

Оригинальная статья

УДК 556.3:626.811(06):574

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-98-104>

ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ИНФИЛЬТРАТОМ ТБО «ЯДРОВО» И КОМПЛЕКС МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ЗАЩИТЕ

Н.П. Карпенко^{1✉}, Б.И. Корженевский², Г.Ю. Толкачев³

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»; г. Москва, Российская Федерация

^{2,3}Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук»; г. Москва, Российская Федерация

¹<https://orcid.org/0000-0002-0589-3632>; npkarpenko@yandex.ru

²orcid.org/0000-0001-7663-9677; 542609@list.ru

³<https://orcid.org/0000-0001-6983-7106>; k-26@yandex.ru

Аннотация. Проанализировано влияние полигонов твердых бытовых отходов на экологическое состояние природной среды. Установлено, что токсические вещества промышленного и сельскохозяйственного производства, твердые бытовые отходы, хозяйственно-бытовые стоки и т.д., складываемые вблизи крупных городов, являются основными источниками загрязнения грунтовых вод. В рамках импактного гидрохимического мониторинга подземных вод проведен отбор воды из поверхностных источников и грунтовых вод, для которых выполнены химические анализы, включающие в себя определение минерализации, ионного состава и концентрации загрязняющих веществ. Выявлено, что в наблюдательных скважинах, находящихся в пределах тела свалки и за его пределами, отмечается существенное превышение содержания загрязняющих элементов в воде (выше ПДК), в которых зафиксированы такие загрязнители, как фенолы и нефтепродукты, и их превышение над ПДК варьирует от 5 до 47. Наименьшие изменения происходят по хлоридам и сульфатам, их превышение составляет немного выше 1...2 ПДК. Предложены основные превентивные мероприятия по снижению риска загрязнения грунтовых вод, к которым следует отнести природоохранные мероприятия (контурные искусственные водозащитные экраны, противодиффузионные завесы в сочетании с открытыми и закрытыми дренажными сооружениями, специальные резервуары для отвода загрязненных грунтовых вод, отвод загрязненных грунтовых вод через сборный контурный канал на поля фильтрации и т.д.).

Ключевые слова: полигоны твердых бытовых отходов, грунтовые воды, загрязняющие вещества, импактный гидрохимический мониторинг, природоохранные мероприятия

Формат цитирования: Карпенко Н.П., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю. Изучение и анализ динамики загрязнения грунтовых вод инфильтратом ТБО «Ядрово» и комплекс мероприятий по их защите. Природообустройство. 2026;Т.19(2):98-104. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-98-104>

Original article

SUDY AND ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF GROUNDWATER CONTAMINATION BY THE INFILTRATION OF SOLID WASTE «YADROVO» AND A SET OF MEASURES TO PROTECT THEM

N.P. Karpenko^{1✉}, B.I. Korzhenevsky², G.Y. Tolkachev³

¹Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Scientific Center of VNIIGiM named after A.N. Kostyakov»; Moscow, Russian Federation

^{2,3}Federal State Budgetary Institution of Science named after E.M. Sergeev «Institute of Geoecology of the Russian Academy of Sciences»; Moscow, Russian Federation

¹<https://orcid.org/0000-0002-0589-3632>; npkarpenko@yandex.ru

²orcid.org/0000-0001-7663-9677; 542609@list.ru

³<https://orcid.org/0000-0001-6983-7106>; k-26@yandex.ru

Abstract. The influence of landfills of solid household waste on the ecological state of the natural environment is analyzed. It has been established that toxic substances of industrial and agricultural production, solid household waste, household sewage, etc., which are stored near large cities, are the main sources of groundwater pollution. As part of the impact hydrochemical monitoring of groundwater, water was sampled from surface sources and groundwater, for which chemical analyses were performed, including determination of mineralization, ionic composition and concentrations of pollutants. It was revealed that in the observation

wells located within the landfill body and beyond, there is a significant excess of the content of pollutants in the water (above the maximum permissible concentration), in which pollutants such as phenols and petroleum products are recorded, their excess over the maximum permissible concentration varies from 5 to 47. The smallest changes occur in chlorides and sulfates, their excess is slightly above 1...2 MPC. The main preventive measures to reduce the risk of groundwater contamination are proposed, which include environmental protection measures (contoured artificial water shields, anti-filtration curtains in combination with open and closed drainage structures, special reservoirs for the discharge of contaminated groundwater, the discharge of contaminated groundwater through a collection contour channel to filtration fields, etc.).

