

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Научная статья

УДК 502.36/57 + 504.05/06

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ НАКОПЛЕННОГО ВРЕДА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ПЕРВИЧНЫХ ИНДИКАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Андрей Михайлович Дрегуло

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург, Россия

Институт проблем региональной экономики РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

adregulo@bk.ru

Аннотация. Захоронение отходов «на земле/в почве» (в том числе на полигонах) – один из наиболее распространенных способов их изоляции. Однако данный способ обращения с отходами становится причиной появления объектов накопленного вреда окружающей среде (НВОС). Практика инвентаризации потенциальных объектов НВОС до настоящего времени недостаточно эффективна, особенно на этапе идентификации накопленного (хронического) экологического вреда/ущерба для инициирования процесса их внесения в государственный реестр НВОС и последующей ликвидации. Это выражается в том, что пока объект размещения/захоронения отходов находится в перечне государственного реестра объектов размещения отходов, официально его нельзя признать объектом НВОС. В данном случае обнаруженное негативное воздействие от объекта будет рассматриваться как экологическое правонарушение, а не как проявление накопленного (хронического) экологического вреда. В исследовании рассматриваются индикативные признаки техногенного влияния потенциальных объектов НВОС: полигон твердых коммунальных отходов, полигон осадков сточных вод и деградированные иловые площадки, рекультивированные карьеры добычи полезных ископаемых. Результаты исследования и систематизации геоэкологических факторов экологического вреда позволили нам обосновать 5 первичных индикативных признаков деградации компонентов природной среды от различного типа объектов НВОС. Сопоставление объектов НВОС по критерию подобия (загрязнения) на основе биномиального распределения показывает, что даже при депонировании одного типа отходов между объектами НВОС нет выраженных факторов схожести по загрязнению, а следовательно, первичная инвентаризация объектов НВОС может привести к ошибочным результатам, в т.ч. к увеличению объема работ и затрат на рекультивацию, вследствие чего эффективность дальнейших мероприятий по ликвидации НВОС будет значительно снижена.

Ключевые слова: накопленный вред окружающей среде, полигоны, отходы, подземное природное пространство, первичные признаки, захоронение отходов

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00034, <https://rscf.ru/project/23-27-00034/>.

Для цитирования: Дрегуло А.М. Идентификация объектов накопленного вреда окружающей среде на основе первичных индикативных признаков деградации подземного пространства // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 3 (70). С. 125–138. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

IDENTIFICATION OF OBJECTS OF ACCUMULATED ENVIRONMENTAL DAMAGE BASED ON PRIMARY INDICATIVE SIGNS OF DEGRADATION OF UNDERGROUND SPACE

Andrei M. Dregulo

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

Institute for Regional Economic Studies, RAS, Saint Petersburg, Russia

adregulo@bk.ru

Abstract. Disposal of waste in the soil is one of the most common ways to neutralize it. However, this entails significant risks to the environment, leading to the appearance of objects of accumulated environmental damage (AED). Despite the efforts made by the state (separate collection, prohibition of disposal of certain types of waste, etc.), it must be recognized that minimizing environmental damage associated with waste is only possible with an integrated approach to solving the problem. The objects of disposal or waste treatment are often formed as natural-and-technical systems that ensure environmental safety, having a number of distinctive features of their targeted exploitation. The life cycle of such natural-and-technical systems is determined by the time frame of exploitation or the volume of deposited waste, and therefore, systems of this type realize and exhaust their resource as accumulative systems (of collection / storage / disposal) of waste. The results of the study and systematization of geoecological factors of AED made it possible to formulate in the paper 5 primary indicative signs of degradation of territories and underground space caused by various



Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

types of AED. Comparison of AED objects by similarity (pollution) criterion based on binomial distribution shows that even when depositing the same type of waste, there are no pronounced factors of similarity in pollution between objects: firstly, concentration values may differ by an order of magnitude, secondly, external conditions and similarity of composition in polluting components characterizing the operation of specific facilities may vary significantly – and therefore, primary inventory of AED factors can lead to erroneous results on which further work on the elimination of AED will depend, including an increase in the volume of work and the cost of reclamation.

