ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК [504.4.054:628.473](470.26)

doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-96-112

Разработка программы мониторинга водных объектов вблизи рекультивированного полигона ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской области

А.В. Минашкина¹, С.В. Кондратенко¹, Е.А. Воробьёва²

- ¹ ФГБОУ ВО Калининградский государственный технический университет, Калининград, quizas93@mail.ru
- ² ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Санкт-Петербург, ekaterina.vorobyeva@gmail.com

В статье предложен мониторинг водных объектов, находящихся вблизи рекультивированных полигонов. Обоснован выбор водных объектов для исследования, включая гидрохимические показатели и гидробиологические исследования по количественным и качественным показателям. Предложенный вариант мониторинга предполагает ежемесячный отбор проб с последующим анализом. Представлены возможности исследования загрязнения водных объектов фильтрационными водами полигонов по гидробиологическим индексам. Полученные данные в ходе мониторинга позволят усовершенствовать систему экологического мониторинга рекультивированных полигонов.

Ключевые слова: мониторинг, полигон, показатели, гидрохимические и гидробиологические исследования.

Development of a program for monitoring water bodies near recultivated landfill in the village named after A. Kosmodemyansky in the Kaliningrad region

A.V. Minashkina¹, S.V. Kondratenko¹, E.A. Vorobyova²

- ¹ Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia, quizas93@mail.ru
- ² Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg, Russia, ekaterina. vorobyeva@gmail.com

Monitoring of reclaimed landfills is relevant today. Environmental protection in waste management is an important component of modern environmental management. The article proposes monitoring of water bodies located in the immediate vicinity of reclaimed landfills, providing the data on monitoring studies prior to landfill reclamation and during reclamation works. Data on the qualitative and quantitative composition of landfill seepage waters are presented, a graph of the maximum permissible concentration for some substances in seepage waters of the test site being shown. The largest excess is noted for such substances as ammonium ion, General iron and petroleum products. The choice of water bodies for research, including hydrochemical indicators and hydrobiological studies on quantitative and qualitative indicators, is justified. The proposed monitoring option involves monthly sampling with subsequent analysis. The article presents the possibilities of studying water body pollution by landfill seepage waters using hydrobiological indicators. The data obtained during monitoring will be used to improve the system of environmental monitoring of reclaimed landfills. The article addresses the problem of monitoring the landfill in the village named after A.

Kosmodemyansky in the Kaliningrad region since in 1992 it was included in the Russian «hot spots» of the HELCOM Program. And today, even after its closure, the landfill remains in the list of «hot spots». The data obtained during monitoring should help to remedy the situation and exclude the reclaimed landfill from the "hot spots" of the HELCOM program. The complexity of such monitoring is a unique activity in terms of protecting the environment from the negative impact of landfills.

Keywords: monitoring, landfill, indicators, hydrochemical and hydrobiological research.

For citation: *A.V. Minashkina, S.V. Kondratenko, E.A. Vorobyova.* Development of a program for monitoring water bodies near recultivated landfill in the village named after A. Kosmodemyansky in the Kaliningrad region. *Gidrometeorologiya i Ekologiya.* Journal of Hydrometeorology and Ecology (Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University). 2021. 62: 96—112. [In Russian]. doi: 10.33933/2074-2762-2021-62-96-112

Введение

Рекультивацию полигона бытовых отходов в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской обл. можно считать одним из наиболее значимых вкладов области в реализацию «мусорной реформы», которая полномасштабно началась по всей стране с 1 января 2019 г.

По неофициальным данным свалка появилась во время Второй Мировой войны — в торфяной карьер из города вывозили мусор, возникший после бомбежек. Официально полигон в пос. им. А. Космодемьянского стал принимать твердые коммунальные отходы в основном из Калининграда в 1978 г. Сам полигон находился в границах г. Калининград, что противоречило требованиям российского природоохранного и санитарно-эпидемиологического законодательства. Территория объекта подвергалась возгоранию и представляла собой источник загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов и почвы. В 1992 г. полигон был включен в число российских «горячих точек» Программы XEЛКОМ JCP (The Baltic Sea Joint Comprehensive Environmental Action Programme) [1] под номером 70 с названием «Полигон опасных отходов». С этого времени информация о его негативном воздействии на окружающую среду стала официально и регулярно поступать в Хельсинкскую Комиссию по защите морской среды региона Балтийского моря. До официального закрытия полигона в 2016 г. на его площадке регулярно проводились международные проекты по исследованию негативного влияния свалки на окружающую среду (в первую очередь из-за образующегося фильтрата). В рамках одного из таких проектов в 2011 г. фильтрат полигона был исследован на 87 химических показателей. Анализ проб проводила одна из специализированных московских лабораторий. Все эти исследования показывали превышение ПДК по ряду загрязняющих веществ в фильтрате и в целом подтверждали его негативное воздействие. Год от года экологическое состояние объекта все больше привлекало внимание общественности Калининградской обл. и организаций региона Балтийского моря. Такой пристальный интерес к полигону понятен — самая крупная в Калининградской обл. свалка функционировала вопреки всем законодательным требованиям по обеспечению экологической безопасности.