Keywords: landfills of solid household waste, groundwater, pollutants, impact hydrochemical monitoring, environmental protection measures

Format of citation: Karpenko N.P., Korzhenevsky B.I., Tolkachev G.Y. Study and analysis of the dynamics of groundwater contamination by the infiltration of solid waste “Yadrovo” and a set of measures for their protection. *Prirodoobustrojstvo*. 2026;19(2):98-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-2-98-104>

Введение. Подземные воды, являясь частью общих водных ресурсов, представляют собой важное полезное ископаемое, потребность использования которого для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения с каждым годом возрастает [1]. В условиях постоянно возрастающей нагрузки на природную среду наблюдается прогрессирующее загрязнение не только поверхностных, но и подземных вод. Особую опасность для окружающей природной среды представляют отходы различных отраслей народного хозяйства и ряда производств, в которых содержатся токсические вещества промышленного и сельскохозяйственного производства, твердые бытовые отходы, хозяйственно-бытовые стоки и т.д. и которые складываются вблизи мегаполисов и крупных городов.

Экологическая ситуация может существенно осложниться по причине не только большого количества и видов загрязнителей, но и совместного действия ряда факторов и нелинейности происходящих природно-антропогенных процессов. При этом могут происходить различные эффекты усиления или подавления (синергизма или антагонизма). В результате такого сложного

взаимодействия могут образовываться более устойчивые формы соединений, что может привести к серьезным экологическим проблемам [2].

Под влиянием высокого антропогенного пресса на окружающую среду загрязнению подвергаются все компоненты природной среды: атмосферный воздух, поверхностные водные ресурсы, почвенный покров и подземные воды, а также человек. Следует отметить, что именно складирование полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) является не только дестабилизирующим фактором экологической обстановки, но и мощным источником загрязнения всех компонентов природной среды [3].

Цель исследований: анализ источников возможного ухудшения качества подземных вод в зонах расположения полигонов твердых бытовых отходов и разработка превентивных мер по их снижению.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта научных исследований был выбран полигон твердых бытовых отходов (ТБО) «Ядрово», расположенный на западе г. Москвы в Волоколамском районе (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Территория полигона «Ядрово»:

а) спутниковый снимок; б) рекультивация полигона в настоящее время

Fig. 1. Territory of the Yadrovo test site

а) satellite imagery б) current reclamation of the landfill

Полигон «Ядрово» в течение длительного времени принимал твердые бытовые отходы из городов Истра и Дедовск, а также из районов Южное Тушино, Строгино, Крылатского. В настоящее время площадь полигона (по данным спутниковым снимкам) составляет около 100 тыс. м², а мощность полигона превысила 200 тыс. т в год.

Складирование промышленных, строительных и других отходов на полигоне началось в 2008 г., однако, как показали публикации в СМИ, было выявлено значительно число нарушений, связанных с неправильной организацией и высокой нагрузкой полигона, в том числе с несоответствием санитарно-эпидемиологическим нормам. Проведенные Министерством природных ресурсов Подмосковья контрольные обследования в зоне влияния полигона «Ядрово» показали значительные превышения предельно-допустимых концентраций загрязняющих веществ по многим показателям. В частности, концентрация сероводорода в приземном слое атмосферы была превышена в 8...15 раз. Начиная с 2020 г. все городские свалки в Московской области закрыты [4].

В структурно-тектоническом и геологическом отношении данный регион относится к Русской платформе. Платформенный чехол состоит из отложений юрской системы (верхний отдел) и каменноугольной системы (средний отдел). Юрские отложения представлены черными глинами, песками с включениями фосфоритов, а в состав каменноугольных отложений входят известняки и доломиты. В гидрогеологическом отношении в районе широко распространен Подольско-Мячиковский водоносный горизонт, а основными водовмещающими породами являются трещиноватые известняки и доломиты каменноугольной системы.

В настоящее время в пределах расположения территории полигона «Ядрово» осуществляется периодические пробы почв и грунта, а также выполняется контроль за многолетней динамикой гидрохимических показателей поверхностных вод, водных объектов, подземных вод в теле свалки включая прилегающую к полигону область.

