

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Комбарова М.Ю.¹, Радиков А.С.¹, Аликбаева Л.А.², Якубова И.Ш.², Кудрявцев М.А.², Ринчиндоржиев Б.Б.¹, Гуляев Д.В.¹

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ НА ПОЛИГОНЕ «КРАСНЫЙ БОР» НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства, 188663, Ленинградская область;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург

Введение. России ежегодно образуется около 400 тыс. тонн отходов I класса опасности (чрезвычайно опасные) и II класса опасности (высокоопасные).

Материал и методы. В Программу включены исследования по определению загрязнений вредными химическими соединениями – компонентами отходов, складываемых на Полигоне «Красный Бор» в радиусе 1–4 км в период с 2009 по 2013 г. Исследованы пробы воды, донных отложений, почвы, атмосферного воздуха. Используются методы газовой и жидкостной хроматографии с высокочувствительными детекторами, а также инфракрасной спектроскопии.

Результаты. Во всех точках отбора по исследуемым приоритетным веществам, характерным для состава отходов, складываемых на Полигоне, превышений ПДК атмосферного воздуха не обнаружено. Исследования воды, донных отложений из каналов Полигона, почвы на границе 1-километровой зоны выявили загрязнение химическими веществами выше гигиенических нормативов по ряду химических показателей. Установлено интенсивное загрязнение сточных вод и донных отложений Полигона целым рядом соединений из отходов, в том числе хлорорганическими соединениями, нефтепродуктами, тяжёлыми металлами, неравномерное загрязнение почвы в 1-километровой зоне от Полигона в северном и западном направлениях – в направлении перспективной жилой застройки – свинцом, медью, цинком, нефтепродуктами, полихлорированными бифенилами, бенз(а)пиреном, суммой ксилолов.

Заключение. Полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятном влиянии Полигона на окружающую среду. Территория Полигона приведена в стабильное безаварийное состояние для дальнейшей выработки комплекса мер в плановом режиме.

Ключевые слова: переработка и захоронение промышленных токсичных отходов; Полигон «Красный Бор»; карты Полигона; загрязнение атмосферного воздуха; загрязнение почвы; загрязнение источников водоснабжения; загрязнение донных отложений; загрязнение питьевой воды; химические загрязнители; тяжёлые металлы.

Для цитирования: Комбарова М.Ю., Радиков А.С., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Кудрявцев М.А., Ринчиндоржиев Б.Б., Гуляев Д.В. Оценка влияния утилизации опасных отходов на Полигоне «Красный Бор» на окружающую среду. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(11): 1216-1221. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1216-1221>

Для корреспонденции: Аликбаева Лилия Абдулнямовна, доктор мед. наук, профессор, зав. кафедрой общей и военной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург. E-mail: alikhbaeva@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Радиков А.С., Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш., Комбарова М.Ю.; сбор и обработка материала – Комбарова М.Ю., Ринчиндоржиев Б.Б., Гуляев Д.В.; статистическая обработка – Якубова И.Ш., Кудрявцев М.А.; написание текста – Якубова И.Ш., Аликбаева Л.А., Комбарова М.Ю.; редактирование – Аликбаева Л.А., Якубова И.Ш.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 18.07.2019

Принята к печати 17.09.19

Опубликована: ноябрь 2019

Комбарова М.Ю.,¹ Radilov A.S.¹, Alikbayeva L.A.², Yakubova I.Sh.², Kudryavtsev M.A.², Rinchindorzhiev B.B.¹, Gulyayev D.V.¹

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL IMPACT OF TOXIC WASTE DISPOSAL AT THE KRASNY BOR LANDFILL

¹Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology, and Human Ecology, Medical Biological Agency, Leningrad Region, 188663, Russian Federation;

²Mechnikov North-Western State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, 195067, Russian Federation

Introduction. Russia annually produces about 400 thousand tons of Hazard Class I (extremely hazardous) and Hazard Class II (highly hazardous) wastes.

Material and methods. The Program includes the study of the hazardous chemical pollution produced by the waste disposed at the Krasny Bor Landfill within a radius of 1–4 km over the period from 2009 to 2013. Samples of water, sediments, soil, and atmospheric air were analyzed by gas and liquid chromatography with highly sensitive detectors, as well as IR spectroscopy.

Results. At all sampling sites, the air concentrations of priority pollutants characteristic of the waste disposed at the Landfill did not exceed the MAC level. Analysis of water and sediments from channels at the Landfill showed that the concentrations of a number of chemical pollutants at the border of the 1-km zone exceed the corresponding regulatory standards. Heavy pollution of wastewater and bottom sediments at the Landfill with some waste components, including organochlorine compounds, oil products, and heavy metals, as well as uneven pollution of soil in the 1-km zone from the Landfill in the northern and western directions, i.e. toward the potential residential development, with lead, copper, zinc, petroleum products, polychlorinated biphenyls, benzo[a]pyrene, and xylene isomers was revealed.