Осенью 2016 г. глава региона поручил закрыть полигон и начать подготовку к его рекультивации. Эта работа проводилась в рамках национального проекта

«Чистая страна». К началу рекультивации площадь земельного участка под свалочными массами занимала 13,8 га, объем накопленных отходов составлял около 36 млн м³. Поскольку такой объем свалочных масс переместить на новую, заранее подготовленную площадку с экономической и других точек зрения было невозможно, решили создать на существующем участке возможную систему защиты окружающей среды (прежде всего водной) от воздействия полигона. Геологические изыскания позволили установить, что под свалочными массами находится уплотненный торф, что предотвращает проникновение фильтрата в грунтовые воды. После того как полигону придали правильную форму в виде пирамиды с тремя террасами (общая высота составила 41 м), он был покрыт несколькими слоями инертных материалов, бентонитом и почвенной смесью (рис. 1), и поступление влаги внутрь тела полигона прекратилось. Параллельно с перемещением свалочных масс у подошвы полигона по его периметру была прорыта траншея



Рис. 1. Рекультивированный полигон ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской обл.

Fig. 1. Recultivated landfill in the village named after A. Kosmodemyansky, Kaliningrad region.

глубиной 5—8 м, шириной 5 м, засыпанная глиной. Таким образом, был сформирован барьер для миграции жидкостей через основание полигона как внутрь его, так и наружу.

Однако во время проведения рекультивационных работ в Калининградской обл. выпало много осадков, что привело к насыщению влагой свалочных масс [2]. И эта влага вместе с жидкостью, образующейся во время различных окислительно-восстановительных реакций в отходах, в виде фильтрата поступала в основание полигона. По всему периметру полигона была проложена гофрированная труба, которая улавливала фильтрат и направляла его в накопительную емкость объемом 50 м³. Данный объем оказался недостаточным, поскольку на некоторых других свалках фиксировалось образование фильтрата до 340 м³ в сутки [3]. Чтобы не допустить поступления фильтрата в окружающую среду, был создан трубопровод от приемной камеры до городского коллектора сточных вод. В мае 2020 г. на полигоне была запущена трубопроводная система по перекачке фильтрата из накопительной емкости в приемную камеру городских очистных сооружений. Следующим этапом должна стать реабилитация как земельного участка, на котором находится полигон, так и прилегающих к нему территорий.

Администрация Калининграда и региональное правительство уже задумываются над тем, каким образом можно было бы в дальнейшем использовать земельные участки в районе полигона. Поэтому, в первую очередь, необходимо оценить, как далеко распространилось негативное воздействие на прилегающие к полигону территории, определить масштабы необходимой реабилитации и ее стоимость [4, 5]. Только после этого можно будет разработать предложения о дальнейшем направлении хозяйственного использования данной территории. Для подготовки перечня реабилитационных работ и разработки планов дальнейшего использования территории потребуется достоверная информация о состоянии элементов окружающей среды в зоне влияния полигона.

Основным видом негативного воздействия на окружающую среду от полигона в предыдущие годы было поступление свалочного фильтрата. Самые ранние протоколы по его химическому составу относятся к 2008 г. В том году и в последующие годы перечень изучаемых параметров варьировал от 7 до 17, а результаты по одному и тому же параметру отличались в 20 и более раз. Установить какую-либо закономерность в таких изменениях и дать им соответствующее объяснение на основании имеющегося объема информации пока не представляется возможным. Соответственно, делать выводы о степени экологической опасности рекультивированного полигона и прилегающих территорий на основании получаемых таким образом мониторинговых данных можно с большими оговорками.

В связи с этим была поставлена следующая цель — разработать такую программу исследований химического состава фильтрата полигона и экологического состояния ближайших к свалке водных объектов, которая позволила бы получить достоверную информацию о его составе и возможном влиянии на водные экосистемы.

При этом решались следующие задачи:

— сбор архивных данных по мониторингу полигонного фильтрата;

- анализ законодательных требований к экологическому мониторингу полигонов ТКО:
- оценка потребности в мониторинговых данных со стороны основных заинтересованных сторон и возможности различных аналитических лабораторий в Калининградской области;
- разработка комплексной программы исследований полигона и водных экосистем вблизи полигона

Требования российского законодательства к организации экологического мониторинга на полигонах ТКО и литературный обзор результатов такого мониторинга

В соответствии с п. 3 ст. 12 Федерального закона «Об отходах производства и потребления» на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду собственники объектов размещения отходов, а также лица, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, обязаны проводить мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды в порядке, установленном федеральными органами исполнительной власти в области обращения с отходами в соответствии со своей компетенцией.

С 2001 г. документом, определяющим программу мониторинга окружающей среды полигонов ТКО, были Санитарные правила «СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов». В них рекомендовалось в отобранных пробах грунтовых и поверхностных вод определять содержание аммиака, нитритов, нитратов, гидрокарбонатов, кальция, хлоридов, железа, сульфатов, лития, ХПК, БПК, органического углерода, рН, магния, кадмия, хрома, цианидов, свинца, ртути, мышьяка, меди, бария, сухого остатка (23 химических показателя), а также исследовать пробы на гельминтологические и бактериологические показатели. Свалочный фильтрат в этих Санитарных правилах не упоминался.