В отобранных пробах грунтовых и поверхностных вод определялось 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. Пробы также исследовались на гельминтологические и бактериологические

показатели. Были сформированы следующие приоритетные контролируемые показатели: кислотность почв, содержание растворимых солей в водной вытяжке (хлорид, сульфат, карбонат, гидрокарбонат, кальций-магний), содержание тяжелых элементов, нефтепродуктов, рН грунтовых вод, концентрация сульфат-иона в природных водах, концентрация гидрокарбонатов в пробах природных вод, массовая концентрация нефтепродуктов в пробах природных вод. Оценка степени загрязнения проб осуществлялась исходя из сопоставления содержания основных загрязнителей с их фоновыми значениями, а также с учетом их предельно-допустимых концентраций (ПДК).

Результаты и их обсуждение. Для решения поставленной задачи и оценки динамики загрязнения грунтовых вод в зоне расположения ТБО «Ядрово» необходимо было разработать принципы организации и импактного гидрохимического мониторинга подземных вод, который представляет собой систему [5]:

- регулярных наблюдений за подземными водами, а также отдельными компонентами окружающей, в том числе компонентами геологической среды, в границах влияния полигона твердых бытовых отходов;
- контроля и регистрации наблюдаемых контролируемых и приоритетных показателей и обработки полученной информации;
- оценки пространственно-временных изменений состояния подземных вод и связанных с ними компонентов окружающей природной среды на основе полученных в процессе наблюдений данных;
- прогнозирования риска изменения состояния подземных вод под влиянием точечных источников загрязнения.

Для решения поставленной задачи были разработаны импактный мониторинг подземных вод и его структурно-технологическая схема (рис. 2).

Для анализа воздействия полигона «Ядрово» на окружающую среду специалистами Министерства экологии и природопользования Подмосковья были проведены мониторинговые обследования по выявлению загрязняющих веществ в грунтовых водах. В рамках этого обследования в пределах зоны полигона и за его пределами из наблюдательных скважин отбирались пробы воды на химический анализ и выполнялись контрольные замеры, в ходе которых было выявлено значительное превышение предельно-допустимых концентраций по отдельным загрязнителям [6].

При мониторинговых обследованиях состояния грунтовых вод по трем наблюдательным скважинам были изучены и проанализированы следующие гидрохимические показатели: хлориды, сульфаты, железо, марганец, свинец, медь, кадмий, ртуть, аммоний, нефтепродукты и фенолы. Скважина № 1 и скважина № 2 располагаются непосредственно в пределах зоны полигона, а скважина № 3 находится в овраге за пределами тела полигона.

Динамика гидрохимических показателей грунтовых вод по скважинам на территории полигона «Ядрово» за 2016-2019 гг. представлена в таблицах 1-3.

Анализ представленных таблиц динамики гидрохимических показателей грунтовых вод, выполненный за период наблюдений 2016-2019 гг., позволил выявить следующие общие закономерности их изменения.

Наибольшее превышение содержания загрязняющих элементов в воде (выше ПДК)

происходит по скважинам № 1 и № 2, в которых зафиксированы такие загрязнители, как фенолы и нефтепродукты; их превышение над ПДК варьирует от 5 до 47. Значительные превышения наблюдаются также по железу, меди и свинцу. Наименьшие изменения происходят по хлоридам и сульфатам; их превышение составляет немного выше 1...2 ПДК. Загрязнение грунтовых вод такими элементами, как марганец, кадмий и ртуть, не фиксируется.

По скважине № 3, которая находится вне полигона, произошли наименьшие изменения по гидрохимическим показателям. Тем не менее радиус влияния распространения загрязняющих элементов проявляется за пределами зоны полигона, в которых обнаружены их превышения в 5...10 раз выше ПДК. Это связано с тем, что вертикальная миграция углеводородов имеет сложный струйный характер и может осуществляться в различных формах. На границе смыкания насыщенной и ненасыщенной зон