Conclusion. *The resulting data provides evidence for the adverse environmental impact of the Krasny Bor Landfill. The territory of the Landfill has been stabilized to allow further trouble-free development of a complex of measures on a scheduled basis.*

Key words: *recycling and disposal of industrial toxic waste; Krasny Bor Landfill; Landfill maps; air pollution; soil pollution; water supply sources pollution; bottom sediments pollution; drinking water pollution; chemical pollutants; heavy metals.*

For citation: Kombarova M.Yu., Radilov A.S., Alikbayeva L.A., Yakubova I.Sh., Kudryavtsev M.A., Rinchindorzhiyev B.B., Gulyayev D.V. Assessment of the environmental impact of toxic waste disposal at the Krasny Bor Landfill. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(11): 1216-1221. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1216-1221>

For correspondence: *Lilya A. Alikbayeva*, MD, Ph.D., DSci, professor, head of the Department of the general and military hygiene. I.I. Mechnikov North-Western State Medical University, Saint-Petersburg, 191015, Russian Federation, E-mail: alikhbaeva@mail.ru

Information about authors: Kombarova M.Y., <https://orcid.org/0000-0003-0435-3228>; Radilov A. S., <https://orcid.org/0000-0002-6223-8589>; Alikbaeva L.A., <https://orcid.org/0000-0003-0937-2540>; Yakubova I.Sh., <https://orcid.org/0000-0001-8319-4303>; Kudryavtsev M.A., <https://orcid.org/0000-0003-0415-4173>; Rinchindorzhiyev B. B., <https://orcid.org/0000-0002-8019-8744>; Gulyayev D. V., <https://orcid.org/0000-0002-6898-4232>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: research concept and design – Radilov A.S., Alikbayeva L.A., Yakubova I.Sh., Kombarova M.Y.; collection and processing of material – Kombarova M.Y., Rinchindorzhiyev B.B., Gulyayev D.V.; statistical processing – Yakubova I.Sh., Kudryavtsev M.A.; text writing – Yakubova I.Sh., Alikbayeva L.A., Kombarova M.Y.; editing – Alikbayeva L.A., Yakubova I.Sh.; approval of the final article, responsibility for the integrity of all parts of the article – all of authors.

Received: July 18, 2019

Accepted: September 17, 2019

Published: November 2019

Введение

По официальным данным, в России ежегодно образуется около 400 тыс. тонн отходов I класса опасности (чрезвычайно опасные) и II класса опасности (высокоопасные). В настоящее время на территории России отсутствуют объекты по обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению высокоопасных отходов, отвечающие принципам наилучших доступных технологий и позволяющие обеспечить безопасное и эффективное обращение с ними [1, 2].

В мае 2019 г. Комиссия по законопроектной деятельности Государственной Думы одобрила законопроект о создании единой системы управления высокоопасными отходами.

Законопроектом предлагается создать единую государственную систему обращения с такими отходами, центральное место в которой должен занять федеральный оператор по обращению с отходами I и II классов опасности, и единую государственную информационную систему учёта и контроля за обращением с ними [3–5, 8–10].

Создание федеральной схемы обращения с отходами и единой государственной информационной системы учёта и контроля за обращением с отходами предусмотрены федеральным проектом «Создание инфраструктуры, обеспечивающей безопасное обращение с отходами I–II классов опасности» национального проекта «Экология» [5, 6].

В настоящее время в Российской Федерации насчитывается более 10 тыс. потенциально опасных химических объектов, относящихся к разным отраслям промышленности и сельского хозяйства (70% из них расположены в 146 городах с населением более 100 тыс. чел.). Одним из таких объектов до 2014 г. было

Санкт-Петербургское государственное унитарное природоохранное предприятие «Полигон «Красный Бор» (далее Полигон) [6, 7].

Цель исследования – представить гигиеническую оценку влияния утилизации опасных отходов на Полигоне «Красный Бор» на окружающую среду.

Материал и методы

В Программу включены исследования по определению загрязнений вредными химическими соединениями – компонентами отходов, складированных на Полигоне в радиусе 1–4 км в период с 2009 по 2013 г.:

- воды, донных отложений из каналов Полигона – сборников ливневых и сточных вод с территории и р. Большая Ижорка – водоёма, принимающего стоки;
- содержание химических веществ в почве на расстоянии 1 км от границы Полигона;
- содержание тяжёлых металлов в почве населённых мест, расположенных в 1–1,6 км от границ Полигона;
- качество воды из источников водоснабжения в населённых пунктах, расположенных в радиусе 1–2 км от границ Полигона (грунтовые и шахтные колодцы) по общесанитарным показателям и содержанию тяжёлых металлов;
- состояние атмосферного воздуха в радиусе 1–4 км от Полигона в 5 точках 15-кратно с учётом ветрового режима.

