in Russia: results for 2023. Communication 1. European part of Russia. Astrakhan Bulletin of Ecological Education, 2023, no. 5 (77), pp. 143—182. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-5-143-182. (In Russian).
6. Алыкова О. И., Арнаут Ю. И., Чуйкова Л. Ю. и др. Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде в рамках федерального проекта «Генеральная уборка» // Астрахан. вестн. эколог. образования. — 2023. — № 4 (76). — С. 51—58. — DOI: 10.36698/2304-5957-2023-4-51-58.
- Alykova O., Arnaut Yu., Chuikova L., Chuikov Yu. Liquidation of objects of accumulated environmental damage within the framework of the federal project “General cleaning”. Astrakhan Bulletin of Ecological Education, 2023, no. 4 (76), pp. 51—58. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-4-51-58. (In Russian).
7. Пичугин Е. А., Черепанов М. В., Симакова Е. В., Шенфельд Б. Е. Актуальные проблемы выявления, учета, категорирования и ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде // Проблемы регион. экологии. — 2021. — № 6. — С. 113—121. — DOI: 10.24412/1728-323X-2021-6-113-121.
- Pichugin E. A., Cherepanov M. V., Simakova E. V., Shenfeld B. E. Current issues of identification, accounting, categorization and elimination of the objects of accumulated environmental harm. Problemy regional'noi ekologii [Regional environmental issues], 2021, no. 6, pp. 113—121. DOI: 10.24412/1728-323X-2021-6-113-121. (In Russian).
8. Пичугин Е. А., Дьяков М. С., Зырянова Е. В., Моловьева А. С. Аналитический обзор типовых технологических решений, применяемых при ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде // Астрахан. вестн. эколог. образования. — 2022. — № 5 (71). — С. 20—32. — DOI: 10.36698/2304-5957-2022-5-20-32.
- Pichugin E. A., Dyakov M. S., Zyryanova E. V., Solovieva A. S. Analytical review of typical technological solutions used in the elimination of objects of accumulated environmental harm. Astrakhan Bulletin of Ecological Education, 2022, no. 5 (71), pp. 20—32. DOI: 10.36698/2304-5957-2022-5-20-32. (In Russian).
9. Пичугин Е. А., Зырянова Е. В. К вопросу формирования информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям (ИТС НДТ) «Ликвидация объектов накопленного экологического вреда» // Химия. Экология. Урбанистика. — 2022. — Т. 1. — С. 89—93.
- Pichugin E. A., Zyryanova E. V. On the issue of the formation of an information and technical reference book on the best available technologies (ITS BAT) “Liquidation of objects of accumulated environmental damage”. Himiya. Ekologiya. Urbanistika [Chemistry. Ecology. Urbanism], 2022, vol. 1, pp. 89—93. (In Russian).
10. Шепелева А. В., Петухов В. В. Оценка экологической обстановки на загрязненных территориях и объектах накопленного экологического ущерба // Хартия Земли — практический инструмент решения фундаментальных проблем устойчивого развития: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан. — [Б. м.], 2016. — С. 267—273.
- Shepeleva A. V., Petukhov V. V. Evaluation of the environmental situation in the contaminated sites and objects of accumulated environmental damage. Hartiya Zemli — prakticheskii instrument resheniya fundamental'nykh problem ustoichivogo razvitiya: sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 15-letiyu realizatsii printsipov Hartii Zemli v Respublike Tatarstan [The Earth Charter is a practical tool for solving fundamental problems of sustainable development. Collection of materials from the international scientific and practical conference dedicated to the 15th anniversary of the implementation of the principles of the Earth Charter in the Republic of Tatarstan]. [S. l.], 2016, pp. 267—273. (In Russian).
11. Петухов В. В., Кулибаба В. В. Инвентаризация региональных объектов прошлого экологического ущерба // Регион. экология. — 2016. — № 4 (46). — С. 71—79.
- Petukhov V. V., Kulibaba V. V. Inventory of regional brownfield sites. Regional'naya ekologiya [Regional ecology], 2016, no. 4 (46), pp. 71—79. (In Russian).
12. Питулько В. М., Кулибаба В. В., Дрегуло А. М., Петухов В. В. Загрязнение тяжелыми металлами агроценозов от объектов прошлого экологического ущерба // Безопасность в техносфере. — 2016. — Т. 5, № 2. — С. 18—24. — DOI: 10.12737/20792.
- Pitulko V. M., Kulibaba V. V., Dregulo A. M., Petukhov V. V. Agricultural cenosis pollution by heavy metals from past ecological damage objects. Bezopasnost' v tekhnosfere [Safety in the technosphere], 2016, vol. 5, no. 2, pp. 18—24. DOI: 10.12737/20792. (In Russian).
13. Гафаров Н. Р. Выявление и критерии оценки объектов накопленного вреда окружающей среде // Актуальные проблемы рос. права. — 2022. — Т. 17, № 1 (134). — С. 189—197. — DOI: 10.17803/1994-1471.2022.134.1.189-197.
- Gafarov N. R. Identification and Assessment Criteria for Objects of Accumulated Environmental Damage. Aktual'nye problemy rossiiskogo prava, 2022, vol. 17 (1), pp. 189—197. DOI: 10.17803/1994-1471.2022.134.1.189-197. (In Russian).
14. Гафаров Н. Р. Правовой регламент разработки проектной документации на выполнение работ по ликвидации накопленного вреда окру-