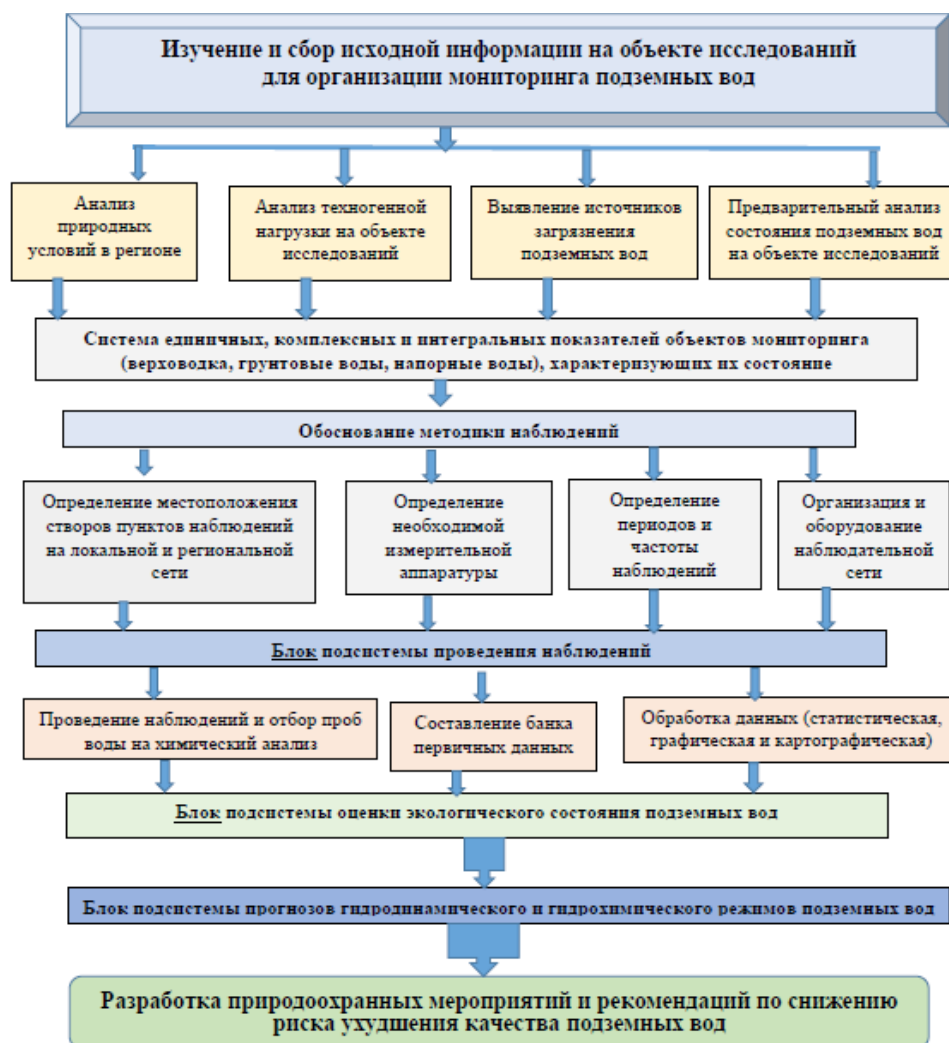


Рис. 2. Структурно-технологическая схема импактного гидрохимического мониторинга подземных вод

Fig. 2. Structural and technological scheme of impact hydrochemical monitoring of groundwater

Таблица 1. Динамика гидрохимических показателей грунтовых вод по наблюдательной скважине № 1

Table 1. Dynamics of hydrochemical indicators of groundwater for observation well No 1

Загрязняющие элементы, мг/л / Polluting elements, mg/l	ПДК, мг/л / MPC, mg/l	Годы наблюдений / Years of observation			
		2016	2017	2018	2019
Хлориды / Chlorides	100	314	418	206,52	200
Сульфаты / Sulfates	100	136	174	149	125
Железо / Iron	3,0	0,01	0,011	0,016	0,02
Марганец / Manganese	0,1	0,016	0,016	0,016	0,016
Аммоний / Ammonium	1,2	2,39	1,92	2,46	2,3
Медь / Copper	1,0	0,004	0,0032	0,0054	0,006
Свинец / Lead	0,03	0,0021	0,0025	0,003	0,003
Кадмий / Cadmium	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Ртуть / Mercury	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Нефтепродукты / Petroleum products	0,01	0,3	0,3	0,12	0,09
Фенолы / Phenols	0,001	0,001	0,001	0,0021	0,006

Таблица 2. Динамика гидрохимических показателей грунтовых вод по наблюдательной по скважине № 2

Table 2. Dynamics of hydrochemical indicators of groundwater for observation well No 2