Исследования объектов окружающей среды проводились в соответствии с нормативными и методическими документами (табл. 1) на базе аккредитованного испытательного лабораторного центра ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России.

Таблица 1

Нормативно-методический документ, в соответствии с которым проводилось исследование

Объект окружающей среды	Нормативные и методические документы
Атмосферный воздух	РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы», Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест ГН 2.1.6.13 1338-03, ГН 2.1.6.2309-07 Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест, Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест. Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1983-05
Вода (сточная вода, вода из водоисточников, вода из колодцев)	Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315-03; Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.4.1175-02
Почва	Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06

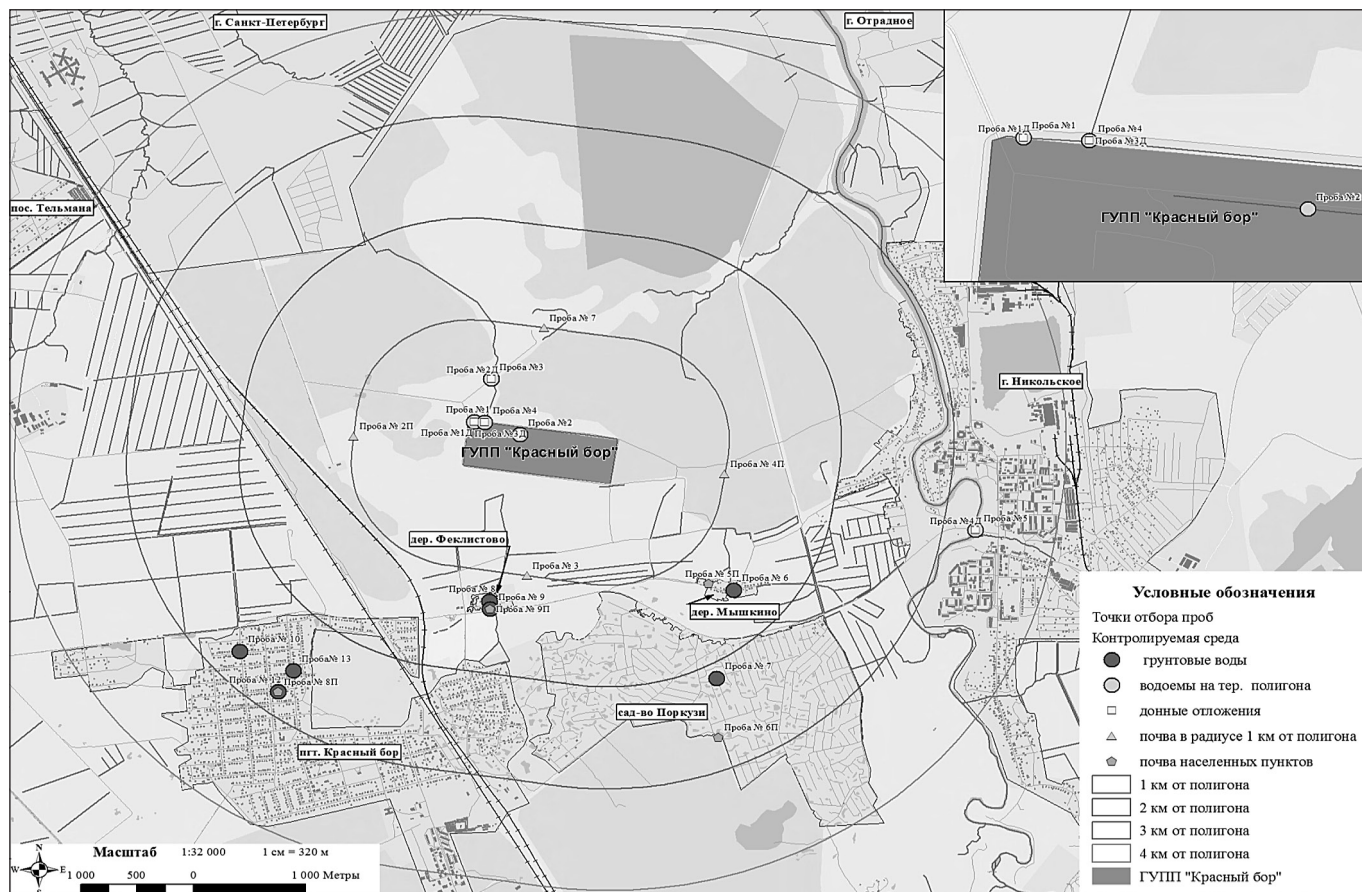


Схема расположения Полигона «Красный Бор» и точек отбора проб.