При подготовке программы инженерно-экологических изысканий на полигоне руководствуются положениями Свода правил «СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства», в котором отсутствуют конкретные указания по списку исследуемых параметров и частоте отбора проб из поверхностных водных объектов. А в другом Своде правил «СП 47.13330. СНИП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения» в п. 4.18 говорится: «Состав и объемы работ, методы их выполнения с учетом сложности природных условий, степени их изученности, вида градостроительной деятельности, этапа выполнения инженерных изысканий, вида и назначения сооружения определяются и обосновываются в программе выполнения инженерных изысканий. Программа выполнения инженерных изысканий разрабатывается Исполнителем и направляется на согласование Заказчику».

В 2016 г. Минприроды РФ приказом № 66 утвердил «Порядок проведения собственниками объектов размещения отходов, а также лицами, во владении или в пользовании которых находятся объекты размещения отходов, мониторинга

состояния и загрязнения окружающей среды на территориях объектов размещения отходов и в пределах их воздействия на окружающую среду». Однако под действие этого приказа не попадают рекультивированные полигоны.

В случае с калининградским полигоном вопрос мониторинга состава фильтрата решился после того, как был проложен трубопровод от накопительной емкости в приемный колодец городского коллектора. В соответствии с положением постановления Правительства РФ № 644 от 29 июля 2013 г. «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» устанавливается перечень максимальных допустимых значений нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, которые поступают в канализационную систему. Сейчас он включает 40 показателей. Лаборатория местного Водоканала регулярно отбирает пробы фильтрата и исследует их по данному перечню. Частота отбора проб определяется Правилами осуществления контроля состава и свойств сточных вод, утвержденными постановлением Правительства РФ № 728 от 22 мая 2020 г. По сбрасываемому в коллектор объему фильтрата установлена частота отбора проб 1 раз в 3 месяца.

Но законодательство допускает корректировку результатов исследований лаборатории Водоканала в том случае, если оператор полигона предоставит отличающиеся результаты исследований. В нашем случае оператор полигона разработал ежемесячную программу мониторинга фильтрата и с ней обратился в другую аккредитованную лабораторию.

В статьях, посвященных химическому составу свалочного фильтрата, отмечается главная его особенность — высокая вариабельность его показателей во времени. Но в основном это объясняется изменением процессов внутри полигона, связанных с его возрастом и временем года отбора проб фильтрата [18, 19, 20, 21]. В одних случаях основными загрязняющими веществами в фильтрате по данным многолетнего мониторинга отмечаются (с ПДК): хром (24), марганец (14), медь (18), свинец (6), аммоний (140), хлориды (6), нитраты (3), фосфаты (3), сульфаты (4) [20]. В других случаях отмечается [21], что в фильтрате концентрации тяжелых металлов не превышают значений ПДК, а в показателях рН, содержание ионов аммония, минерализация и концентрация хлорид-ионов оказываются высокими.

В Рекомендациях по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов [22] приводятся средние значения концентраций некоторых загрязняющих веществ фильтрационных вод полигонов и диапазон колебаний этих концентраций. Так, концентрация общего азота может изменяться в 100 раз, мышьяка — в 320, свинца — в 128, кадмия — в 238, меди — в 350 и т. д. То есть весьма широкий диапазон значений каждого параметра фильтрата одного и того же полигона с течением времени является обычным явлением, связанным с процессами внутри полигона, с временем года, погодой и, возможно, с точками отбора фильтрата (обводная канава, накопительная емкость или сбросной колодец) и методиками анализа.

Таким образом, для действующих полигонов при разработке программы мониторинга водной среды выбор числа параметров определяется Санитарными

правилами СП 2.1.7.1038-01, а частота проведения исследований обосновывается в каждом конкретном случае и согласовывается с надзорными органами.

При подготовке проекта рекультивации полигона в программе работ инженерно-экологических изысканий заказчик проекта совместно с исполнителем в зависимости от особенностей как полигона, так и прилегающих территорий, может сформировать такую программу (перечень параметров, частоту и места отбора проб), которая учитывала бы эти особенности.

Материалы и методика исследования

Практически на всех свалках / полигонах отходов в Калининградской обл. экологический мониторинг не проводился примерно до 2010 г. При этом достоверность результатов мониторинговых работ по свалкам, которые в дальнейшем стали поступать в надзорные органы, вызывают вопросы. Что касается результатов мониторинга по полигону в пос. им. А. Космодемьянского в период его функционирования, то обнаружить их не представляется возможным. Удалось найти только три протокола анализа фильтрата за 2008 и 2009 гг.

Поэтому к настоящему моменту мы имеем несколько источников данных мониторингового характера.

1. Период инженерно-экологических изысканий (перед рекультивацией)

Были получены сведения о фоновом состоянии окружающей среды территории около свалки. Исследования поверхностных вод и водных объектов, находящихся в зоне влияния полигона, проводились по следующим показателям (из них 38 химических): рН, плавающие примеси, прозрачность, запах, цветность, взвешенные вещества, растворенный кислород, перманганатная окисляемость, сухой остаток, АПАВ, ХПК, БПК $_5$, железо, сульфат-ион, хлорид-ион, фосфат-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, аммоний ион, гидрокарбонат-ион, аммиак, нефтепродукты, бенз(а)пирен, фенол, кадмий, мышьяк, медь, никель, ртуть, свинец, цинк, марганец, кобальт, барий, магний, кальций, литий, хром, общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги и гельминтологические исследования.

