

УТИЛИЗАЦИЯ И ЗАХОРОНЕНИЕ ОТХОДОВ

УДК 504

ТЕХНОЛОГИЯ И РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛИГОНОВ ДЕПОНИРОВАНИЯ ИЛОВЫХ ОСАДКОВ КАК ВАЖНЕЙШИЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОКРУЖАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2022 г. П. И. Кашперюк^{1,*}, Е. И. Пупырев^{2,**}, А. А. Лаврусев^{1,***}, В. С. Крашенинников^{3,*}

¹ Национальный исследовательский “Московский государственный строительный университет” (НИУ МГСУ),
Ярославское шоссе, д. 26, Москва, 129337 Russia

² АНО “Информационный центр в проектировании”,
ул. Мишина, д. 56, стр. 2, Москва, 127083 Russia

³ ООО Научно-производственная фирма “Специальные изыскания для высотного строительства” (ООО НПФ “СИБС”),
ул. Архитектора Власова, 45А, Москва, 117393 Russia

*e-mail: npf-sivs@yandex.ru

**e-mail: e.pupyrev@gmail.com

***e-mail: lavrusevich@yandex.ru

Поступила в редакцию 20.10.2021 г.

После доработки 20.10.2021 г.

Принята к публикации 10.11.2021 г.

Сооружение для депонирования осадка сточных вод было построено в конце прошлого — начале нынешнего века для освобождения земли под строительство нового жилого комплекса Марьинский парк. Для своего времени и по сегодняшний день это уникальное инженерное сооружение хранит более 2 млн т обезвоженного осадка хозяйственно-бытовых сточных вод. В процессе развития г. Москвы возникла необходимость оценить геоэкологическое состояние сооружения депонирования осадка сточных вод в районе Марьинского парка. Сделана попытка выявления основных геоэкологических факторов, влияющих на трансформацию физических и механических свойств депонированных грунтов, и установления причин, вызывающих увеличение фактических сроков их литификации при несоблюдении технологии депонирования осадка. Отмечается, что для каждого полигона депонирования грунтов характерны индивидуальные инженерно-геологические условия территории. Учитывая, что наиболее интенсивное разложение продуктов загрязнения и литификация депонированных осадков происходит в аэробных условиях, указывается на особую роль гидрогеологических условий на полигонах депонирования. Результаты натурных исследований и их теоретическое обоснование показывают, что изучение состава, основных физических и механических свойств грунтов на протяжении их депонирования в городских условиях важно для установления особенностей формирования геоэкологических условий крупных городов. Полученные результаты имеют значение как для инженерно-геологической и гидрогеологической оценки условий территорий с накопленным экологическим ущербом, так и для рассмотрения их с геологических позиций. Такой фактор воздействия на грунтовую сферу оснований как гидрогеологический режим подземных вод в случае полигонов депонирования является типичным геоэкологическим фактором, который определяет гомеостаз и его трансформации при антропогенной нагрузке в городских экосистемах. Обоснована недопустимость отступления в строительной практике от предусмотренных проектных решений, определяющих технологию и режим эксплуатации полигонов осадков сточных вод.

Ключевые слова: иловый осадок, депонирование, трансформация инженерно-геологических свойств, геоэкологические особенности, продление накопленного экологического ущерба, экологический анализ

DOI: 10.31857/S0869780922010064

Проблема безопасной ликвидации накопленного экологического ущерба при повторном освоении старых (давно выведенных из эксплуатации) городских территорий, используемых в прошлом в качестве полей фильтрации канализа-

ционных вод и городского водостока, остается и сегодня актуальной для крупных мегаполисов. Повторное освоение подобных территорий неминуемо приводит к необходимости захоронения иловых остатков при рекультивации прямо на ме-

сте или, после частичной утилизации, депонировании большей части осадка на специальных полигонах [3, 5].

Так, в г. Москве в самом конце XX в. при строительстве крупного жилого микрорайона “Марьино” на территории бывших полей фильтрации из-за невозможности использования толщи илового осадка в качестве грунтов основания строящихся жилых корпусов, было принято решение об экскавации ранее захороненных осадков из котлованов под строящиеся здания и перезахоронении их на соседней территории в районе “Капотня” на специально оборудованном полигоне в геотубах из геотекстиля. Хранилище было размещено в парковой зоне жилого района “Марьинский парк” на удалении 500 м от Москвы-реки в 200 м от жилой застройки. Это уникальное в мировой практике инженерное решение.