В исследовании использовались методы газовой и жидкостной хроматографии с применением высокочувствительных детекторов для определения более 130 органических химических соединений в пробах сточных вод, воды из поверхностного водоёма (р. Большая Ижорка). В пробах почвы и донных отложений методом инфракрасной спектроскопии определяли 35 соединений.

Методом масс-спектрального анализа с индуктивно связанной плазмой проведено определение элементного состава, в том числе содержание тяжёлых металлов в пробах сточных, поверхностных и грунтовых вод, а также донных отложений и почвы.

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программы Microsoft Excel 2010, при обобщении количественных величин, полученных в ходе исследования, использовали методы описательной статистики (Min , Max , M , σ). В связи с тем, что распределение концентраций загрязняющих веществ статистически значимо отличалось от нормального, поэтому для описания выборок результатов лабораторных исследований рассчитали медианы и квартили [Me (Q_{25} – Q_{75})], для оценки достоверности различий применялся двухвыборочный критерий Стьюдента, различия считали значимыми при 95%-ном пороге вероятности ($p < 0,05$).

Результаты

Санкт-Петербургский Полигон «Красный Бор» основан в 1974 г. как природоохранное предприятие, предназначенное для «обращения» отходов от различных производств города Ленинграда (Санкт-Петербурга) и Ленинградской области. На сегодняшний день на Полигоне захоронено два миллиона тонн опасных отходов, которые поступали со всего Советского Союза.

Полигон расположен всего в 30 километрах от центра Санкт-Петербурга, до города Колпино – 6 километров. За пределами 1-километровой зоны от Полигона расположены сельские по-

селения (дер. Феклистова, дер. Мышкино), 2-километровой зоны – садоводство Поркузи и посёлок Красный Бор, на расстоянии 4 км – город Никольское (см. рисунок).

На Полигоне осуществлялись приём, обезвреживание, переработка и захоронение отходов I–IV классов опасности, которые подразделялись на 4 промышленные технологические группы: жидкие отходы органического состава, жидкие отходы неорганического состава, твёрдые отходы и особо опасные отходы.

Среди отходов органического состава, поступающих на Полигон, преобладали отходы от лакокрасочных производств, производств смол и полимерных материалов, отходы нефтепродуктов, технических масел, растворители, а также отходы от других производств, содержащие химические соединения I–IV классов опасности.

Жидкие отходы неорганического состава поступали от гальванических производств, содержали соли и гидроокиси тяжёлых металлов, имели кислую, щелочную или нейтральную реакцию среды (рН). Кроме того, среди отходов неорганического состава принимали и отходы бумажной и полиграфической продукции, загрязнённые углекислым и сернокислым кальцием, а также отходы, содержащие цианистые соединения, обезвреженные железным купоросом или хлором, кислоты и щёлочи, пришедшие в негодность. Среди отходов минерального состава существенное место занимали твёрдые и полутвёрдые отходы: известь со щёлочью, карбид кальция, баритовые отходы неорганического состава, абразивная, цементная и корундовая пыль, шлак от закалочных ванн. Кроме того, на Полигоне складировались отходы, загрязнённые нефтепродуктами и органическими веществами, – грунт, песок, обтирочный материал и ветошь, опилки, деревянная и железная тара, бумага и упаковка, а также смолы, гетинакс, мастики, аминопласт, стеклопластик, шпаклёвка, изоляционные материалы в смеси с битумом, обрезки пластмасс, остатки оргстекла, остатки лакокрасочных материалов, пестициды II–IV классов опасности, твёрдые фоторезисторы.

Перечень веществ, поступавших в атмосферу от источников Полигона «Красный Бор»

Класс опасности вещества	Вещество*
I	Ванадия пятиокись, бенз(а)пирен, диоксины (в пересчёте на 2,3,7,8 – ТХДД)
II	Марганец и его соединения, соляная кислота, серная кислота, сероводород, фториды газообразные, фториды плохорастворимые, бензол, фенол, формальдегид
III	Ди-железо триоксид (железа оксид), азота диоксид (азот IV оксид), азота (II) оксид, углерод (сажа), сера диоксид, диметилбензол (ксилол), метилбензол (толуол), хлорбензол, бутан-1-ол(спирт-н-бутиловый), этенилацетат (винилацетат), этановая (уксусная) кислота, пыль неорганическая: 70–90% SiO ₂ , пыль органическая: до 20% SiO ₂
IV	Аммиак, углерода оксид, гексан, этилацетат, пропан-2-он (ацетон), бензин (нефтяной малосернистый), углеводороды предельные C ₁₂ –C ₁₉
Прочие	Керосин, зола углей (с содержанием SiO ₂ свыше 20% до 70%)

Пр и м е ч а н и е. *Выделены группы приоритетных вредных веществ выбросов Полигона, обладающие суммарным эффектом воздействия приоритетными вредными веществами выбросов, с учётом структуры выбросов Полигона, уровней максимальных расчётных концентраций отдельных веществ из выбросов Полигона.