Keywords: accumulated environmental damage, landfills, waste, underground natural space, primary signs, waste disposal

Funding. The research was supported by the Russian Science Foundation grant No. 23-27-00034, <https://rscf.ru/project/23-27-00034/>

For citation: Dregulo, A.M. (2024). Identification of objects of accumulated environmental damage based on primary indicative signs of degradation of underground space. *Geographical Bulletin*. No. 3(70). Pp. 125–138. doi: 10.17072/2079-7877-2024-3-125-138

Введение

Деятельность по обращению с отходами без преувеличения является одной из труднорешаемых экологических проблем постиндустриального общества [26]. Для многих регионов РФ это проблема обостряется недостаточным финансированием [12], тарификацией услуг по обращению с отходами [21], отсутствием эффективной системы учета образовавшихся и утилизируемых отходов [15]. Несмотря на прикладываемые усилия со стороны государства (раздельный сбор, запрет на захоронение отдельных видов отходов и т.д.) [9], необходимо признать, что минимизация вреда окружающей среде, связанного с отходами, возможна только при комплексном подходе к решению проблемы.

Часто объекты захоронения или обработки отходов сформированы как природно-технические системы (ПТС). Жизненный цикл таких ПТС обусловлен временными рамками эксплуатации или объемами депонированных отходов, а следовательно, подобного типа ПТС реализуют и исчерпывают свой ресурс как *накопительные системы* (сбора/хранения/захоронения) отходов. Иначе – это длительный *процесс накопления* отходов, следствием которого является деградация почв [11], водных объектов [27], неконтролируемое выделение свалочных (в т.ч. парниковых) газов [30], возникновение техногенных ландшафтов [5; 27]. Осложняет проблему усиливающееся влияние климатических изменений (увеличение количества выпадения атмосферных осадков), которое становится причиной обводнения отходов, увеличения объема токсичного свалочного фильтрата, содержащего тяжелые металлы [22], органические и лекарственные соединения [29], бактерии кишечной палочки [23], микропластик [28] и др.

Учитывая непрерывный процесс *накопления* отходов, с течением времени подобные ПТС приобретают признаки хронического, накопленного вреда окружающей среде (НВОС). Однако (1) ведение государственного реестра объектов размещения отходов (ГРОРО) («объекты размещения отходов, введенные из эксплуатации, в том числе рекультивированные или законсервированные») [14], (2) практика включения потенциальных ОНВОС в государственный реестр (ГРОНВОС) [11], включая (3) методы первичной инвентаризации, (4) экологического контроля и мониторинга за потенциальными ОНВОС, не достаточны для выявления и ликвидации объектов НВОС (ОНВОС). Это выражается в том, что пока объект ПТС находится в перечне ГРОРО, его официально нельзя признать ОНВОС. Обнаруженное негативное воздействие в таком случае будет рассматриваться как экологическое правонарушение, а не как проявление *накопленного* (хронического) экологического вреда.

Проблема идентификации НВОС в мировой и российской практике

В мировой практике для идентификации и систематизации социально-экономических и экологических проблем хозяйственной деятельности используется комплекс мероприятий оценки кумулятивных эффектов. В значительной степени это влияние связано с захоронением отходов, что в свою очередь приводит не только к нарушению ассимиляционного потенциала окружающей среды, но и к снижению качества жизни населения, проживающего вблизи объектов негативного воздействия [32]. Одним из наиболее заметных шагов в направлении исправления ошибок постиндустриального общества стал принятый в 1980 г. в США «Закон о всеобъемлющих мерах по охране окружающей среды, компенсации и ответственности 1980 г.» (CERCLA) [33]. Этот закон и вносимые в него последующие поправки в 1986 г. (SARA) позволили выявить наиболее существенные проблемы при реализации Программы Суперфонда [34]. Несмотря на то, что программа достигла некоторых позитивных результатов,