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛИГОНА

Полигон депонирования осадка представляет собой подземное сооружение, разделенное ряжами на отдельные секции (рис. 1). Ряжи представляют собой железобетонную конструкцию коридорного типа шириной 9.0 м. Секции длиной 450 м, шириной 50 м и глубиной 7–9 м заполнены перемещенным с бывших полей фильтрации осадком. Полигон состоит из семи секций.

По проекту состав технического оборудования сооружения депонирования осадка, помимо железобетонных ряжей, должен был включать в себя:

- противofiltrационную глиноцементную завесу (экран), образующую по периметру полигона замкнутый контур типа “стена в грунте” с врезкой в нижний водопор не менее чем на 1.5 м, толщиной 0.6 м и глубиной 17–19 м;

- нижний и верхний противofiltrационные экраны, состоящие из рулонного газодонепроницаемого материала “бентомат”;

- внутренний кольцевой горизонтальный дренаж с отводом фильтрата в насосную станцию дренажных вод;

- разделительные ряжи для посекционной закладки осадка, представляющие собой две железобетонные плиты, расположенные на расстоянии 9.0 м друг от друга, пространство между которыми заполнено насыпным минеральным грунтом, перекрытым с поверхности бетонными дорожными плитами;

- наружный водосток с отводом вод поверхностного стока в насосную станцию дренажных вод, а затем на Курьяновскую станцию аэрации;

- газодренажные скважины.

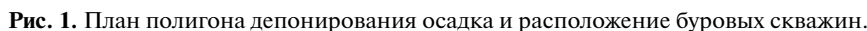
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИГОНА

После 20 лет эксплуатации полигона депонирования илового осадка на участке площадью более 17.5 га муниципальные власти приняли решение о необходимости включения этих площадей в общую рекреационную зону городского парка, окружающего полигон, и заказали АНО “Информационный центр в проектировании” проведение полного комплекса геоэкологических исследований на территории полигона, включающего бурение 31 инженерно-геологической скважины и оборудование 27-ми из них как наблюдательных для геоэкологического мониторинга.

В процессе исследований было установлено, что полигон размещен на поверхности современной поймы Москва-реки с абсолютными отметками 120.56–123.64 м. Поверхность поймы ровная, слаборасчлененная, с небольшим уклоном в сторону русла реки, частично спланирована, окружена парково-лесным ландшафтом. Сам полигон представляет собой вытянутые секции с относительно плоской ровной поверхностью, заполненные осадком и перекрытые с поверхности 1.0–1.6-метровым слоем насыпных песков и задернованным почвенным слоем толщиной 0.2 м, разделенные трапециевидными ряжами, а в пределах проезжей части перекрытые дорожными плитами, возвышающимися над основной поверхностью секций депонирования осадков на 1.2–1.5 м (см. рис. 1). Следует иметь в виду, что абсолютные отметки поверхности тела полигона на 0.2–1.5 м превышают отметки естественной (за пределами полигона) поверхности поймы реки.

Насыпное сооружение повсеместно залегает на современных аллювиальных отложениях поймы Москва-реки (aQ_{IV}), представленных песком средней крупности, в нижней части крупным, неоднородным, средней плотности, водонасыщенным, темно-коричневым, с примесью органических остатков (от 0.2 до 2.0%), с включениями до 20% гравия и гальки, с редкими прослойками и линзами песка мелкого и супеси песчанистой, пластичной. Мощность аллювиальных отложений изменяется от 4.0 (под основной площадью) до 10.2 м за границами сооружения депонирования, при этом там их кровля расположена на отметках 116.3–116.7 м (рис. 2–4). Подошва слоя этих отложений залегает на отметках 107.52–108.84 м.

Четвертичные отложения подстилаются толщей верхнеюрских отложений ермолинского горизонта (J_3er), распространены на участке повсеместно и представлены в верхней части глиной тяжелой древесной, прослоями легкой песчанистой, слюистой, твердой консистенции, коричневатой-серой, с включениями до 20% фосфоритов и перемятых обломков морской фауны. Мощ-



Гидрогеологические условия в пределах полигона простые и характеризуются наличием одного водоносного горизонта надъюрских грунтовых вод современных насыпных грунтов и аллюви-

В процессе исследований выявлено несоответствие проектной документации и фактического исполнения работ:



Рис. 2. Поперечный инженерно-геологический разрез полигона депонирования осадков по линии VIII–VIII (см. рис. 1).