Особо токсичные отходы от общего количества отходов составляли 0,1%, содержали сильнодействующие ядовитые вещества, пестициды I класса опасности, мышьяковый и мышьяковистый ангидриды, соли мышьяка, сулему, соли синильной кислоты, соли нитрилакриловой кислоты и другие СДЯВ и поступали на Полигон в специальных контейнерах из стали СТ-3 толщиной 10 мм, внутри забетонированных, снаружи залитых битумом.

Отходы направлялись в карты – котлованы, отрытые в толще водоупорных кембрийских глин. Котлованы имели размеры по верху: ширина – от 30 до 120 м, длина – от 40 до 200 м. Горизонты кембрийской глины мощностью около 70 м, по мнению специалистов, позволяли обеспечить надёжную защиту от поступления вредных веществ в грунтовые воды и водоносные горизонты.

Захоронение особо токсичных отходов проводилось в отдельные специальные карты. Согласно имеющимся данным, на территории Полигона в 1986–1995 гг. функционировало 10–12 карт, в 1995–1999 гг. – 7–12 карт, с 2001 г. – 6 карт общей площадью 50 180 м². С 2010 г. и до закрытия (2013 г.) на Полигоне было задействовано 6 карт общей площадью 48 870 м².

В 2014 г. Полигон перестал принимать опасные отходы, так как 70 карт – ям-котлованов глубиной свыше 20 метров каждая – были полностью заполнены. Таким образом, на Полигоне проходило накопление поступающих на захоронение твёрдых отходов, загрязнённых вредными веществами, а также веществ, образующихся в процессе складирования (за счёт реакции между отдельными компонентами отходов).

Жидкая часть органических и неорганических отходов поступала на установку термообезвреживания органических веществ (УТО), где при температуре 1000–1100 °С осуществлялось термообезвреживание органических веществ, а также упаривание неорганических составляющих отходов. Последние в виде шлама и золы направлялись для захоронения в карты Полигона.

По данным «Проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу для СПб ГУПП Полигона «Красный Бор», составленном в 2009 г., установка термического обезвреживания (УТО) представляла собой зарытый в землю горизонтальный кессон из железобетонных плит. В него была опущена металлическая труба, часть которой футерована огнеупорным кирпичом, – так называемая «камера сгорания». Температура в камере сгорания могла достигать 1300 °С за счёт сгорания горючих отходов или мазута. В кессоне – в пространстве между железобетонными плитами и трубой, куда закачивались жидкие водные отходы из карт органические и неорганические, содержащие до 4% растворённых органических и до 2% растворённых неорганических веществ, – осуществлялся разогрев жидких отходов до парообразного состояния. В последующем образовавшийся пар через инъекционное устройство направляли в высокотемпературную зону трубы, где при температуре 1100–1300 °С проходило разрушение органических соединений, содержащихся в

отходах (до 4% растворённых веществ), которые окислялись до азота диоксида, сернистого ангидрида, углекислого газа и воды.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу от УТО производился через 6 труб диаметром 0,8–1,3 м и высотой 6–9 м. Газоочистное оборудование на УТО не было предусмотрено. В 2010 г. на Полигоне насчитывалось 16 организованных и 24 неорганизованных источников загрязнения атмосферного воздуха, размещённых на основном и вспомогательном производстве Полигона.

От Полигона в атмосферу поступало 176,004 т/год (11,129 т/с) загрязняющих веществ, в том числе твёрдых 11 веществ – 7,8 т/год (0,45 т/с), жидких и газообразных 24 вещества – 168,198 т/год (10,67 т/с).

Источники, расположенные на Полигоне, загрязняли атмосферу вредными соединениями более чем 35 наименований, некоторые из них могли создавать 18 групп веществ, обладающих эффектом суммарного воздействия на органы дыхания при остром ингаляционном поступлении в референтных дозах (табл. 2).

Обсуждение

В результате ретроспективного анализа информации о загрязнении токсикантами атмосферного воздуха территории, прилегающей к Полигону «Красный Бор», за период 2009–2013 гг. установлено, что при отсутствии работы установки по термическому обезвреживанию отходов состояние атмосферного воздуха на расстоянии 1000 м от периметра Полигона соответствовало гигиеническим нормативам по загрязнённости азота диоксидом, серы диоксидом, серной кислотой, соляной кислотой, дигидросульфидом (сероводородом), гидроксидом бензола (фенолом), диметилбензолом (смесь изомеров о-, м-, п), бензолом, ксилолом, формальдегидом, бенз(а)пиреном.