2. Период рекультивационных работ.

Был запланирован и дважды проведен мониторинг окружающей среды. В воде отбирались пробы в трех точках: в 50 м к востоку, в 400 м к югу и в 1000 м к югу от границ полигона. Перечень контролируемых показателей для оценки качества поверхностных вод был следующим (25 гидрохимических, 4 микробиологических и паразитологических): рH, окисляемость, БПК $_5$, ХПК, минерализация (сухой остаток), гидрокарбонаты, нитрит-анион, нитрат-анион, хлорид-анион, сульфаты-анион, аммоний-анион, фосфат-анион, железо, цинк, медь, марганец, мышьяк, магний, кальций, ртуть, свинец, кадмий, нефтепродукты, общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги и гельминтологические исследования [6].

3. Отчет по ОВОС проекта рекультивации.

В отчете приводится программа производственного экологического контроля (мониторинга) на послерекультивационный период, рассчитанный на 5 лет. Этой

программой предлагается 2 раза в год (весной и осенью) отбирать пробы из поверхностных водных объектов в трех точках, расположение которых было приведено ранее. Нормативной основой выбора параметров для программы экологического мониторинга проектировщики выбрали вышеупомянутые Санитарные правила «СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов».

В рамках исследования научные сотрудники и преподаватели ФГБОУ ВО «КГТУ» разработали собственную программу работ по наблюдению за составом свалочного фильтрата и экологическими показателями водных объектов, которые находятся как в непосредственной близости к полигону, так и в некотором удалении, и реализуют ее в условиях университетской лаборатории.

Этой научной инициативе есть несколько причин. Во-первых, полигон все еще остается «горячей точкой» ХЕЛКОМ, и для ее исключения необходимо подтвердить прекращение негативного воздействия от полигона. Единственный достоверный способ такого подтверждения — мониторинг на протяжении как минимум двух лет (желательно — трех). Во-вторых, планы Администрации по использованию территории потребуют анализа ситуации, а для оценки динамики состояния также необходимы данные мониторинга. В связи с этим целесообразно уже сейчас сформировать программу мониторинга, которая позволила бы в дальнейшем получить максимально корректную оценку экологической безопасности (опасности) этих территорий и принять правильное решение по дальнейшему их хозяйственному использованию.

Тем более, что вокруг полигона накопились вопросы, ответы на которые еще предстоит найти экспертному сообществу. Так, например, давно сформировалось мнение о том, что свалочный фильтрат является чрезвычайно токсичной и опасной жидкостью для окружающей среды. В то же время мы наблюдали на территориях вокруг полигона, куда на протяжении длительного времени поступал фильтрат, обильную растительность с многочисленными представителями орнитофауны, насекомых и млекопитающих. Пруд (бывший торфяной карьер) около полигона, куда в основном поступал фильтрат, является объектом рыбохозяйственного значения, где местные рыболовы-любители постоянно ловят рыбу. Возможно, это объясняется наличием водообмена пруда с Калининградским морским каналом.

Поскольку прилегающие к полигону территории длительное время находились под значительным негативным воздействием от него, то после его закрытия, целесообразно проведение комплексной оценки степени экологической опасности (безопасности) этих территорий [7]. К такому заключению также приводит информация о многогранности токсического воздействия различных химических веществ, поступающих в водную среду [8].

Результаты исследования

Одним из результатов анализа протоколов по составу фильтрата калининградского полигона стала сводная таблица, часть которой приводится в данной статье (табл. 1).

Таблица 1

Результаты исследования аккредитованными лабораториями некоторых химических показателей фильтрата полигона ТКО в период 2008—2020 гг.

The results of the study by accredited laboratories of some chemical indicators of the leachate of the MSW landfill in the period 2008—2020

Показатель	Среднее	Минималь-	Максималь-	Количество	ПДК*
	значение	ное значение	ное значение	результатов	
pН	7,72	7,10	8,74	12	6,5—8,5
Взвешенные вещества (г)	44,6	8,0	82	8	0,25
Сухой остаток (мг/л)	7 361,8	5 102,0	11 231	6	1000
Сульфаты (мг/л)	149,42	16,1	830	13	500
Хлориды (мг/л)	1199,38	70,9	3908	13	350

^{*} ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Из таблицы следует, что по данным аккредитованных лабораторий значения многих параметров калининградского полигона колеблются в очень широком диапазоне, что подтверждает отмеченную в литературе закономерность.

Для программы наблюдений, разработанной сотрудниками КГТУ, пробы фильтрата отбираются непосредственно из накопительной емкости дренажной системы полигона (рис. 2). Наибольшее и длительное воздействие фильтрата испытывал пруд, который находится в 400 м от полигона. Он также был создан как торфяной карьер в послевоенное время, а затем заполнился водой. Пробные обловы показали, что в пруду обитают традиционные для таких водоемов виды рыб (плотва, щука, окунь). Следующая точка отбора проб находится в заводи Калининградского залива (в 1000 м к югу от полигона), которая связана с прудом мелиоративной канавой. Фоновым водным объектом выбрано озеро Свалка, которое расположено довольно далеко от полигона и общей мелиоративной связи с ним не имело.