путь от выявления экологического ущерба до восстановления территорий (ландшафта) и последующего их использования очень громоздок и не приводит к быстрому устранению негативных последствий и рисков для здоровья населения [30]. Хотя различные подходы к улучшению используются несколько десятилетий, вопросы, касающиеся экологического вреда, накопленного вследствие хозяйственной деятельности (включая трансграничного переноса загрязнений), часто окрашены политическим контекстом [31] и поэтому всегда являются дискуссионными в плане реализации и проведения СЕА на конкретной территории, т.е. в соответствии с национальными стандартами. В России понятие НВОС является интегральной характеристикой вреда (неважно вследствие чего он возник), в отличие от зарубежной практики выделения категорий хозяйственной деятельности, вследствие которой был нанесен ущерб (будь то сельскохозяйственная деятельность, туризм, промышленность и т.д.). На начало 2022 года в РФ в реестр объектов НЭВ внесено 442 объекта разного уровня опасности (вреда/ущерба), которые занимают площадь более 4200 км². Количество населения, проживающего на территориях, обремененных негативным воздействием вследствие расположения объектов НЭВ, составляет более 12,6 млн). В региональной практике проблему ликвидации ОНВОС наиболее практично рассматривать на примере крупных агломераций. Санкт-Петербургская агломерация – одна из крупнейших агломераций России с высокими темпами урбанизационных процессов [6; 19]. Особое место в развитии Санкт-Петербургской агломерации как крупнейшего экономического узла в Балтийском регионе занимает «экономика качества» жизни [10]. В это понятие, помимо различных аспектов развития жилищно-коммунального хозяйства, включается весь спектр урбанизационных проблем, которые решаются через ключевые направления: развитие транспортной сети [18], развитие регионального топливно-энергетического комплекса [1], совершенствование системы здравоохранения [17], цифровой трансформации городского управления и развития [12]. Однако проблема утилизации отходов и ликвидации ОНВОС вследствие прошлой хозяйственной (экономической) деятельности до настоящего времени остается одной из наиболее острых. Не последнюю очередь в этом играют промышленные предприятия. После широкой приватизации 1990-х гг. стало очевидным, что наибольшее негативное воздействие оказывают именно промышленные предприятия, а также предприятия, осуществляющие деятельность по обращению с отходами. Тем не менее руководство региональных предприятий стремится к реализации целей устойчивого развития и намерено для этого включаться в работу с городскими властями [4], что, вероятно, будет благоприятной основой для адаптации внутреннего городского пространства, обремененного ОНВОС, однако это требует совершенствования подходов идентификации объектов накопленного вреда окружающей среде. Цель статьи – выявление признаков деградации подземного природного пространства ПТС утилизации отходов для обоснования инициирования мероприятий отнесения их к объектам накопленного вреда окружающей среде (на примере ОНВОС, расположенных в Санкт-Петербургской агломерации).

Материалы и методы

В исследовании мы рассматриваем проблемы деградации природного подземного пространства под влиянием ПТС захоронения отходов – потенциальных ОНВОС, расположенных в водосборной части Финского залива на территории Санкт-Петербургской агломерации в России (рис. 1).

Под подземным природным пространством (в т.ч. в городской среде) мы подразумеваем *«часть недр, используемую в качестве среды для пребывания людей, размещения объектов производственной, научной и иной деятельности, а также используемую в качестве среды для протекания имеющих практическое применение процессов»* [9]. Данная трактовка несколько отличается от принятой в Законе РФ «О недрах» [3], тем не менее, на наш взгляд, она предлагает более точное определение предмета исследования. В работе рассматриваются индикативные признаки техногенного влияния потенциальных ОНВОС: полигон твердых коммунальных отходов (П_ТБО), полигон осадков сточных вод (П_ОСВ) и деградированные иловые площадки (ДИП). Отдельно мы рассматриваем практику захоронения отходов в котлованах – местах добычи полезных ископаемых (КДПИ) (рис. 2.).