По результатам натурных исследований в 2014 г. (после закрытия Полигона) во всех точках отбора (граница расчётной санитарно-защитной зоны) по исследуемым приоритетным веществам, характерным для состава отходов, складированных на Полигоне, превышений ПДК атмосферного воздуха не обнаружено. Исследования воды, донных отложений из каналов Полигона – сборников ливневых и сточных вод с территории и реки Большая Ижорка – водоёма, принимающего стоки, выявили загрязнение грунтовых вод в наблюдательных скважинах Полигона выше гигиенических нормативов по ряду химических показателей. Обращает на себя внимание факт постоянного загрязнения грунтовых вод в наблюдательных скважинах вокруг Полигона фенолом, концентрации которого в отдельные периоды составляли 25–38 ПДК.

Территория Полигона была окружена кольцевым каналом, который переходил в магистральный канал, сообщавшийся через ручей с рекой Большая Ижорка (приток р. Невы). Вся территория Полигона была перерезана сетью дренажных каналов и дорогами.

Таблица 3

Содержание вредных химических веществ в сточных водах Полигона «Красный Бор» (магистральный канал)

Вещество	Min	Max	Me (Q ₂₅ -Q ₇₅)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
NH ₄	1,5	6,15	1,8 (1,5-2,8)	2,65	1,83	0,83
Mn	0,16	1,93	0,55 (0,45-0,9)	0,8	0,78	0,18
Фенол	0,007	4	1,3 (0,65-2,65)	1,77	2,04	0,0007
Формальдегид	0,085	0,5	0,5 (0,29-0,5)	0,36	0,24	0,1
Бензол	0,17	1,2	0,4 (0,29-0,8)	0,59	0,54	0,025

Таблица 4

Химические вещества (мг/кг), идентифицированные в экстрактах из проб донных отложений, отобранных из дренажных каналов, находящихся на территории Полигона «Красный Бор» и из реки Большая Ижорка

Вещество	Min	Max	Me (Q ₂₅ -Q ₇₅)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Содержание бенз(а)пирена	0,011	0,58	0,077 (0,028-0,235)	0,186	0,267	0,26
Толуол	0,1	2,7	1,45 (1,075-1,8)	1,43	1,06	0,2
Алкил производные бензола	1,5	8	6,4 (4,875-7,1)	5,58	2,84	0,0047
Сумма ПХБ	2,7	29	13,75 (3,3-25,25)	14,8	13,67	0,007
Pb	17,55	36,91	25,61 (20,46-31,56)	26,42	8,66	1,24
As	3,97	12,21	5,38 (4,435-7,68)	5,38	3,77	0,37

Таблица 5

Содержание отдельных химических элементов (мг/л), фенола и нефтепродуктов в питьевых водах из колодцев, расположенных в населённых пунктах в 1-1,6 км от Полигона «Красный Бор»

Вещество	Min	Max	Me (Q ₂₅ -Q ₇₅)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Mn	0,013	1,12	0,11 (0,03-0,54)	0,33	0,41	0,9
Fe	0,023	1,53	0,28 (0,09-0,34)	0,37	0,48	1,07
Фенол	0,0008	0,0012	0,0012 (0,00115-0,0012)	0,0011	0,0001	0,83
Нефтепродукты	0,02	0,19	0,02 (0,02-0,065)	0,057	0,064	15

Таблица 6

Содержание химических веществ (мг/кг) в пробах почвы на границе расчётной санитарно-защитной зоны (1 км) Полигона «Красный Бор»

Вещество	Min	Max	Me (Q ₂₅ -Q ₇₅)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Mn	155,71	801,69	593,08 (415,14-713,84)	535,89	281,93	2,53
Pb	19,34	449,32	58,20 (36,88-167,59)	146,27	203,26	0,55
Sb	0,179	5,26	0,69 (0,27-2,13)	1,71	2,4	6,52
As	1,93	3,74	2,55 (2,23-3,01)	2,69	0,78	0,78
Cd	0,343	4,49	2,33 (0,45-4,25)	2,37	2,26	-
Нефтепродукты	50	850	125 (50-362,5)	287,5	381,6	-
Полихлорированные бифенилы (суммарно)	0,0044	0,55	0,24 (0,024-0,48)	0,26	0,28	0,416
Бенз(а)пирен	0,0019	0,09	0,01 (0,003-0,3)	0,028	0,04	2
Ксилолы	0,1	4,4	0,3 (0,1-1,475)	1,275	2,09	1

Условия эксплуатации карт Полигона не исключали поступления загрязняющих веществ (через обваловку, при переполнении карт) в кюветы, затем в обводный канал, а далее в реку Большая Ижорка, что являлось потенциальным источником опасности для окружающей среды. Вторым источником загрязнения поверхностных, грунтовых вод являлись закрытые, нерекультивированные карты Полигона.

В пробах сточных и ливневых вод, отобранных на Полигоне и в магистральном канале (за пределами Полигона) за период 2009-2013 гг., постоянно обнаруживали химические вещества, содержание которых многократно превышало предельно допустимую концентрацию (табл. 3).