Рекомендации по оценке состояния пресноводных экосистем по комплексу химико-биологических показателей (Р 52.24.763-2012) и ГОСТ 17.1.3.07-82 «Правила контроля качества воды водоемов и водотоков» предлагают для всеобъемлющей оценки экологического состояния водного объекта использовать комплекс показателей, состоящих из четырех групп: физико-химических, гидробиологических, микробиологических и токсикологических (биотестовых). Эти рекомендации позволят дать комплексную оценку влияния фильтрата рекультивированного полигона ТКО на водные экосистемы. Так как возможности любой программы мониторинга ограничиваются финансовыми и прочими возможностями, при планировании мониторинговых исследований на базе лаборатории КГТУ было принято решение оптимизировать состав работ (о которых рассказано далее).

1. Ежемесячный химический анализ воды и фильтрата по одному набору параметров.

Ежемесячные анализы пробы фильтрата и воды в лаборатории КГТУ проводятся по набору гидрохимических параметров, представленных в табл. 2. Особую

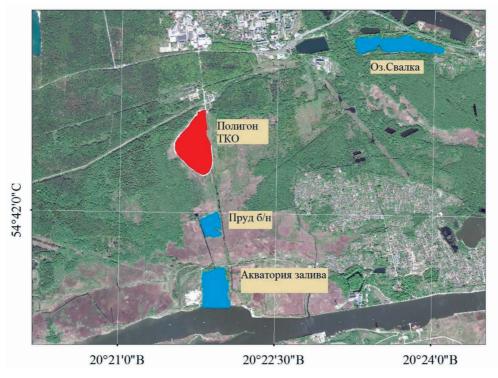


Рис. 2. Карта-схема расположения исследуемых водных объектов по отношению к полигону ТКО.

Fig. 2. Map-diagram of the location of the studied water bodies in relation to the landfill.

опасность для водных экосистем представляют тяжелые металлы [9]. Выбор металлов определялся тем, насколько активно они могут быть использованы на производстве и в быту, а значит, обнаружены в теле полигона и в его фильтрате [10, 11, 12]. Исследование наличия тяжелых металлов (железо, медь, натрий, ртуть, свинец, литий) в тканях рыб даст более полное представление о влиянии фильтрационных вод. Проведение этих исследований также предусмотрено программой мониторинга.

Часть результатов исследований по данной программе приводится в табл. 3, что также подтверждает высокую нестабильность гидрохимических показателей фильтрата.

2. Определение качественного и количественного состава проб зообентоса и зоопланктона исследуемых водных объектов.

Для установления сезонной и годовой динамики качественной и количественной структуры зоопланктона и зообентоса запланирован ежемесячный отбор их проб. Определение качественного и количественного состава зоопланктона и зообентоса исследуемых водных объектов позволит:

 Таблица 2

 Гидрохимические показатели, определяемые лабораторией КГТУ

 Hydrochemical indicators determined by the KSTU laboratory

$N_{\underline{0}}$	Показатель	Фильтрат	Водоемы
1	рН	+	+
2	Перманганатная окисляемость	+	+
3	Углекислый газ	+	+
4	Бикарбонаты	+	+
5	Кальций	+	+
6	Магний	+	+
7	Жесткость воды	+	+
8	Аммонийный азот	+	+
9	Нитриты	+	+
10	Общий фосфор	+	+
11	Фосфор фосфатов	+	+
12	Железо (общее)	+	+
13	Нитраты	+	+
14	Хлориды	+	+
15	Сульфаты	+	+
16	Щелочность	+	+
17	Общая минерализация	+	+
18	Взвешенные вещества	+	_
19	Сухой остаток	+	_
20	Электропроводимость	_	+
21	Кислород	_	+
22	Тяжелые металлы (железо, медь, натрий, ртуть, свинец, литий)	+	+

Таблица 3

Результаты исследования лаборатории «КГТУ» некоторых химических показателей фильтрата полигона ТКО в период 2019—2020 гг.

Results of the study of the laboratory «KSTU» of some chemical parameters of the leachate of the MSW landfill in the period 2019-2020

Показатель	Среднее значение	Минималь- ное значение	Максималь- ное значение	Количество результатов	ПДК*
рН	7,78	7,4	8,7	12	6,5—8,5
Аммонийный азот (мг/л)	48,88	35,43	63,13	12	1,5
Взвешенные вещества (г)	208,26	26,15	1160	12	0,25
Сухой остаток (мг/л)	5079,67	3500	6833,33	12	1000

^{*} ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

- оценить качество поверхностных вод и донных отложений как среды обитания организмов, населяющих исследуемые водные объекты;
- определить совокупный эффект комбинированного воздействия загрязняющих веществ;
 - определить трофические свойства воды;
- установить возникновение вторичного загрязнения, либо специфический химизм и его происхождение;
- установить направления и изменения водных биоценозов в условиях загрязнения природной среды;
- определить экологическое состояние исследуемых водных объектов и экологические последствия их загрязнения [13].
 - 3. Расчет степени загрязненности вод по различным индексам.