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

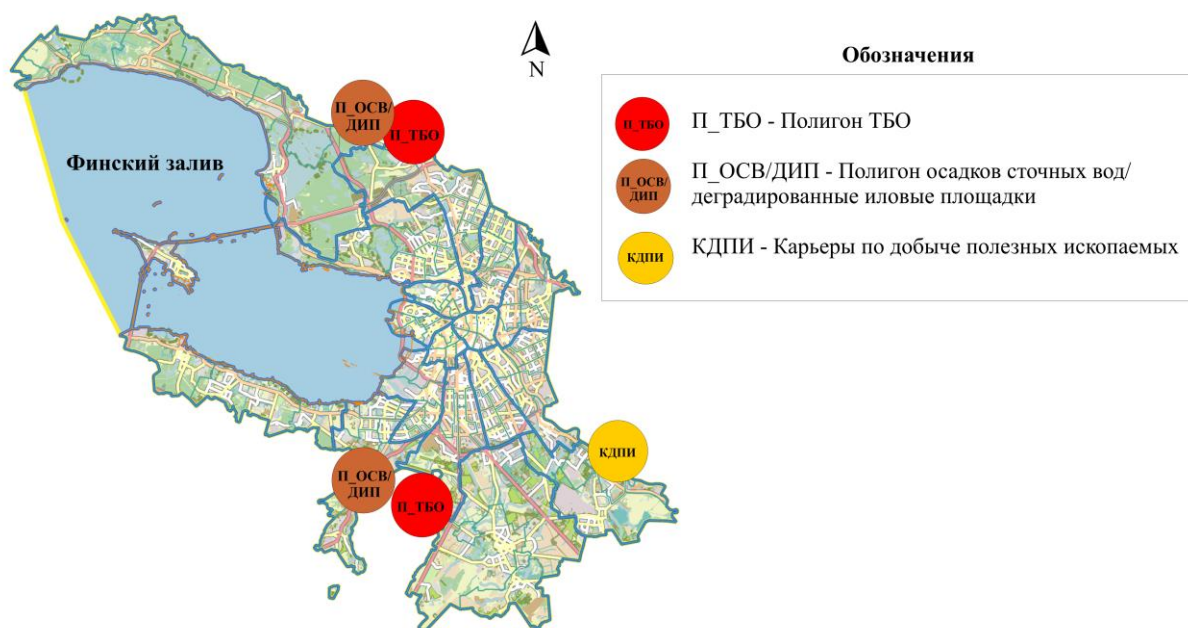


Рис. 1. Расположение объектов НВОС на территории Санкт-Петербурга

Fig. 1. Location of objects of accumulated environmental damage (AED) on the territory of St. Petersburg



Рис. 2. Потенциальные объекты НВОС (П_ТБО, П_ОСВ/ДИП, КДПИ) не включенные в ГРОНВОС

(составлено автором по материалам из открытых источников)

Fig. 2. Potential AED objects not included in the state register of AED objects

(compiled by the author based on materials from open sources)

Практика захоронения отходов в котлованах – местах добычи полезных ископаемых до настоящего времени используется в России (в частности, в Санкт-Петербурге и Ленинградской области [8]), что, на наш взгляд, является вопиющим проявлением нарушения экологической безопасности, способствующим формированию новых ОНВОС.

Краткое описание исследуемых объектов НВОС:

• **П_ТБО.** Полигоны ТБО функционируют с 1970-х гг., на которых размещались преимущественно твердые коммунальные отходы (ТКО), а также частично производственные/строительные. Общая площадь составляет более 150 га, высота превышает 40 м. Один из полигонов рекулитивирован укрытием грунта.