— отсутствуют дренажные трубы в защитном песчаном слое по коллекторам, проложенным по рядам. Из-за этого поверхностные воды не попадают в дренажные колодцы и, соответственно, в насосную станцию;

— местами нарушен верхний защитный слой из геосинтетического материала из-за чего большая часть поверхностных вод поступает в тело депонированных осадков и часто скапливается на поверхности сооружения;

— ни одной пробуренной скважиной не вскрыты ни верхний, ни нижний слой гидроизоляционного покрытия из бентоматов;

— не найдено ни одной газодренажной скважины;

— на территории отсутствуют накопитель и откачка вод инфильтрата с карт, о чем свидетельствует высокий уровень подземных вод в теле депонированного осадка.

УСЛОВИЯ ДЕПОНирования И ХАРАКТЕР ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ

Для понимания условий депонирования осадков сточных вод рассмотрим основные особенности инженерно-геологических условий оборудованного полигона. Геологическое строение грунтовой тол-

щи, вмещающей тело полигона депонирования осадков, приведено на рис. 2–4.

С поверхности до глубины 0.9–6.0 м участок сложен насыпными грунтами (tO_{IV}), состоящими из песка средней крупности, неоднородного, с примесью органики, средней плотности, влажного, местами в нижней части слоя водонасыщенного, от серого до черного, с включениями до 10% щебня и дресвы, с единичными обломками бетона, с комьями и прослойками суглинка легкого песчанистого, мягкопластичного, местами текуче-чепластичного, с низким содержанием органического вещества.

В западной части участка в районе скв. 28 и 29 под песками на глубине 4.5–5.0 м залегает слой, толщиной 1.0–1.5 м, современных техногенных грунтов, состоящих из суглинка легкого песчанистого, тугопластичного, с тонкими прослойками, твердой консистенции, комковатого, черного, с тонкими линзами и прослойками песка мелкого, средней плотности, влажного, с примесью до (27%) органического вещества.

В пределах секций депонирования осадков под слоем защитного перекрытия из охарактеризованных выше насыпных песков (в секции 1 этот слой отсутствует) и сеткой из геотекстиля, до глубин 5.9–10.5 м залегает толща перемещенного илового осадка. Осадок состоит из суглинка, тяжелого песчанистого, преимущественно текуче-



Рис. 3. Продольный инженерно-геологический разрез полигона депонирования осадков по линии V–V (см. рис. 1).

пластичной консистенции, темно-серого, местами черного, с примесью или низким содержанием органического вещества (77% образцов), с включением до 10% дресвы и гравия, с частыми, хаотически расположенными линзами песка пылеватого, рыхлого, водонасыщенного, с отдельными прослойками и комьями глины легкой песчанистой, полутвердой, редко твердой консистенции, с высоким содержанием органического вещества. На отдельных участках в нижней части толщи залегают суглинки, легкие песчанистые, комковатые, тугопластичные, с примесью органического вещества, темно-серые, с включениями дресвы и мелкого щебня (до 5%), с тонкими прослойками песка средней крупности, средней плотности, влажного, и супеси пластичной. Подошва этих отложений залегает на отметках 111.61–117.72 м.

Исследование строения и состава депонированных грунтов иловых осадков на полигоне показали, что в результате их экскавации, транспортировки с полей фильтрации и захоронения эти грунты следует относить к категории перемещенных, поэтому исключена возможность установления закономерности их формирования и пространственных условий залегания, которые имели место на рекультивируемых полях фильтрации до перемещения. Что же касается состава иловых осадков, то в целом он мало изменился, при не-

значительном количестве примеси, вмещающих песков и гравийно-галечных включений аллювиальных отложений, частично захваченных с полей фильтрации.

Согласно материалам изысканий, по **гранулометрическому составу** в иловых осадках преобладают суглинок тяжелый песчанистый – 56.1%, и глина легкая песчанистая – 19.7%; на долю других разновидностей грунтов (глина тяжелая, суглинок легкий и супесь) – приходится всего 24.2% (10.6 10.6 и 3.0% соответственно). В количественном отношении **органики** в этих грунтах содержится от 5.0% до 47.0%, т.е. от примеси до высокого ее содержания.