Расчет степени загрязненности вод по различным индексам позволит полноценно оценить антропогенное воздействие на исследуемые водоемы и подобрать наиболее оптимальную модель оценки. Качественный и количественный анализ зоопланктона и зообентоса позволит подобрать виды-индикаторы, вычислить индекс сапробности и определить степень загрязненности водоемов. Чтобы понять, было ли загрязнение водных объектов длительным или недавним, будет определяться биотический индекс по классификации Вудивисса. Так как водоемы подвержены смешанному органическому и токсическому загрязнению, дополнительно будет использован индекс Балушкиной с целью оценки состояния экосистем выбранных водоемов. Интегральная оценка качества среды определяется по ГОСТ 17.1.3.07-82 «Правилами контроля качества воды водоемов и водотоков».

4. Измерение хлорофилла «а» и оценка экологического состояния водных объектов, на основе полученных данных.

Критериями для оценки экологического состояния водных объектов могут служить фотосинтетические пигментные показатели. Например, измерение концентрации хлорофилла «а» в воде широко используется в практике гидробиологических исследований, поскольку отражает интегральные изменения в экосистеме. Фотосинтетические пигменты фитопланктона являются уникальными природными биомаркерами, отражающими внутриводоемные процессы новообразования, миграции и трансформации органических веществ. Изучение характеристик содержания и состояния растительных пигментов в рамках мониторинга водных объектов, примыкающих к полигону, даст представление о механизме взаимодействия продукционных и деструкционных процессов в исследуемых водоемах [14, 15, 16].

Выводы

1. Рекультивированный полигон ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской обл. является достаточно традиционным для нашей страны: стихийное формирование, минимальная степень экологической безопасности, трудности в получении достоверных сведений по программе его экологического

мониторинга в дорекультивационный период, сложности в организации послерекультивационного мониторинга. Протоколы анализа фильтрата полигона и поверхностных водных объектов, подготовленные аккредитованными лабораториями, в основном можно получить в период инженерно-экологических изысканий, во время рекультивационных работ и в случае сброса фильтрата в городскую канализацию.

- 2. В получении достоверной информации об экологической обстановке в районе расположения рекультивированного полигона в первую очередь заинтересованы:
- региональные власти, которые инициировали федеральное финансирование данного объекта накопленного вреда окружающей среде и совместно с Минприроды РФ планируют исключить его из списка «горячих точек» ХЕЛКОМ;
- городские власти и муниципальный оператор земельного участка под полигоном, которые непосредственно несут ответственность за оценку видов негативного воздействия на окружающую среду (НВОС) данного объекта, получения категорийности НВОС, расчет и оплату экологических платежей;
- местная, российская и международная экологическая (и не только) общественность, которая давно выражала озабоченность судьбой этой свалки и периодически высказывает сомнения в успешности рекультивационных работ;
- проектная, научная и образовательная общественность, которая хотела бы познакомиться с деталями подготовки рекультивации и результатами ее проведения;
- отходоперерабатывающие предприятия и девелоперские компании, которые готовы предложить свои варианты дальнейшего земельного участка с таким необычным объектом на нем.
- 3. Действующие нормативные документы по организации экологического мониторинга на полигоне и система надзора за его проведением пока не позволяют получить информацию в таком объеме и такого качества, которая позволила бы принять верное решение по дальнейшему использованию земельных участков вокруг полигона. Основными документами, в которых приводятся обязательные списки мониторинговых параметров проб водных объектов и фильтрата, являются Санитарные правила «СП 2.1.7.1038-01. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» и Правила холодного водоснабжения и водоотведения, утвержденные постановлением Правительства РФ № 644 от 29 июля 2013 г.
- 4. Одним из главных элементов негативного воздействия полигона на окружающую среду является выделение фильтрата, в том числе в поверхностные водные объекты. Значения концентраций многих загрязняющих веществ в фильтрате могут изменяться в десятки и сотни раз. Их среднеарифметические значения превышают ПДК в водных объектах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Однако состояние биоты водных объектов в прилегающих к полигону ТКО в пос. им. А. Космодемьянского Калининградской обл. свидетельствует о наличии определенных механизмов, позволяющих снижать

это негативное воздействие даже при высоких концентрациях в фильтрате загрязняющих веществ. Для понимания этого механизма были выбраны 4 точки мониторинга: накопительная емкость с фильтратом на полигоне и 3 водных объекта (пруд в непосредственной близости от полигона, заводь акватории Калининградского залива и фоновый водный объект — оз. Свалка, который не имеет общей мелиоративной связи с полигоном).

- 5. Сложный процесс влияния фильтрата на биоту водных объектов требует комплексного подхода к его оценке, поэтому в программу их мониторинга включены:
- ежемесячный отбор проб воды на анализ по 17 показателям (в университетской лаборатории) и по 6 тяжелым металлам (в аккредитованной лаборатории);
- в водных объектах отлов рыбы 2 раза в год на определение содержания в тканях (планируется печень) тяжелых металлов;
- ежемесячное определение количественного и качественного состава зоопланктона и зообентоса для расчета основных индексов степени загрязненности водных объектов;
- концентрации хлорофилла «а» в водных объектах для оценки интегральных изменений в их экосистемах.