• **П_ОСВ/ДИП.** Полигоны осадков сточных вод общей площадью ~ 150 га были введены в эксплуатацию в 1980-х гг. Один из объектов был преобразован в полигон на территориях, где располагались иловые площадки, функционирующие с 1950-х гг. Эти сооружения не имели системы сбора фильтра, поверхность дна иловых площадок была сформирована из бетонного покрытия. В настоящее время иловые площадки используются под складирование шлама после промывки труб. При строительстве полигона (приращен к иловым площадкам) на новых участках были сформированы шламонакопители. С 2007 г. (после введения в эксплуатацию заводов по сжиганию осадков сточных вод (ОСВ)) на полигоне захоранивают золу от сжигания ОСВ.

• **КДПИ.** Комплекс малых объектов по добыче песка, располагающихся юго-восточной части Санкт-Петербурга в водосборной зоне р. Невы. После выемки полезных ископаемых в «чашу» котлована захоранивались ТКО, грунт, строительные отходы.

Методологический подход исследования основан на авторском методе идентификации НВОС [24], включающего: ассоциативный метод заключается в изучении объекта со сходными геоэкологическими свойствами и метод парных сравнений – альтернативы одному решению с целью изучения наиболее предпочтительных вариантов восстановления ОНВОС, идентификации общих и частных факторов, влияющих на процессы деградации ландшафта и сопряженной с ним инфраструктуры ПТС. Принципиальная новизна исследования заключается в новом подходе к идентификации ОНВОС, концептуально отличающемся от критериев категорирования объектов ОНВОС [11]. На сегодняшний день практика ликвидации ОНВОС в России основывается на трех главных критериях (всего семь), требующих длительного согласования с органами региональной (федеральной) власти и проведения комплекса инженерно-экологических работ. Нами был предложен и обоснован перечень из пяти ключевых индикативных признаков (критериев): (1) «Объект подвержен влиянию климатических факторов»; (2) «На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры»; (3) «Существует риск деградации компонентов природной среды»; (4) «Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду»; (5) «В настоящее время объект находится в эксплуатации, способствующих деградации земель и подземного пространства», использование которых позволяет минимизировать затраты для получения первичной информации о состоянии ПТС как потенциального НВОС. В качестве материалов использовались открытые данные государственного реестра ОНВОС, фондовые данные, в частности были проанализированы фондовые материалы – ежегодные отчеты Санкт-Петербургского Центра экологической безопасности РАН за период с 2013–2022 гг. Динамика изменений выпадения атмосферных осадков определялась по данным ЯОД-архивов Web Аисори-М ВНИИГМИ-МЦД), за период более 50 лет по данным метеостанций, расположенных в Санкт-Петербурге и Ленинградской области (более 20 станций). В ходе работы использовались реестры ОНВОС за период с 2017–2023 гг. (8 итераций) для сравнительной характеристики вводимых объектов НВОС и оценки сроков их ликвидации. Для статистической обработки и визуализации данных использовались программные продукты QGIS, Surfer. Статистическую обработку данных (построение корреляционных матриц на основе коэффициента корреляции Пирсона измеряющего линейную связь между переменными загрязняющих веществ – 10 наименований) проводили по 3 объектам ОНВОС с привлечением инструментария библиотеки Python Seaborn: statistical data visualization (<https://seaborn.pydata.org/>). Такой подход позволил систематизировать индикативные признаки¹ деградации компонентов природной среды (подземного природного пространства) под воздействием ОНВОС.

Результаты и обсуждение

На сегодняшний день результирующая практика инвентаризации и оценки ОНВОС в России основывается на критериях: (1) площадь территории га/м²; (2) количество населения, проживающего на территории, которая испытывает негативное воздействие вследствие расположения ОНВОС, тыс. человек; (3) количество населения, проживающего на территории, которая находится под угрозой негативного воздействия вследствие расположения ОНВОС, тыс. человек (табл. 1).

¹ Термин «индикативный признак» в данном случае тождествен термину «ориентировочная оценка состояния» по рекомендуемому критерию оценки – описывает использование доступных фактических данных и экспертных заключений, отчетности о состоянии объекта, которые можно будет использовать на регулярной основе в качестве рекомендательных показателей на начальной стадии инициирования отнесения объекта к ОНВОС.

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Таблица 1.

