

УДК 551.4:628.4(476.7)

Евгений Александрович Кухарик¹, Екатерина Николаевна Басалай²¹канд. геол.-минерал. наук, доц., зав. лабораторией современной геодинамики и палеогеографии
Института природопользования Национальной академии наук Беларуси²канд. геогр. наук, проректор по идеологической и воспитательной работе
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина**Evgeniy Kukharik¹, Katsiaryna Basalai²**¹Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,
Head of the Laboratory of Modern Geodynamics and Paleogeography
of Institute for Nature Management of National Academy of Sciences of Belarus²Candidate of Geographical Sciences, Vice-Rector for Ideological and Educational Work
of Brest State A. S. Pushkin Universitye-mail: ¹shzhk@mail.ru; ²basalaiekaterina@yandex.ru**ТЕХНОМОРФЫ КОММУНАЛЬНОГО ТИПА
ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ:
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И ВЛИЯНИЯ НА ГЕОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ***

Рассмотрены особенности формирования и функционирования аккумулятивных и денудационных техноморф коммунального типа на территории юго-западного региона Беларуси. Установлено, что в пределах полигонов и мини-полигонов к настоящему времени накоплено около 13 млн м³ техногенных отложений. Показано, что эксплуатация полигонов твердых коммунальных отходов приводит к формированию устойчивых геохимических аномалий в покровных отложениях и загрязнению поверхностных вод.

Ключевые слова: техноморфы коммунального типа, полигон твердых коммунальных отходов, юго-западная Беларусь.

**Technomorphs of Public Utility Type of the Southwestern Belarus Area:
Formation Features and Influence on the Geological Environment**

The features of formation and distribution of both accumulative and denudation technomorphs of public utility type in the territory of the South-West region of Belarus are considered. It is established that within the boundaries of polygons and mini-polygons about 13 million m³ of technogenic deposits have been accumulated by now. It's shown that the exploitation of household waste disposal sites leads to the formation of stable geochemical anomalies in cover deposits and pollution of surface waters.

Key words: technomorphs of public utility type, household waste disposal site, south-western Belarus.

Введение

Изменение компонентов природной среды, в том числе и литосферы, в настоящее время происходит в условиях все более возрастающего техногенного воздействия. Это обусловлено прежде всего ростом численности населения на планете Земля, что влечет за собой увеличение производительных сил человека, вовлечение в сферу его жизнедеятельности новых территорий и потребление все больших объемов природных ресурсов. Одним из негативных последствий перечисленных выше процессов является ежегодное возрастание объемов образующихся твердых отходов, значительная часть которых аккумулируется и захоранивается в пределах специально созданных полигонов и стихийных свалок, которые являются техноморфами коммунального типа [1]. Они сформированы техногенными отложениями, состоящими из мусора и отходов различных фракций и состава, а также слоями изолирующих грунтов. Твердые отходы,

*Часть результатов по поверхностным водам, представленных в данной статье, получена в течение 2022–2023 гг. при выполнении проекта Х22Б-010 (№ госрегистрации 20220931) при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (руководитель – Н. В. Михальчук; исполнители – А. В. Безручко и др.).

как правило, не разлагаются в течение сотен лет и, как правильно отмечает П. А. Водопьянов, не входят в структуру природных круговоротов вещества и энергии [2]. Важно отметить, что образование и дальнейшее существование действующих и/или рекультивированных полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) и свалок не только приводит к техногенным изменениям рельефа земной поверхности, но также сказывается на формировании устойчивых ареалов загрязнения покровных отложений и поверхностных вод. Это обуславливает постоянное внимание к рассматриваемой проблеме специалистов в области геоэкологии, региональной геологии и геоморфологии не только в Беларуси [1; 3–8], но и в странах ближнего и дальнего зарубежья [9–13].

Определенный интерес для изучения особенностей образования и функционирования полигонов твердых коммунальных отходов и стихийных свалок как техногенных морфообразований на земной поверхности и источников загрязнения покровных отложений и поверхностных вод является территория юго-западной Беларуси. Этот регион отличается относительно развитой промышленной инфраструктурой, наличием крупных населенных пунктов, что, естественно, влечет за собой образование заметных объемов твердых отходов, складывающихся или захораниваемых на площадках полигонов или несанкционированных свалок.