Из-за несоблюдения режима депонирования грунтов на полигоне, отсутствия дренирования (сбора и откачки подземных вод) грунтов, большая их часть обводнена, и грунты находятся в текучем или текуче-пластичном состоянии. Лишь незначительные объемы иловых осадков находятся в мягко-пластичном состоянии, и только в отдельных случаях на различных глубинах встречаются маломощные участки глин тугопластичной и редко даже твердой консистенции (до 13.4% встречаемости). По всей видимости, глины твердой консистенции в депонированной толще приобрели эту консистенцию еще находясь на полях фильтрации. Исследования состава депонированных грунтов показали, что все они содержат

Скв. 29 Объект: Марьинский парк Дата бурения: 16–18.12.2020 г. Абс. отм. устья: 122.31 м									
Геол. индекс	ИГЭ	Абс. отм. подошвы, м	Глубина подошвы, м	Мощность слоя, м	Инж-геол. колонка, состояние грунта	Образец	Литологическое описание	УГВ	
								повел.	уст.
tIV	1	117.81	4.5	4.5		38	Насыпной грунт – песок средней крупности, средней плотности, с 2.5 метров с прослоями рыхлого, с включениями дресвы, мелкого щебня 5–10%, с единичными включениями обломков бетона, светло-коричневый, влажный. Насыпь слежавшаяся, мерзлая до глубины 0.3 м, с поверхности задернована.		
tIV	1a	116.31	6.0	1.5		211 39	Насыпной грунт: суглинок легкий, песч., тугопластичный, комковатый, с тонкими линзами и прослойками песка мелкого, влажного, черный, с примесью орг. вещества.		
aIV	2	114.31	8.0	2.0		40	Песок ср. крупн., неоднор., ср. плотн., с вкл. мелкого щебня и дресвины 3–5%, с прослойками (до 2–5 см, около 20% от общей массы) супеси песчанистой, пластичной, заторф., черной и суглинка текучеplast., серо-кор., волонасыщ., темно-серый, с запахом разложившейся органики.	6.0	5.0
aIV	3	107.64	14.7	6.7		41 212 42 43 213	Песок крупный, неоднородный, средней плотности, с прослоями (по 20–30 см, около 30% от общей массы) песка средней крупности, с включениями 5–10% слабokatанной гальки, мелкого щебня и дресвы, в подошве до 25–30%, с редкими тонкими, мощностью 5–7 см, прослойками суглинка песчанистого, тугопластичного, серо-коричневого, водонасыщенного, с запахом разложившейся органики.		
f,lgst-d	4	105.81	16.5	1.8		44 214	Глина тяжелая, дресвяная, твердая, с редкими тонкими (1–2 см) прослойками песка средней крупности, плотного, влажного, слабослюдистая, коричневато-серая, с зеленоватым оттенком.		
f,lgst-d	5	98.31	24.0	7.5 вскр.		45 46	Суглинок песчанистый, полутвердый, слабослюдистый, с включениями дресвы, мелкого щебня до 5%, с частыми прослойками (по 3–5 см, около 30% от общ. м.) песка средней крупности, плотного, водонасыщенного, с редкими тонкими, до 1 см, прослойками тугопластичной глины.	16.5	11.2

Рис. 4. Колонка инженерно-геологической скважины за пределами полигона.

органические включения различной степени разложения.

Рассматривая **физико-механические** свойства депонируемых грунтов, следует отметить, что, несмотря на более чем 23-летнее депонирование, сколько-нибудь видимой их литификации, не обнаруживается. Их естественная влажность составляет от 32.9 до 193.4% при среднем значе-

нии 55.0%, а степень водонасыщения составляет 0.95.

Плотность грунта изменяется от 1.18 до 1.90 г/см³ при среднем значении 1.61 г/см³, а коэффициент пористости составляет 1.265. Коэффициент фильтрации этих грунтов изменяется от 0.00003 до 0.001 м/сут при среднем значении 0.0005 м/сут. Срок депонирования характеризуемых грунтов

никак не повлиял на изменения их прочностных и деформационных свойств. Так, значения показателей угла внутреннего трения и сцепления этих грунтов составляют 11° и 0.013 МПа, соответственно, и являются достаточно низкими для глин и суглинков. Значения модулей общей деформации составляют от 1.8 до 10.3 МПа при среднем значении 4.3 МПа, что свидетельствует об их чрезвычайно высокой деформируемости, что отмечалось и до депонирования. То есть срок депонирования этих грунтов никак не повлиял на улучшение их механических свойств, что, по-видимому, обусловлено их водонасыщенностью, связанной с нарушением режима функционирования полигона, предусмотренного проектом, и, в частности, отсутствием гидроизоляции дренажа.

Отсутствие какой-либо временной трансформации основных свойств исследуемых грунтов в теле полигона депонирования осадков полей аэрации, по-видимому, связано с подтоплением его территории и формированием в толще грунтов анаэробных условий, не способствующих разложению органики и должному газовойделению, что в целом свидетельствует о консервации грунтов и значительному удлинению сроков литификации илового осадка.