- жающей среде // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 11 «Право». — 2021. — № 5. — С. 126—138.
- Gafarov N. R. Legal regulations for the development of project documentation for the performance of work to eliminate the accumulated harm to the environment. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 11 "Pravo" [Moscow university bulletin. Series 11. Law], 2021, no. 5, pp. 126—138. (In Russian).
15. Гребенец В. И., Толманов В. А., Хайрединова А. Г., Юров Ф. Д. Проблема размещения отходов в арктических регионах России // Проблемы регион. экологии. — 2019. — № 3. — С. 63—67. — DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13063.
- Grebenets V. I., Tolmanov V. A., Khairedinova A. G., Yurov F. D. Issues of waste disposal in Russian Arctic regions. Problemy regional'noi ekologii [Regional environmental issues], 2019, no. 3, pp. 63—67. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13063. (In Russian).
16. Колесников Р. А., Makeev В. М., Романова Е. Н. и др. Состояние окружающей среды и накопленный экологический ущерб острова Вилькицкого // Науч. вестн. Ямало-Ненец. автоном. округа. — 2017. — № 3 (96). — С. 11—20.
- Kolesnikov R. A., Makeev V. M., Romanova E. N., Rozhkovsky E. V., Vostrikov R. D. The current state of the natural territorial complexes and the evaluation of the accumulated damage to the environment of the Vilkitsky Island. Nauchnyi vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga [Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous Area], 2017, no. 3 (96), pp. 11—20. (In Russian).
17. Потравный И. М., Новиков А. В., Чавез Феррейра К. Й. Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба в прибрежной арктической зоне на основе методов ESG-финансирования // Экология и пром-сть России. — 2022. — Т. 26, № 10. — С. 60—65. — DOI: 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65.
- Potravnny I. M., Novikov A. V., Chávez Ferreyra K. Ye. Liquidation of Objects of Accumulated Environmental Damage in the Coastal Arctic Zone Based on Esg-financing Methods. Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia], 2022, vol. 26, iss. 10, pp. 60—65. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65. (In Russian).
18. Куликова О. А., Мазлова Е. А. Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде в условиях Арктики: подходы и ограничения рекультивации нефтезагрязненных земель // Арктика: экология и экономика. — 2019. — № 4 (36). — С. 26—37. — DOI: 10.25283/2223-4594-2019-4-26-37.
- Kulikova O. A., Mazlova E. A. Elimination of accumulated environmental damage in the Arctic: approaches and limitations for oil-contaminated sites remediation. Arctic: Ecology and Economy, 2019, no. 3 (35), pp. 26—37. DOI: 10.25283/2223-4594-2019-3-26-37. (In Russian).
19. Васильцов В. С., Яшалова Н. Н., Новиков А. В. Климатические и экологические риски развития прибрежных арктических территорий // Арктика: экология и экономика. — 2021. — Т. 11, № 3. — С. 341—352. — DOI: 10.25283/2223-4594-2021-3-341-352.
- Vasil'tsov V. S., Yashalova N. N., Novikov A. V. Climate and environmental risks in the development of Arctic coastal territories. Arctic: Ecology and Economy, 2021, vol. 11, no. 3, pp. 341—352. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-3-341-352. (In Russian).
20. Пьянков С. В., Калинин Н. А., Свиязов Е. М. и др. Мониторинг состояния сельскохозяйственных культур в Пермском крае по данным дистанционного зондирования Земли // Вестн. Перм. ун-та. «Биология». — 2009. — Вып. 10 (36). — С. 147—153.
- Pyan'kov S. V., Kalinin N. A., Sviyazov E. M., Smirnova A. A., Nekrasov I. B. Monitoring the condition of agricultural crops in the Perm Region according to remote sensing data. Vestnik Permskogo universiteta. "Biologiya" [Bulletin of Perm University. Biology], 2009, iss. 10 (36), pp. 147—153. (In Russian).