Целью исследования является установление особенностей формирования техноморф коммунального типа и их влияния на геологическую среду юго-западного региона Беларуси, а также оценка их воздействия на геохимический фон покровных отложений и поверхностных вод прилегающих к ним территорий.

Материалы и методы исследования

Изучение основных параметров техноморф коммунального типа (площадь, высота, объем накопленных отходов и др.) производилось в период с 2017 по 2024 г. при выполнении полевых работ на территории юго-западной Беларуси. Внимание было уделено полигонам ТКО, которые являются относительно крупными объектами, действующими вблизи городских населенных пунктов, а также мини-полигонам, в основном приуроченным к сельским поселениям, и отдельным стихийным свалкам. Полученные материалы были дополнены данными дистанционных съемок, что позволило составить схему распространения техноморф коммунального типа и подсчитать занимаемую ими совокупную площадь и примерный объем аккумулированных отходов. При описании сформированных техноморф коммунального типа авторы опирались на опубликованную генетическую классификацию техногенных геологических процессов и создаваемого ими рельефа [1].

Отбор проб покровных отложений производился по профилям в зоне влияния полигонов ТКО на удалении 10, 30, 60, 110 и 200 м. Изученные объекты расположены вблизи д. Саки Жабинковского р-на (два профиля, 10 проб), д. Медно Брестского р-на (три профиля, 15 проб), д. Омелино Брестского р-на (три профиля, 15 проб), д. Суходол Каменецкого р-на (три профиля, 15 проб). Отобранные пробы изучены при помощи спектрального анализа в филиале «Центральная лаборатория» РУП «Научно-производственный центр по геологии». Геохимической аномалией считалось содержание микроэлемента, превышающее кларк концентрации в два и более раза. Кларки концентрации для отдельных микроэлементов определялись по [14].

При оценке воздействия на поверхностные воды в качестве объектов исследований выступали полигоны ТКО городов Бреста, Кобрин, Пинска и Лунинца. Отбор проб воды производился как непосредственно в пределах полигонов, так и в их контактной полосе и санитарно-защитных зонах (СЗЗ). Для оценки поверхностных вод в зонах влияния полигонов ТКО выполнен отбор проб из прудов (на территории полигона ТКО г. Лунинца, в контактной с полигоном ТКО г. Кобрин полосе на удалении

от полигонов городов Пинска и Бреста на расстояние 400 м) и обводных каналов (в контактной зоне полигонов ТКО городов Пинска и Лунина и на удалении в юго-восточном направлении от полигона ТКО г. Пинска на 200–250 м).

Химико-аналитические исследования проб проводились в лабораториях Полесского аграрно-экологического института Национальной академии наук Беларуси (гидроэкологии и экотехнологий, биогеохимии) по стандартным методикам измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь.

Оценка гидрохимического состояния поверхностных вод в зонах влияния полигонов ТКО осуществлялась по трем группам показателей:

1) содержание макрокомпонентов (сухой остаток, сульфаты, хлориды, аммоний-ионы, нитрат-ионы, фосфат-ионы, окисляемость бихроматная (ХПК) и биохимическое потребление кислорода (БПК₅);

2) содержание органических соединений (нефть и нефтепродукты (НП) и анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ);

3) концентрация тяжелых металлов (ТМ) и микроэлементов (МЭ) – свинца (Pb), кадмия (Cd), меди (Cu), цинка (Zn), марганца (Mn), никеля (Ni), кобальта (Co), хрома (Cr), молибдена (Mo), ртути (Hg), селена (Se), сурьмы (Sb), мышьяка (As) и олова (Sn).

Кроме того, в пробах вод определялся показатель pH.

Определение содержания хлоридов в водах осуществлялось титриметрическим методом; сухой остаток – гравиметрическим методом; НП – флуориметрическим методом; ХПК – бихроматным методом; pH – потенциометрическим методом; азота нитратного, аммонийного и фосфора фосфатного – фотометрическим методом на спектрофотометре СФ-56. Определение содержания в водах ТМ и МЭ выполнялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре с пламенным атомизатором SOLAAR M6 MkII.

Оценка гидрохимического состояния поверхностных вод в зонах влияния полигонов ТКО производилась путем сравнения фактических данных, полученных в лабораториях, с нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) [15] путем использования геохимического показателя – коэффициента концентрации (K_c), представляющего собой отношение фактической концентрации загрязнителя (C) к ПДК.