Экологическое и химическое состояние территории оценивалось путем отбора 140 проб и проведения более 600 анализов содержания химических веществ. Уровень биологического загрязнения территории оценивался по 62 анализам.

Как показали измерения концентрации металлов, мышьяка, полигон находится в удовлетворительном экологическом состоянии, в таком же, как и грунт вне тела полигона, за исключением концентрации некоторых металлов и нефтепродуктов.

Токсикологическое состояние полигона находится на уровне окружающей природной среды. Это показывают результаты анализов грунта на общее микробное число (ОМЧ), яйца гельминтов, дафнии, хлорелла, отобранного из скважины как внутри, так и вне полигона. По результатам анализов *Chlorella vulgaris*, *Geriodafnia affinis*, 51.6% площади полигона составляют грунты, относящиеся к 4 классу опасности, а 48.4% площади — грунты, относящиеся к 5 классу опасности.

Значения концентрации газов в воздухе в скважине на глубине 1 и 7 м различаются, соответственно: сероводорода — от 0.21 и до 0.789 мг/м³, метана — от 131 и до 932 мг/м³, двуокиси углерода — от 4251 до более 18 000 мг/м³, но в том и другом случае они значительно меньше допустимых концентраций. Концентрация металлов на глубинах до 3 м находится в пределах ОДК (за исключением хрома и кадмия). Судя по показателям, эти

составляющие не представляют опасности для окружающей среды.

Радиационный фон на полигоне находится в пределах природного фона данной территории Москвы.

Приведенные результаты исследований в достаточной степени коррелируют с материалами ряда исследователей, в частности А.М. Дрегуло, В.М. Питулько, О.Е. Ясодиной [1, 2, 4], утверждающими, что отклонения в технологии эксплуатации полигонов депонирования и несоблюдения проектных решений при их строительстве приводят к значительному увеличению сроков эксплуатации таких объектов, накоплению экологического вреда и сопровождаются дополнительными необоснованными экономическими затратами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Целью любого депонирования отходов городского хозяйства является скорейшая ликвидация накопленного экологического ущерба и ввод отведенных под захоронение участков в дальнейшую эксплуатацию как геоэкологически чистых территорий.

2. Многочисленные разработки различных исследователей свидетельствуют, что основным фактором, препятствующим процессу разложения органических примесей в осадках сточных вод и литификации их минеральной составляющей, являются анаэробные условия их хранения. В связи с этим проектирование и строительство современных полигонов депонирования осадков сточных вод предполагает водопонижение существующих подземных вод в пределах полигона депонирования и поддержание аэробных условий в толще депонированных осадков на весь период эксплуатации сооружения депонирования.

3. Отсутствие противифльтрационных экранов и дренажной системы на исследованном полигоне депонирования осадков полей фильтрации привели к полному подтоплению и обводнению толщи захороненных грунтов за более чем 25-летний период его эксплуатации. Произошла консервация грунтов депонирования, не приведшая к изменению их физико-механических свойств в сторону их упрочнения, а наоборот, за счет обводнения и изменения состояния илстых грунтов до текучепластичного и текучего, ухудшило их прочностные и деформационные свойства по сравнению с первоначальными, сформировавшимся на полях фильтрации в инфильтрационных условиях.

4. Несмотря на вышеперечисленное, полигон не представляет бактериологической и токсикологической опасности. Почва полигона либо не опасная, либо умеренно опасная. При полном пе-

рекрытии полигона неопасным грунтом территория полигона может быть использована для целей рекреации, а геологическое строение и физико-механические свойства депонированных грунтов полигона допускают передвижение по нему легкой техники и строительство временных сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрегуло А.М. Трансформация иловых карт в объекты накопленного экологического ущерба: риски, факторы, техногенез. М.: Изд. дом "БИБЛИО-ГЛОБУС", 2019. 270 с.
2. Питулько В.М., Дрегуло А.М., Кулибаба В.В. Теоретические аспекты экологического риск-анализа техногенного воздействия от объектов накопленного экологического вреда // Журнал естественно-научных исследований. 2017. Т. 2. № 3. С. 9–24.
3. Потапов П.А., Пупырев Е.И., Потапов А.Д. Методы локализации и обработки фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов. М.: Изд-во АСВ, 2004. 168 с.
4. Ясодина О.Е., Суржко О.А., Пахомова Н.Е. Эколого-экономическая оценка предотвращения ущерба от сброса сточных вод // Безопасность жизнедеятельности охраны труда и окружающей среды. 1998. № 2. С. 44–46.
5. Schmauly H. Innovationen In der Abwassertechnik // Korrespondenz Abwasser. 1999. V. 46. № 9. P. 1340–1345.