Загрязняющие элементы, мг/л / Polluting elements, mg/l	ПДК, мг/л / MPC, mg/l	Годы наблюдений / Years of observation			
		2016	2017	2018	2019
Хлориды / Chlorides	100	87	65	58	50
Сульфаты / Sulfates	100	91	80	80	77
Железо / Iron	3,0	0,01	0,011	0,016	0,02
Марганец / Manganese	0,1	0,29	0,28	0,29	0,29
Аммоний / Ammonium	1,2	1,14	1,1	1,1	0,81
Медь / Copper	1,0	0,001	0,001	0,002	0,003
Свинец / Lead	0,03	0,004	0,004	0,006	0,007
Кадмий / Cadmium	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ртуть / Mercury	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Нефтепродукты / Petroleum products	0,01	0,47	0,33	0,3	0,28
Фенолы / Phenols	0,001	0,002	0,006	0,006	0,008

Таблица 3. Динамика гидрохимических показателей грунтовых вод по наблюдательной скважине № 3

Table 3. Dynamics of hydrochemical indicators of groundwater for observation well No 3

Загрязняющие элементы, мг/л / Polluting elements, mg/l	ПДК, мг/л / MPC, mg/l	Годы наблюдений / Years of observation			
		2016	2017	2018	2019
Хлориды / Chlorides	100	230	199,9	140,0	109,0
Сульфаты / Sulfates	100	134	131	126	124,0
Железо / Iron	3,0	11,5	13,8	14,3	17,8
Марганец / Manganese	0,1	4,1	3,9	4	4,19
Аммоний / Ammonium	1,2	1,0	1,0	2,21	3,4
Медь / Copper	1,0	0,002	0,002	0,002	0,002
Свинец / Lead	0,03	0,006	0,0068	0,007	0,010
Кадмий / Cadmium	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Ртуть / Mercury	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Нефтепродукты / Petroleum products	0,01	0,42	0,3	0,29	0,26
Фенолы / Phenols	0,001	0,002	0,006	0,007	0,010

происходит формирование загрязненной линзы, в которой отмечается избыточное содержание нефтепродуктов. Как правило, мощность такой

линзы определяется гидрогеологическими и гидравлическими условиями, геофильтрационными свойствами пород зоны аэрации, интенсивностью

поступления органических соединений, плотностью самих углеводородов и их фракциями.

Для защиты природной среды и, в частности, грунтовых вод от воздействия инфильтрата полигона необходимо составить прогноз его влияния. Несмотря на то, что негативное воздействие полигона осуществляется в течение длительного периода времени, опасность его воздействия связана с геоэкологическим риском, минимизация которого зависит от разработки и реализации комплекса мероприятий по защите компонентов природной среды. В составе этого комплекса следует предусмотреть не только разработку технического и технологического оформления полигона, но и гидрохимический мониторинг грунтовых вод, мероприятия по защите грунтовых вод от загрязнения.

Возможный экологический ущерб, который наносится окружающей среде, связан с образованием биогаза, который образуется в толще свалки, а также с образованием инфильтрата, который совместно с атмосферными осадками вертикальными потоками проникает в грунтовые воды, формируя мощный очаг сосредоточенного загрязнения [7, 8].

Снижение загрязнения грунтовых вод в районе размещения полигона ТБО «Ядрово» представляется возможным за счет организации и проведения природоохранных мероприятий, которые позволяют существенно снизить риск загрязнения грунтовых вод. К основным превентивным мероприятиям, позволяющим снизить степень загрязнения грунтовых вод, которые имеют первостепенное значение, следует отнести природоохранные и нормативно-правовые меры. Так, для санитарной защиты подземных вод от загрязнения инфильтрата полигона необходимо предусмотреть водозащитные мероприятия по созданию искусственных барьеров (специальных конструктивных элементов и защитных экранов), которые совместно с системой сбора и удаления фильтрата (дренажной системы) позволяют снизить риски поступления загрязнения в водоносные горизонты.