Результаты и их обсуждение

Согласно принятой авторами классификации, в состав коммунального типа входят техноморфы аккумулятивного и денудационного генезиса, сформированные в результате сооружения, эксплуатации и рекультивации полигонов ТКО и свалок. По данным Брестского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды, на территории юго-западной Беларуси насчитывается 18 крупных полигонов ТКО, приуроченных к городским населенным пунктам, и 196 мини-полигонов. Совокупная площадь, занятая техноморфами коммунального типа, в регионе оценивается в 260 га. Однако это значение может быть увеличено за счет стихийных свалок, число которых определить невозможно.

К аккумулятивному подтипу относятся техноморфы, представленные насыпями твердых коммунальных и бытовых отходов, ограждающими валами и кавальерами, насыпными основаниями площадок полигонов, сооружаемых в процессе строительства, а также постройки хозяйственной зоны (рисунок 1). В процессе эксплуатации полигонов накапливается слой твердых отходов и формируется насыпь, которая увеличивается в размерах по мере их поступления. После накопления слоя мощностью 2–2,5 м производится его уплотнение при помощи специальной техники и изоляция слоем грунта

мощностью 0,15–0,25 м. В совокупном объеме техногенных накоплений, размещающихся в пределах полигонов ТКО, доля изолирующих грунтов достигает 10 %.



*а – полигон ТКО г. Пинска недалеко от д. Вулька-Городищенская Пинского р-на Брестской обл.;
б – полигон ТКО около д. Медно Брестского р-на Брестской обл.*

Рисунок 1 – Поверхности техноморф коммунального типа

Наиболее мощные по объему аккумуляции твердых отходов сосредоточены в пределах 18 крупных полигонов ТКО. Примером крупного объекта для хранения и захоронения отходов является полигон ТКО г. Пинска, расположенный вблизи д. Вулька-Городищенская Пинского р-на Брестской области. Эксплуатация первого участка ведется с 1973 г., и, по нашим оценкам, за это время был накоплен слой отходов объемом 2,6 млн м³, а высота сформированной техноморфы достигает 20–25 м, иногда более. По данным проведенных нами расчетов, суммарный объем накопленных твердых отходов на всех 18 крупных полигонах региона составляет около 11,1 млн м³.

На мини-полигонах также накапливаются твердые отходы, однако в значительно меньших объемах. Так, на мини-полигонах вблизи деревень Омелино и Медно Брестского р-на Брестской обл. сосредоточено около 35 000 и 6 800 м³ твердых отходов соответственно, а на мини-полигоне вблизи г. п. Ружаны Пружанского р-на Брестской обл. – около 3 700 м³. Выполненные расчеты показали, что на всех мини-полигонах юго-западного региона Беларуси всего аккумуляровано около 1,9 млн м³ отходов.

Подтип денудационного рельефа представлен выемками полигонов большой, средней и малой мощности и мини-полигонов, выровненными участками полигонов, выемками обводных каналов и водоотводных канав, чашами прудов и дезинфицирующих ванн. Трансформация рельефа земной поверхности в связи с проявлением техногенных геологических процессов деструктивного вида начинается с начала сооружения полигона: при строительстве котлована производственной зоны, которая занимает до 95 % площади полигона, изымаются природные грунты, производится их замена изолирующими составами и смесями. Кроме этого, для контроля за состоянием подземных вод предусматривается строительство колодцев, скважин, а для обеспечения концентрированного сбора жидких фильтратов из тела насыпи твердых отходов – обводных каналов и канав, которые также классифицируются как денудационные техноморфы коммунального типа (рисунок 2).



Рисунок 2 – Русло обводного канала на территории полигона ТКО г. Пинска недалеко от д. Вулька-Городищенская Пинского р-на Брестской обл.