Список литературы

- 1. Pre-feasibility study of the Kaliningrad Region and the Pregel River basin. Synthesis report. Norconsult, 1992. 101 p.
- 2. *Никанорова А.А.*, *Фураева Д.И.*, *Лебедев Д.А.* Учет климатических особенностей Российской Федерации в сфере обращения с твердыми коммунальными отходами // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2019. № 57. С. 98—116. doi: 10.33933/2074-2762-2019-57-98-116.
- 3. Лонгобарди А., Елизарьев А.Н., Насырова Э.С., Елизарьева Е.Н., Кияшко Л.Ю., Кабанов К.Ю. Распространение свалочного фильтрата в грунтовые воды // Теоретическая и прикладная экология. 2020. № 2. С. 36—43. doi: 0.25750/1995-4301-2020-2-036-043.
- 4. *Jovanova D., Vujićb B., Vujićc G.* Optimization of the monitoring of landfill gas and leachate in closed methanogenic landfills // Journal of Environmental Management. 2018. V. 216. P. 32—40. doi: 10.1016/j.jenvman.2017.08.039.
- Morita A. Pelinson N. Wendland E. Persistent impacts of an abandoned non-sanitary landfill in its surroundings // Environmental Monitoring and Assessment. 2020. V. 192(7). P. 463. doi: 10.1007/s10661-020-08451-7.
- 6. Рекультивация городского полигона ТБО, расположенного в пос. им. А. Космодемьянского г. Калининграда. Оценка воздействия на окружающую среду. Книга 1. Текстовая часть. СПб.: ООО «ТехноТерра», 2018. 144 с.
- 7. Илларионов А.В., Лебедева А.А., Шилов Д.В. Разработка комплексной программы системы наблюдений за состоянием окружающей среды вблизи полигона токсичных отходов «Красный Бор» // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2011. № 22. С. 211—220.
- 8. Куценко С.А. Основы токсикологии. СПб.: Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 2002. 395 с.
- 9. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / Под науч. ред. Е.С. Климова. Ульяновск: УлГТУ, 2014. 167 с.
- Гаджиева С.Р., Рустамова У.Н., Алиева Т.И., Йолчулу Э.А. Тяжелые металлы в водных экосистемах как индикатор антропогенного воздействия // Молодой ученый. 2019. № 9. С. 115—117.

- 11. Ваганов А.С. Сравнительная характеристика содержания тяжелых металлов в промысловых видах рыб Куйбышевского водохранилища // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 5. С. 143—146.
- 12. Попов П.А., Андросова Н.В. Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани рыб из водоемов бассейна реки Оби // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2014. № 4. С. 108—122.
- 13. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 239 с.
- 14. *Сигарева Л.Е*. Пигментные критерии оценки экологического состояния водоемов. М.: Наука, 1993. С. 64—69.
- 15. *Сигарёва Л.Е., Тимофеева Н.А.* Растительные пигменты в илах Иваньковского водохранилища как показатели деструкционных процессов // Водные ресурсы. 2003. Т. 30. № 3. С. 345—355.
- Кириллова Т.В., Котовщиков А.В. Растительные пигменты как показатели экологического состояния Новосибирского водохранилища // Мир науки, культуры, образования. 2009. № 1(13). С. 26—30.
- 17. *Кияшко И.Ю., Елизарьев А.Н., Фащевская Т.Б., Красногорская Н.Н.* Разработка методики комплексной оценки загрязненности фильтрационных стоков захоронений отходов // Вестник ИрГТУ. 2010. № 2 (42). С. 6—11.
- 18. Милютина Н.О., Политаева Н.А., Зеленковский П.С., Подлипский И.И., Великосельская Е.С. Анализ методов очистки фильтрата полигонов твердых коммунальных отходов // Вестник Евразийской науки. 2020. Т. 12. № 3. С. 1—11.
- 19. Ковалева Е.Н., Яковлев А.С., Яковлев С.А., Дувалина Е.А. Организация мониторинга объектов размещения отходов (на примере полигона твердых бытовых отходов Московской области) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1(9). С. 2418—2422. doi: 10.15862/03NZVN320.
- 20. Ствененко Е.Е., Поспелова О.А., Зеленская Т.Г. Исследование химического состава фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 1(3). С. 525—527.
- 21. Рекомендации по сбору, очистке и отведению сточных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов. М.: ФГУП «Федеральный центр благоустройства и обращения с отходами», 2003. 49 с.

References

- Pre-feasibility study of the Kaliningrad Region and the Pregel River basin. Synthesis report. Norconsult, 1992: 101.
- Nikanorov A.A., Phuraev D.I., Lebedev D.A. Taking into account the climatic features of the Russian Federation in the field of solid municipal waste management. *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarst-vennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*. Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2019, 57: 98—116. doi: 10.33933/2074-2762-2019-57-98-116. [In Russian].
- 3. Longobardi. A., Eliar'ev A.N., Nasyrova E.S., Eliar'eva E.N., Kiyashko L.Yu., Kabanov K.Yu. Distribution of landfill filtrate to ground water. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. Theoretical and applied ecology. 2020, 2: 36—43. [In Russian].
- 4. *Jovanova D., Vujićb B., Vujićc G.* Optimization of the monitoring of landfill gas and leachate in closed methanogenic landfills. Journal of Environmental Management. 2018, 216: 32—40. doi: 10.1016/j. jenvman.2017.08.039.
- Morita A. Pelinson N. Wendland E. Persistent impacts of an abandoned non-sanitary landfill in its surroundings. Environmental Monitoring and Assessment. 2020, 192(7): 463. doi: 10.1007/s10661-020-08451-7.
- 6. Rekul'tivaciya gorodskogo poligona TBO, raspolozhennogo v pos. im. A. Kosmodem'yanskogo g. Kaliningrada. Ocenka vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredu. Recultivation of the municipal solid waste landfill located in the village named after A. Kosmodemyansky in Kaliningrad. Assessment of the impact on the environment. V. 1. St. Petersburg: Technoterra LLC, 2018: 144 p. [In Russian].