Сравнительный анализ данных по Me (Q₂₅-Q₇₅) за 2013 г. показал существенное ($p \leq 0,05$) увеличение загрязнённости сточных и ливневых вод Полигона фенолом с 1,3 (0,65-2,65) по сравнению с 2011 г. 0,05 (0,025-0,11).

Донные отложения из каналов Полигона были загрязнены нефтепродуктами (57-2600 мг/кг), полихлорированными бифенилами (2,7-29 мг/кг), полиароматическими углеводородами (20-863 мг/кг), а также тяжёлыми металлами - свинцом, мышьяком, цинком (табл. 4).

Стоки, поступающие через магистральный канал в реку Большая Ижорка, содержали 64 химических органических загрязнителя, из которых содержание 4 (фенолов, изопропанола, бутанола и нефтепродуктов) превышало ПДК в воде в 1,3-21,2 раза, а содержание металлов - алюминия, марганца, железа, никеля, молибдена - в 3,4-48,8 раза превышали ПДК для водоёмов рыбохозяйственного значения.

Вода в реке Большая Ижорка ниже впадения магистрального канала была загрязнена 26 вредными летучими органическими соединениями, а также марганцем (17,8 ПДК_в) и железом (14,8 ПДК_в). Было также установлено превышение нормативов содержания азота аммонийного (2 ПДК) и фосфатов (1,2 ПДК), а также пониженное содержание растворённого кислорода (87,5% от нижнего предела нормы).

Пробы питьевой воды из грунтовых и шахтного колодцев посёлка Красный Бор по большинству санитарно-химических показателей соответствовали гигиеническим требованиям. Вместе с тем установлено превышение нормативов качества питьевых вод по содержанию марганца 0,11 (0,03-0,54) мг/л во всех колодцах из деревень Мишкино, Феклисто, посёлка Красный Бор, а также содержания железа (1,1 ПДК) и фенолов (1,1-1,3 ПДК) в посёлке Красный Бор (табл. 5).

Данные производственного контроля за 2011 и 2013 гг. свидетельствовали о загрязнении почвы на территории санитарно-защитной зоны предприятия (до 1000 м от периметра Полигона) в концентрациях выше ПДК тяжёлыми металлами и полихлорированными бифенилами (табл. 6, 7).

Следует обратить внимание на то, что пробы почвы, отобранные с западного и северного направлений, содержали спектр хлорорганических соединений, которые не были обнаружены в пробах, отобранных в южном и восточном направлениях, но были характерны для проб сточных вод, отобранных во внутреннем и кольцевом канале Полигона, что демонстрирует неравномерность распространения загрязнителей в почве и доказывает необходимость увеличения размеров санитарно-защитной зоны Полигона.

Таблица 7

Подвижные формы металлов (мг/л), извлекаемые ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,0 в пробах почвы на границе расчётной санитарно-защитной зоны (1 км) Полигона «Красный Бор»

Металл	Min	Max	Me (Q ₂₅ –Q ₇₅)	M	σ	ПДК/ОДК к медиане
Zn	6,33	251,58	60,36 (13,26–141,76)	94,66	113,71	0,38
Mn	12,27	65,48	26,13 (18,02–40,6)	32,5	23,49	5,36
Pb	1,51	32,38	8,21 (2,67–18,21)	12,58	14,21	0,73
Cr	0,102	1,42	0,19 (0,12–0,55)	0,48	0,63	31,57

Заключение

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о неблагоприятном влиянии Полигона на окружающую среду, что подтверждено интенсивным загрязнением сточных вод и донных отложений Полигона целым рядом соединений из отходов, в том числе хлорорганическими соединениями, нефтепродуктами, тяжёлыми металлами.

Установлено неравномерное загрязнение почвы в 1-километровой зоне от Полигона, в большей степени в северном и западном направлениях – в направлении перспективной жилой застройки – свинцом, медью, цинком, а также нефтепродуктами, полихлорированными бифенилами, бенз(а)пиреном, суммой ксололов.

Пробы питьевой воды в большинстве случаев отвечали гигиеническим требованиям качества по санитарно-химическим показателям. Установлено превышение нормативов качества питьевых вод по содержанию марганца в колодцах из деревень Мишкино, Феклисто, посёлка Красный Бор, а также содержания железа – посёлка Красный Бор, по перманганатной окисляемости (д. Феклисто – 1,5–1,8 раза от нормативов), что имеет природнообусловленный характер.

Превышений ПДК атмосферного воздуха во всех точках отбора по исследуемым приоритетным веществам обнаружено не было.