Эксплуатация полигонов ТКО сопровождается формированием устойчивых геохимических аномалий в покровных отложениях и поверхностных водах. Так, в зонах воздействия полигонов ТКО установлено повышенное содержание В, Nb, Р, Cu, Pb, Mn, Co, Cr (содержание отдельно взятого микроэлемента превышает кларк концентрации в 1,5–2 раза), а также аномальные значения S, Ni, Y, Ba, Zr (содержание отдельно взятого микроэлемента превышает кларк концентрации в 2 и более раза). В случае неправильного устройства обводных канав и каналов или нарушения их функционирования происходит загрязнение поверхностных вод. По макрокомпонентам (содержание сухого остатка, сульфатов, хлоридов, нитрат-ионов) в пределах полученные значения полигонов не превышают нормативов ПДК. Наиболее высокие уровни загрязнения отмечены для азота аммонийного, фосфора фосфатного и органических веществ по ХПК в водах обводных каналов. Так, в воде обводного канала полигона ТКО г. Пинска содержание азота аммонийного в 4,4–4,6 раза превышает норматив ПДК, содержание органических веществ по ХПК – в 6,9 раза. Высокие концентрации азота аммонийного характерны и для полигона ТКО г. Лунина – коэффициент концентрации находится в пределах 2,1–7,9. В поверхностной воде полигона ТКО г. Лунина отмечаются также превышения ПДК по фосфору фосфатному (в 1,1–3,2 раза) и органическим веществам по ХПК (в 2,6–3,1 раза). По органическим веществам в пределах нормативов ПДК находятся АПАВ. Содержание НП в воде прудов и каналов находится ниже или на уровне ПДК (полигон ТКО г. Лунина), или в 1,2–1,5 раза превышает его (все остальные полигоны).

По содержанию МЭ и ТМ гидрохимическое состояние является в основном благополучным: отмечено их отсутствие в пробах Cd, Co, Se, Sb, As и Sn. Концентрации

Pb, Ni и, кроме единичных случаев, Cu (пруд, полигон ТКО г. Луинец), Cr (канал, полигон ТКО г. Пинска) и Mo (канал, полигон ТКО г. Лунина) не превышают значенный ПДК. По содержанию МЭ и ТМ в обводных каналах возле северной границы полигона ТКО г. Пинска норматив ПДК превышен по Mn; в воде канала, расположенного по потоку грунтовых вод в юго-восточном направлении, превышение является максимальным по Mn и составляет 16,9 раза.

В воде канала отмечено присутствие Cr. В водах прудов отмечаются незначительные (в 1,3 раза) превышения ПДК по Cu и Zn (пруд на территории полигона ТКО г. Лунина), по Zn – в 1,3 раза и Mn в 1,8 раза (пруд возле полигона ТКО г. Бреста), по Mn – в 3,1 раза (пруд при въезде на полигон ТКО г. Кобрин).

При оценке гидрохимического состояния поверхностных вод в зонах влияния полигонов необходимо учитывать воздействие на них от других источников. Например, обводной канал возле полигона ТКО г. Лунина расположен между телом полигона и картами городских очистных сооружений, пруд около полигона ТКО г. Пинска – в непосредственной близости от сельхозугодий, каналы возле этого полигона – в контакте с сельскохозяйственными землями (северное направление) или являются частью мелиорированных агроландшафтов (юго-восточное направление).

Заклучение

1. В результате складирования и захоронения отходов формируются своеобразные аккумулятивные и денудационные техноморфы коммунального типа. Совокупное количество этих морфообразований на территории юго-западного региона Беларуси составляет 214, а объем аккумулированных отходов достигает 13 млн м³.

2. Эксплуатация полигонов ТКО сопровождается формированием устойчивых геохимических аномалий в покровных отложениях. В зоне воздействия полигонов ТКО установлено повышенное содержание B, Nb, P, Cu, Pb, Mn, Co, Cr (содержание в 1,5–2 раза больше кларка концентрации), а также аномальные значения S, Ni, Y, Ba, Zr (содержание в 2 и более раза больше кларка концентрации).

3. Поверхностные воды в зонах влияния полигонов ТКО отличаются в целом благоприятной гидрохимической ситуацией. Среди макрокомпонентов содержание сухого остатка, сульфатов, хлоридов и нитратов и среди органических соединений содержание АПАВ не превышает нормативы ПДК для поверхностных вод.

Наиболее высокие уровни загрязнения в группе макрокомпонентов отмечены для азота аммонийного и органических веществ по ХПК в водах обводных каналов, где их содержание может в 7,9 и 6,9 раза соответственно превышать нормативы ПДК.

По ТМ и МЭ отмечено отсутствие в водах Cd, Co, Se, Sb, As и Sn; концентрации Pb, Ni и, кроме единичных случаев, Cu, Cr и Mo не превышают нормативов ПДК.