В составе *водозащитных природоохранных мероприятий* следует предусмотреть [9]:

- установку контурных противофильтрационных водозащитных экранов, которые устраиваются на поверхности отходов при завершении эксплуатации полигона;

Список использованных источников

1. Карпенко Н.П. Геоэкологический мониторинг в задачах рекультивации земель на полигонах ТБО // Труды XIX Международной конференции «Проблемы управления безопасностью сложных систем». М.: РГГУ. 2011. С. 296-299.
2. Карпенко Н.П. Проблемы экологической безопасности крупных городов и мегаполисов // Труды международной

- установку водозащитных экранов, которые устраиваются в основании тела свалочного грунта;

- установку противофильтрационных экранов (завес) в сочетании с открытыми и закрытыми дренажными сооружениями;

- установку и оборудование специальных резервуаров, позволяющих отвести загрязненную грунтовую воду за пределы полигона;

- удаление необходимого объема загрязненных грунтовых вод из специально оборудованных скважин, которые подлежат герметизации ствола выше водоносного горизонта;

- отвод загрязненных грунтовых вод через специально оборудованный сборный канал за пределы полигона или на поля фильтрации.

При обосновании *нормативно-правовых мероприятий* следует исходить из действующих федеральных законов, кодексов, СНиПов, СанПиНов и т.д., в которых содержатся принципы относительно регулирования в сфере охраны окружающей среды и требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов с целью предотвращения риска загрязнения окружающей среды [10-14].

Выводы

Увеличение количества отходов промышленного производства, сельскохозяйственного и коммунального сектора и складирование их на полигонах ТБО негативно отражается на экологическом состоянии окружающей среды. Проведенные мониторинговые исследования гидрохимических показателей показали, что источником загрязнения окружающей среды по многим ее компонентам является полигон «Ядрово». Выявлено значительное увеличение концентрации загрязняющих веществ по наблюдательным скважинам, в которых содержание сульфатов, хлоридов, ионов аммония, нефтепродуктов и фенолов превышает ПДК от 7 до 47 раз. Разработана структурно-технологическая схема импактного мониторинга подземных вод в зоне влияния полигона ТБО, представляющая собой систему наблюдений, контроля, оценки состояния и прогнозного тренда состояния приоритетных показателей. Предложен комплекс превентивных мер по снижению риска загрязнения грунтовых вод, в которых первостепенное значение имеют искусственные природоохранные (водозащитные) и нормативно-правовые мероприятия.

References

1. Karpenko N.P. Geoeological monitoring in the tasks of land reclamation at landfills. Proceedings of the XIX International Conference «Safety management problems of complex systems». Moscow: RGGU. 2011. P. 296-299.
2. Karpenko N.P. Problems of environmental safety of large cities and megacities. – Proceedings of the international scientific

научной конференции «Проблемы регионального и муниципального управления». М.: РГГУ. 2012. С. 258-263.

3. Карпенко Н.П. Геоэкологический мониторинг в природопользовании: учебное пособие. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2020. 150 с.

4. Тагаева Т.О., Казанцева Л.К., Коржубаева А.А. Система управления отходами производства потребления в России // Экологический вестник России. 2016. № 6. С. 36-41. EDN: VZYMTN

5. Манукьян Д.А., Карпенко Н.П. Теория и методология ведения мониторинга техноприродных систем: монография. М.: МГУП. 2009. 307 с. EDN: QKSIRP

6. [Электронный ресурс] <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/29573> (дата обращения 09.12.2025).

7. Кудинов В.Н. Дегазация и рекультивация земель, нарушенных свалками и полигонами твердых бытовых отходов // Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. М.: 2002. 20 с.

8. Сметанин В.И., Соломин И.А., Соломина О.И. Учебное пособие по курсовому проектированию: проект полигона захоронения твердых бытовых отходов. М.: МГУП. 2006. 68 с.

9. Ведяшкин А.С., Ахмедова Н.Р. Разработка способа защиты грунтовых вод от загрязнения в местах складирования твердых отходов // Вестник Томского государственного университета. 2010. № 300. С. 200-201.

10. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». М.: Минздрав России. 2002. 103 с.

11. СанПиН 2.1.3684-21 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов». М.: Минздрав России. 7 с.

12. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025). М.: Правительство РФ. 51 с.

13. Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (введ. 2002-01-10). М.: Правительство РФ. 2002. 33 с.

14. Федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. 04.08.2023). М.: Правительство РФ. 1998. 76 с.