В 2016–2018 гг. на Полигоне был реализован комплекс неотложных мер по обеспечению безопасности объекта, ликвидации аварийной ситуации в паводковый период, стабилизации экологической обстановки. В том числе выполнены работы по очистке и поддержанию в работоспособном состоянии системы сбора поверхностного стока, обустроено противоточное покрытие открытых карт и обеспечена его эксплуатация, произведён ремонт ограждения, восстановлены системы видеонаблюдения и контроля управления доступом. Всё это позволило привести территорию Полигона в стабильное безаварийное состояние для дальнейшей выработки комплекса мер в плановом режиме. Закрытие Полигона – это только первый этап, затем должны быть консервация и рекультивация, которую планируется завершить к 2024 г. в рамках приоритетного проекта «Чистая страна» нацпроекта «Экология».

Литература (пп. 8–10 см. References)

1. Малышева А.Г., Рахманин Ю.А., Растянинков Ю.Г., Козлова Н.Ю. Химико-аналитические аспекты исследования комплексного действия факторов окружающей среды на здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 7: 5–10.
2. Рахманин Ю.А., Леванчук А.В., Копытенкова О.В. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (4): 298–301.
3. Бойко Е.А., Гончарук Н.Н., Дашицыренова А.Д., Костенко Н.А., Синицына О.О., Шевырева М.П. О формировании законодательства в области химической и биологической безопасности Российской Федерации. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (8): 717–21.
4. Комбарова М.Ю., Радилов А.С., Рембовский В.Р. Формирование базовой региональной подсистемы обеспечения химической безопасности Ленинградской области (г. Тихвин). *Химическая и биологическая безопасность*. 2012; 1: 75–9.
5. Рахманин Ю.А., Русаков Н.В., Самутин Н.М. Отходы как интегральный эколого-гигиенический критерий комплексного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. *Гигиена и санитария*. 2015; 94 (6): 5–10.
6. Зенкевич И.Г. Проблемы идентификации органических соединений в разведочных и подтверждающих экоаналитических исследованиях. *Журнал экологической химии*. 1993; 4: 287–93.
7. Манвелова Н.Е., Сергиенко Е.Г., Вольф И.В., Савельева Е.И. Химический состав и токсичность сточных вод производства химико-термомеханической массы. *Журнал прикладной химии*. 2003; 76 (5): 795–9.

References

1. Malysheva A.G., Rakhmanin Yu.A., Rastyannikov Yu.G., Kozlova N.Yu. Chemical and analytical aspects of the study of the complex effect of environmental factors on public health. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian Journal]*. 2015; 7: 5–10. (in Russian)
2. Rakhmanin Yu.A., Levanchuk A.V., Kopytenkova O.V. Improving the system of social and hygienic monitoring of territories of large cities. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian Journal]*. 2017; 96 (4): 298–301. (in Russian)
3. Boyko E.A., Goncharuk N.N., Dashitsyrenova A.D., Kostenko N.A., Sinitsyna O.O., Shevyreva M.P. On the formation of legislation in the field of chemical and biological safety of the Russian Federation. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian Journal]*. 2016; 95 (8): 717–21. (in Russian)
4. Kombarova M.Yu., Radilov A.S., Rembovsky V.R. Formation of a basic regional subsystem for ensuring chemical safety of the Leningrad Region (Tikhvin). *Khimicheskaya i biologicheskaya bezopasnost' [Chemical and Biological Safety]*. 2012; 1: 75–9. (in Russian)
5. Rakhmanin Yu.A., Rusakov N.V., Samutin N.M. Waste as an integral environmental-hygienic criterion for a complex environmental and public health impact. *Gigiyena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian Journal]*. 2015; 94 (6): 5–10.
6. Zenkevich I.G. Identification problems of organic compounds in exploratory and confirmatory ecoanalytical studies. *Zhurnal ekologicheskoy khimii [Journal of Environmental Chemistry]*. 1993; 4: 287–93. (in Russian)
7. Manvelova N.E., Sergienko E.G., Wolf I.V., Savelyeva E.I. Chemical composition and toxicity of wastewater production of chemical-thermo-mechanical mass. *Zhurnal prikladnoy khimii [Journal of Applied Chemistry]*. 2003; 76 (5): 795–9. (in Russian)
8. Global Chemicals Outlook: Towards sound Management of Chemicals. Synthesis Report for Decision-Makers. United Nations Environment Programme; 2012. Available at: http://saicm.org/index.php?option=com_content&view=article&id=89:iccm-3-meeting-documents&catid=90:iccm-3&Itemid=600 (Accessed 22 December 2014).
9. Edwards D., Pahlen G., Bertram C., Nathanail C.P. *Best Practice Guidance for Sustainable Brownfield Regeneration*. Nottingham: Land Quality Press on behalf of the RESCUE consortium; 2005.
10. OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response Guidance for Industry (including Management and Labour), Public Authorities, Communities, and other Stakeholders. OECD Environment, Health and Safety Publications. Series on Chemical Accidents No. 10. Paris: OECD Publications Service; 2003. 190 p. [Electronic resource]. URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/10/37/2789820.pdf> (date of access: 08.09.2014).