Константными загрязнителями поверхностных вод по отношению к нормативам ПДК являются органические вещества по ХПК и азот аммонийный с диапазонами концентраций, соответственно, 65,7–172,0 и 0,48–3,1 мг/дм³, превышения которых отмечены в 83 % проанализированных проб; к приоритетным загрязнителям относятся марганец (75 % проб) и нефтепродукты (67 % проб).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кухарик, Е. А. Современные геологические процессы на территории юго-западной Беларуси / Е. А. Кухарик. – Минск : Беларус. навука, 2024. – 156 с.
2. Водопьянов, П. А. На переломе эпох: выбор стратегии созидания будущего / П. А. Водопьянов. – Минск : Беларус. навука, 2023. – 469 с.

3. Китиков, В. О. Ресурсный и экологический анализ технологий обращения с твердыми коммунальными отходами / В. О. Китиков, И. В. Барановский, И. И. Вага ; под ред. В. О. Китикова. – Минск : Беларус. навука, 2023. – 196 с.
4. Михальчук, Н. В. Типизация полигонов твердых коммунальных отходов Брестской области по эксплуатационным показателям / Н. В. Михальчук, Е. Н. Басалай, А. В. Безручко // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–28 окт. 2023 г. : в 2 ч. / Ин-т природопользования НАН Беларуси, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина, Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: С. А. Лысенко (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2023. – Ч. 2. – С. 123–128.
5. Хомич, В. С. Техногенные гидрогеохимические аномалии в зонах воздействия полигонов твердых отходов / В. С. Хомич, Н. В. Ковальчик, Т. И. Кухарчик // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2006. – № 1. – С. 65–70.
6. Лебедзева, Л. Д. Геолага-гідрагеалагічныя крытэрыі выбару месцаў захавання адходаў вытворчасці і спажывання ў Беларусі / Л. Д. Лебедзева // Літасфера. – 2000. – № 12. – С. 142–145.
7. Кухарик, Е. А. Техногенные морфообразования коммунального типа на территории юго-западной Беларуси / Е. А. Кухарик // Сб. материалов XXII Респ. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 15 мая 2020 г. : в 2 ч. ; под общ. ред. А. Е. Будько. – Брест : БрГУ, 2020. – Ч. 1. – С. 41–42.
8. Техногенные грунты : учеб. пособие / А. Н. Галкин [и др.]. – Минск : Выш. шк., 2020. – 192 с.
9. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов / Л. И. Соколов [и др.]. – М. : Инфра-Инженерия, 2017 – 176 с.
10. Рельеф и человек / Г. Ф. Уфимцев [и др.] ; отв. ред. Т. М. Сковитина, А. А. Щетников. – М. : Науч. мир, 2007. – 200 с.
11. Розанов, Л. Л. Технолитоморфная трансформация окружающей среды / Л. Л. Розанов ; отв. ред. Ю. Г. Симонов. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. – 184 с.
12. Belevi, N. Long-term behavior of municipal solid waste landfills / N. Belevi, P. Baccini // Waste Management & Research. – 1989. – Vol. 7, iss. 1. – P. 43–56. DOI: 10.1016/0734-242X(89)90007-4
13. Peloggia, A. U. G. Geological classification and mapping of technogenic (artificial) ground: a comparative analysis / A. U. G. Peloggia // Revista do Instituto Geológico. – 2018. – Vol. 39 (2). – P. 1–15. DOI:10.5935/0100-929X.20180005
14. Матвеев, А. В. Геохимия четвертичных отложений Беларуси / А. В. Матвеев, В. Е. Бордон. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 191 с.
15. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс] : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 30 марта 2015 г., № 13 : с изм. и доп. от 26 мая 2017 г., № 16 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21529808>. – Дата доступа: 02.10.2024.

REFERENCES

1. Kukharik, Ye. A. Sovriemiennye geologichieskiye processy na territorii jugo-zapadnoj Bielarusi / Ye. A. Kukharik. – Minsk : Bielarus. navuka, 2024. – 156 s.
2. Vodop'janov, P. A. Na pierielomie epokh: vybor strategii sozidaniya budushchiego / P. A. Vodop'janov. – Minsk : Bielarus. navuka, 2023. – 469 s.