Сведения об авторах

Нина Петровна Карпенко, д-р техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»; <https://orcid.org/0000-0002-0589-3632>; SPIN-код: 3054-6462, PИИИД AuthorID: 532745; WOS Research ID AAD-9045-2022; Scopus Author ID: 57205643378; npkarpenko@yandex.ru

Борис Игоревич Корженевский, канд. геолого-мин. наук, ведущий научный сотрудник, ИГЭ РАН им. Е.М. Сергеева; <https://orcid.org/0000-0001-7663-9677>; 542609@list.ru

Глеб Юрьевич Толкачев, канд. географических наук, ведущий научный сотрудник, ИГЭ РАН им. Е.М. Сергеева; <https://orcid.org/0000-0001-6983-7106>; k-26@yandex.ru

Вклад авторов

Н.П. Карпенко – общее руководство, методология построения статьи, введение, результаты исследований, выводы

Б.И. Корженевский – обработка гидрохимических данных по полигону

Г.Ю. Толкачев – разработка водозащитных мероприятий

Конфликт интересов / Criteria of authorship

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

Поступила в редакцию / Received 10.12.2025

Поступила после рецензирования / Received 14.04.2026

Принята к публикации после доработки / Accepted 17.04.2026

conference «Problems of regional and municipal management». M.: RGGU. 2012. P. 258-263.

3. Karpenko N.P. Geoecological monitoring in nature management: a textbook. – M.: RGAU-MSHA named after C.A. Timiryazev. 2020. 150 p.

4. Tagaeva T.O., Kazantseva L.K., Korzhubaeva A.A. Waste management system of production and consumption in Russia // Ecological Bulletin of Russia. – 2016. No. 6. P. 36-41. EDN: VZYMTN

5. Manukyan D.A., Karpenko N.P. Theory and methodology of monitoring technoprirodnye systems: monograph. M.: MGUP. 2009. 307 p. EDN: QKSIRP

6. [Electronic resource] <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/29573> (accessed 09.12.2025).

7. Kudinov V.N. Degassing and reclamation of lands disturbed by landfills and landfills of solid household waste. – Abstract for the degree of candidate of technical Sciences. M.: 2002. 20 p.

8. Smetanin V.I., Solomin I.A., Solomina O.I. Textbook on course design: project of a landfill for solid household waste disposal. Moscow: MGUP. 2006. 68 p.

9. Vedyashkin A.S., Akhmedova N.R. Development of a method for protecting groundwater from pollution in solid waste storage areas // Bulletin of Tomsk State University. 2010. No. 300. P. 200-201.

10. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Drinking water and water supply in populated areas. Drinking water. Hygienic requirements for the water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control» M.: Ministry of Health of Russia. 2002. 103 p.

11. SanPiN 2.1.3684-21 «Hygienic requirements for the design and maintenance of landfills for solid household waste». – Moscow: Ministry of Health of Russia. 7 p.

12. The Water Code of the Russian Federation dated 06/03/2006 No. 74-FZ (as amended on 08/08/2024) (as amended and supplemented, intro. effective from 01.01.2025). Moscow: Government of the Russian Federation. 51 p.

13. Federal Law, No. 7-FZ «On Environmental Protection» (introduction. 2002-01-10). – Moscow: Government of the Russian Federation. 2002. 33 p.

14. Federal Law, No. 89-FZ «On Production and Consumption of Waste» (as amended on 08/04/2023). Moscow: Government of the Russian Federation. 1998. 76 p.

About the authors

Nina P. Karpenko, D.Ss (Tech), associate professor, leading researcher, Federal Research Center VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; <https://orcid.org/0000-0002-0589-3632>; SPIN-code: 3054-6462, RSCI AuthorID: 532745; WOS Research ID AAD-9045-2022; Scopus Author ID: 57205643378; npkarpenko@yandex.ru

Boris I. Korzhenevsky, CSs (Geol-min), leading researcher, IgHE RAS named after E.M. Sergeev; <https://orcid.org/0000-0001-7663-9677>; 542609@list.ru

Gleb Yu. Tolkachev, CSs (Geogr), leading researcher, E.M. Sergeev Institute of State Economics of the Russian Academy of Sciences; <https://orcid.org/0000-0001-6983-7106>; k-26@yandex.ru

Contribution of the authors

N.P. Karpenko – general guidance, methodology for constructing the article, introduction, research results, conclusions

B.I. Korzhenevsky – processing of hydrochemical data on the test site

G.Y. Tolkachev – development of water protection measures