- 7. *Illarionov A.V., Lebedeva A.A., Shilov D.V.* Develop schemes for integrated surveillance systems environment near the range of toxic waste «Krasny Bor». *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta.* Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University. 2011, 22: 211—220. [In Russian].
- 8. *Kucenko S.A. Osnovy toksikologii*. Fundamentals of toxicology. St. Petersburg: Kirov Military medical Academy, 2002: 395 p. [In Russian].
- 9. Vliyanie fiziko-himicheskih faktorov na soderzhanie tyazhelyh metallov v vodnyh ekosistemah. Influence of physical and chemical factors on the content of heavy metals in aquatic ecosystems. Ulyanovsk: Publishing House UlSTU, 2014: 167 p. [In Russian].
- Gadzhieva S.R., Rustamova U.N., Alieva T.I., Jolchulu E.A. Heavy metals in aquatic ecosystems as an indicator of anthropogenic impact. Molodoj uchyonyj. Young scientist. 2019, 9: 115—117. [In Russian].
- 11. Vaganov A.S. Comparative characteristics of the content of heavy metals in commercial fish species of the Kuibyshev reservoir. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. 2011, 13, 5: 143—146. [In Russian].
- 12. *Popov P.A.*, *Androsova N.V.* The content of heavy metals in the muscle tissue of fish from reservoirs of the Ob river basin. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. Bulletin of Tomsk state University. Biology. 2014, 4: 108–122. [In Russian].
- 13. Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnyh vod i donnyh otlozhenij. Guidelines for hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments. 1983: 239 p. [In Russian].
- 14. Sigareva L.E. Pigmentnye kriterii ocenki ekologicheskogo sostoyaniya vodoyomov. Pigment criteria for assessing the ecological state of reservoirs. Moscow: Publishing House Science, 1993: 64—69. [In Russian].
- 15. Sigaryova L.E., Timofeeva N.A. Plant pigments in the forces of the Ivankovo reservoir as indicators of destructive processes. Vodnye resursy. Water resources management. 2003, 30, 3: 345—355. [In Russian].
- 16. Kirillova T.V., Kotovshchikov A.V. Plant pigments as indicators of the ecological state of the Novosibirsk reservoir. Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya. World of science, culture, and education. 2009, 1(13): 26—30. [In Russian].
- 17. Kiyashko I.Yu., Elizar'ev A.N., Fashchevskaya T.B., Krasnogorskaya N.N. Development of a methodology for a comprehensive assessment of the pollution of filtration effluent from waste disposal. Vestnik IrGTU. ISTU Bulletin. 2010, 2(42): 6—11. [In Russian].
- 18. Milyutina N.O., Politaeva N.A., Zelenkovskij P.S., Podlipskij I.I., Velikosel'skaya E.S. Analysis of filtrate treatment methods for solid municipal waste landfills. Vestnik Evrazijskoj nauki. Bulletin of Eurasian Science. 2020, 12, 3: 1—11. [In Russian].
- 19. Kovaleva E.N., Yakovlev A.S., Yakovlev S.A., Duvalina E.A. Organization of monitoring of waste disposal facilities (on the example of the solid waste landfill of the Moscow region). *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2012, 14, 1(9): 2418—2422. [In Russian].
- 20. Stepanenko E.E., Pospelova O.A., Zelenskaya T.G. Study of the chemical composition of filtration waters of the solid waste landfill. Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Izvestia of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2009, 11, 1(3): 525—527. [In Russian].
- 21. Rekomendacii po sboru, ochistke i otvedeniyu stochnyh vod poligonov zahoroneniya tverdyh bytovyh othodov. Recommendations for the collection, treatment and disposal of wastewater from landfills for solid waste disposal. Moscow: Federal State Unitary Enterprise «Federal Center for Improvement and Waste Management», 2003: 49 p. [In Russian].

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 11.11.2020 Принята к публикации после доработки 14.02.2021

Сведения об авторах

Минашкина Александра Владимировна, аспирантка, 3 курс, ФГБОУ ВО «КГТУ», кафедра ихтиологии и экологии, специалист по УМР, quizas93@mail.ru.

Кондратенко Сергей Валентинович, канд. биол. наук, ФГБОУ ВО «КГТУ», kondrat@klgtu.ru. Воробьёва Екатерина Анатольевна, ФГБНУ ИАЭП-филиал ВИМ, научный сотрудник, менеджер международных проектов, ekaterina.vorobyeva@gmail.com.

Information about authors

Minashkina Alexandra Vladimirovna, post-graduate student, 3rd year, KSTU, Department of ichthyology and ecology, specialist in UMR, quizas93@mail.ru.

Kondratenko Sergey Valentinovich, PhD (Biol. Sci.), KSTU, kondrat@klgtu.ru.

Vorobyova Ekaterina Anatolyevna, FGBNU IAEP-branch of VIM, researcher, manager of international projects, ekaterina.vorobyeva@gmail.com.