3. Kitikov, V. O. Riesursnyj i ekologichieskij analiz tiekhnologij obrashchienija s tvordymi kommunal'nymi otkhodami / V. O. Kitikov, I. V. Baranovskij, I. I. Vaga ; pod ried. V. O. Kitikova. – Minsk : Bielarus. navuka, 2023. – 196 s.

4. Mikhal'chuk, N. V. Tipizacija poligonov tvordykh kommunal'nykh otkhodov Briestskoj oblasti po ekspluatacionnym pokazatieliam / N. V. Mikhal'chuk, Je. N. Basalaj, A. V. Biezhuchko // Aktual'nyje problemy nauk o Ziemlie: issliedovanija transgranichnykh riegionov : sb. materialov VI Miezhdunar. nauch.-prakt. konf., Briest, 26–28 okt. 2023 g. : v 2 ch. / In-t prirodopol'zovanija NAN Bielarusi, Briest. gos. un-t im. A. S. Pushkina, Briest. gos. tiekhn. un-t ; riedkol.: S. A. Lysienko (gl. ried.) [i dr.]. – Briest : BrGU, 2023. – Ch. 2. – S. 123–128.

5. Khomich, V. S. Tiekhnnogiennyje gidrogeokhimichieskije anomalii v zonakh vozdiejstvija poligonov tvordykh otkhodov / V. S. Khomich, N. V. Koval'chik, T. I. Kukharchik // Viestn. BGU. Sier. 2, Khimija. Biologija. Gieografija. – 2006. – № 1. – S. 65–70.

6. Liebiezhieva, L. D. Hieolaha-hidrahiealahichnyja kryteryi vybaru miescau zakhavanija adkhodau vytvorchaschi i spazhyvannia u Bielarusi / L. D. Liebiezhieva // Litasfiera. – 2000. – № 12. – S. 142–145.

7. Kukharik, Je. A. Tiekhnnogiennyje morfoobrazovanija kommunal'nogo tipa na territorii jugo-zapadnoj Bielarusi / Je. A. Kukharik // Sb. materialov XXII Riesp. nauch.-prakt. konf. molodykh uchionykh, Briest, 15 maja 2020 g. : v 2 ch. ; pod obshch. ried. A. Je. Bud'ko. – Briest : BrGU, 2020. – Ch. 1. – S. 41–42.

8. Tiekhnnogiennyje grunty : uchieb. posobie / A. N. Galkin [i dr.]. – Minsk : Vysh. shk., 2020. – 192 s.

9. Sbor i pierierabotka tvordykh kommunal'nykh otkhodov / L. I. Sokolov [i dr.]. – M. : Infra-Inzhenerija, 2017 – 176 s.

10. Riel'jef i chieloviek / H. F. Ufimcev [i dr.] ; otv. ried. T. M. Skovitina, A. A. Shchietnikov. – M. : Nauch. mir, 2007. – 200 s.

11. Rozanov, L. L. Tiekhnnolitomorfnaia transformacija okruzhajushchiej sriedy / L. L. Rozanov ; otv. ried. Ju. G. Simonov. – M. : Izd-vo NC ENAS, 2001. – 184 s.

12. Belevi, H. Long-term behavior of municipal solid waste landfills / H. Belevi, P. Baccini // Waste Management & Research. – 1989. – Vol. 7, iss. 1. – P. 43–56. DOI: 10.1016/0734-242X(89)90007-4

13. Peloggia, A. U. G. Geological classification and mapping of technogenic (artificial) ground: a comparative analysis / A. U. G. Peloggia // Revista do Instituto Geológico. – 2018. – Vol. 39 (2). – P. 1–15. DOI:10.5935/0100-929X.20180005

14. Matviejev, A. V. Gieokhimija chietviertichnykh otlozhenij Bielarusi / A. V. Matviejev, V. Je. Bordon. – Minsk : Bielarus. navuka, 2013. – 191 s.

15. Ob ustanovlienii normativov kachiestva vody povierkhnostnykh vodnykh objektov [Elektronnyj riesurs] : postanovlienije M-va prirodnnykh riesursov i okhrany okruzhajushchiej sriedy Riesp. Bielarus', 30 marta 2015 g., № 13 : s izm. i dop. ot 26 maja 2017 g., № 16 // Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Riespubliki Bielarus'. – Riezhim dostupa: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21529808>. – Data dostupa: 02.10.2024.