TECHNOLOGY AND OPERATION MODE OF SLUDGE DEPOSITION POLYGONS AS IMPORTANT GEOENVIRONMENTAL FACTORS FOR SURROUNDING AREAS

P. I. Kashperyuk^{a,#}, E. I. Pupyrev^{b,##}, A. A. Lavrusevich^{a,###}, and V. S. Krashenninnikov^{c,#}

^a National Research Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoe shosse, 26, Moscow, 129337 Russia

^b ANO Design Information Center, ul. Mishina, 56, str. 2, Moscow, 127083 Russia

^c SIVS LLC (R&D), ul. Arkhitekтора Vlasova, 45a, Moscow, 117393 Russia

[#]e-mail: npf-sivs@yandex.ru

^{##}e-mail: e.pupyrev@gmail.com

^{###}e-mail: lavrusevich@yandex.ru

The sewage sludge storage facility was built in late XXth – early XXIst century to free up land for the construction of a new residential complex Mar'insky Park. This unique engineering structure stores more than two million tons of dehydrated sludge of domestic wastewater. In the course of Moscow development, the necessity arose to assess the geoecological state of this sewage sludge storage facility. An attempt was made to identify the main geoecological factors affecting the transformation of physical and mechanical properties of deposited soils and to establish the reasons that cause an increase in the actual terms of their lithification, if the technology of their deposition is not followed. It is noted that each landfill site is characterized by its own individual engineering and geological conditions of the territory. Considering that the most intensive decomposition of pollution products and lithification of deposited sediments occurs under aerobic conditions, it is pointed out that hydrogeological conditions play a special role at the deposition sites. The results of field studies and their theoretical justification show that the issues of studying the characteristics of the composition, the main physical and mechanical properties of soils during their deposition in urban conditions are the most important in the formation of geoecological conditions in large cities. The results obtained are important both for engineering-geological and hydrogeological assessment of the conditions of territories with accumulated environmental damage, and for considering them from a geological point of view. Such a factor of anthropogenic impact on the ground sphere of foundations as the hydrogeological regime of groundwater in the case of landfills is a typical geoecological factor that determines homeostasis and its transformation under anthropogenic load in urban ecosystems. The inadmissibility of deviation in construction practice from the foreseen design solutions that determine the technology and mode of operation of wastewater sludge landfills has been substantiated.

Keywords: silt sediment, deposition, transformation of engineering and geological properties, geoecological features, prolongation of accumulated environmental damage, environmental analysis

REFERENCES

1. Dregulo, A.M. *Transformatsiya ilovykh kart v ob'ekty nakoplennoy ekologicheskoy ushcherby: riski, faktory, tekhnogenes* [Transformation of silt storage facilities into objects of accumulated environmental damage: risks, factors, and technogenesis]. Moscow, Biblio-Globus Publ., 2019, 270 p. (in Russian)
2. Pitul'ko, V.M., Dregulo, A.M., Kulibaba, V.V. *Teoreticheskiye aspekty ekologicheskogo risk-analiza tekhnogennoy vozdetsviya ot ob'ektov nakoplennoy ekologicheskoy vreda* [Theoretical aspects of environmental risk analysis of technogenic impact from objects of accumulated environmental damage]. *Zhurnal estestvennonauchnykh issledovaniy*, 2017, vol. 2, no. 3, pp. 9–24. (in Russian)
3. Potapov, P.A., Pupyrev, E.I., Potapov, A.D. *Metody lokalizatsii i obrabotki fil'trata poligonov zakhoroneniya bytovykh otkhodov* [Methods for localization and treatment of leachate from solid waste landfills]. Moscow, ACB Publ., 2004, 168 p. (in Russian)
4. Yasodina, O.E., Surzhko, O.A., Pakhomova, N.E. *Ekologo-ekonomicheskaya otsenka predotvrashcheniya ushcherby ot sbrosa stochnykh vod* [Ecological and economic assessment of prevention of damage from waste water discharge]. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, okhrany truda i okruzhayushchei sredy*, 1998, no. 2, pp. 44–46. (in Russian)
5. Schmauly, H. Innovationen In der Abwassertechnik. *Korrespondenz Abwasser*, 1999, vol. 46, no. 9, pp. 1340–1345.