Информация об авторах

Пичугин Евгений Александрович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник — и. о. начальника отдела проблем охраны окружающей среды, ФГБУ «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем» (УралНИИ «Экология») (614039, Россия, Пермь, Комсомольский просп., д. 61а), e-mail: pich@ecologyperm.ru.

Шенфельд Борис Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, научный руководитель, ФГБУ «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем» (УралНИИ «Экология») (614039, Россия, Пермь, Комсомольский просп., д. 61а), e-mail: shenfeld@ecologyperm.ru.

Сомова Татьяна Николаевна, начальник отдела экологического менеджмента, ФГБУ «Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем» (УралНИИ «Экология») (614039, Россия, Пермь, Комсомольский просп., д. 61а), e-mail: somova@ecologyperm.ru.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ACCUMULATED HARM OBJECTS IN THE ARCTIC ON THE NATURAL ENVIRONMENT COMPONENTS

Pichugin, E. A., Shenfeld, B. E. , Somova, T. N.

Federal State Budgetary Institution “Ural State Research Institute of Regional Environmental Problems” (FSBI Ural Research Institute “Ecology”), Perm, Russian Federation

The article was received on December 5, 2023

For citing

Pichugin E. A., Shenfeld B. E., Somova T. N. Assessment of the impact of accumulated harm objects in the Arctic on the natural environment components. Arctic: ecology and economics, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 249—260. DOI: 10.25283/2223-4594-2024-2-249-260. (In Russian).

The article was received on December 5, 2023

Abstract

The article presents the assessment results of the impact on soils, surface and groundwater, atmospheric air and vegetation cover from decommissioned authorized dumps/landfills of municipal solid waste, which are objects of accumulated environmental harm, located in the Arctic zone of the Russian Federation. The authors outline that authorized dumps/landfills of municipal solid waste located in the Arctic have a significant impact on the components of the natural environment. Soils, surface and groundwater near dumps/landfills are contaminated with substances of hazard classes I—IV. The content of pollutants in the components of the natural environment in some cases exceeds established standards by tens and hundreds of times. The results presented in the article can be used to improve the legislation of the Russian Federation regarding the assessment and categorization of objects of accumulated environmental harm.

Keywords: *objects of accumulated environmental harm, dumps, landfills, solid municipal waste, Arctic, impact, the natural environment components.*

Information about the authors

Pichugin, Evgeniy Aleksandrovich, PhD of Engineering, Leading Researcher-Acting Head of the Department of Environmental Protection Problems, Federal State Budgetary Institution “Ural State Research Institute of Regional Environmental Problems” (FSBI Ural Research Institute “Ecology”) (61a, Komsomolsky prosp., Perm, Russia, 614039), e-mail: pich@ecologyperm.ru.

Shenfeld, Boris Evgenievich, Doctor of Engineering, Dr. Habil, Professor, Scientific Director, Federal State Budgetary Institution “Ural State Research Institute of Regional Environmental Problems” (FSBI Ural Research Institute “Ecology”) (61a, Komsomolsky prosp., Perm, Russia, 614039), e-mail: shenfeld@ecologyperm.ru.

Somova, Tatyana Nikolaevna, Head of the Environmental Management Department, Federal State Budgetary Institution “Ural State Research Institute of Regional Environmental Problems” (FSBI Ural Research Institute “Ecology”) (61a, Komsomolsky prosp., Perm, Russia, 614039), e-mail: somova@ecologyperm.ru.

© Pichugin E. A., Shenfeld B. E., Somova T. N., 2024