Объекты НВОС, расположенные на территории Санкт-Петербургской агломерации
AED objects located on the territory of the Saint Petersburg agglomeration

№	Город/область	Объект НВОС включенные в ГРОНВОС	Площадь территории/ акватории, га/кв. км	Количество населения, проживающего на территории, которая испытывает негативное воздействие вследствие расположения ОНВОС, тыс. человек	Количество населения, проживающего на территории, ОС которая находится под угрозой негативного воздействия вследствие расположения ОНВОС, (тыс. человек)
1	г. Санкт-Петербург (г. Зеленогорск)	Свалка на территории государственного природного заказника регионального значения «Озеро Щучье» участок 1	1,2	15,322	79,067
2	г. Санкт-Петербург	Приморская свалка в квартале 57Ж Северо-Приморской части Санкт-Петербурга	10,75	9,622	573,024
3	Санкт-Петербургская агломерация Ленинградская область (Тосненский район)	Полигон токсичных промышленных отходов «Красный Бор», Тосненский район, ЛО	67,4	316,995	6 363,42
4	Санкт-Петербургская агломерация Ленинградская область (г. Сосновый Бор)	Закрытая городская свалка ТБО	9,057	68,013	68,013

Как видно из табл. 1, все включенные в ГРОНВОС объекты являются ПТС по захоронению отходов. Следует также сказать, что наиболее вероятным критерием отнесения данных объектов в большей степени является именно политическое решение городских и федеральных властей. Например, один из наиболее опасных объектов НВОС – полигон «Красный Бор». С 2014 г. полигон закрыт, однако его рекультивация стала возможной только после передачи в 2020 г. в федеральную собственность и включения в проект «Чистая страна»². Свалка в Приморском районе (перспективное место для жилой/деловой застройки) длительное время не была ликвидирована из-за наличия обнаруженных токсичных отходов и, соответственно, отказа застройщиков от объекта вследствие обнаруженного загрязнения³. Свалка, расположенная в заказнике «Щучье Озеро», долгое время не эксплуатировалась, но только после расширения территорий (на которых находилась свалка заказника) ее внесли в ГРОНВОС. Закрытая свалка в г. Сосновый Бор в настоящее время рекультивирована. Мы склонны полагать, что вышеуказанный перечень НВОС (табл. 1) не является исчерпывающим. Функционирующие различные типы ПТС захоронения отходов, расположенные на территории Санкт-Петербурга, также имеют признаки НВОС. Однако для них не проводились мероприятия по включению в ГРОНВОС. На основе изучения указанных ПТС со сходными геоэкологическими свойствами НВОС были сформулированы 5 (пять) первичных индикативных признаков деградации территорий и подземного пространства (табл. 2).

² <https://www.gov.spb.ru/press/governor/236421/>

³ <https://mr-7.ru/articles/2023/06/27/primorskaia-svalka-potratis-26-milliarda-chtoby-raskopat-sovetskie-otkhody>

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Таблица 2

Индикативные признаки (геоэкологические факторы) НВОС, способствующие деградации земель
и подземного пространства (составлено автором)
Indicative signs (geoecological factors) of AED objects contributing to the degradation of land and underground space
(compiled by the author)

Тип ОНВОС	Индикативные признаки				
	Объект подвержен влиянию климатических факторов	На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры	Существует риск деградации компонентов природной среды	Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду	В настоящее время объект находится в эксплуатации
П_ТБО	+	-	+	+/- (частично)	+
П_ОСВ/ДИП	+	+	+	+/- (частично)	+
КДПИ	+	-	+	+ / - (частично)	+

Как видно из табл. 2, практически все типы ОНВОС имеют схожие геоэкологические индикативные признаки. Это позволяет их использовать для первичной (формальной) инвентаризации потенциальных ОНВОС. За исключением признака «На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры», факт которого возможно установить только при согласии собственника объекта: во-первых, вследствие невозможности проведения инвентаризационных работ или отсутствия данных (П_ТБО), во-вторых, из-за возможного отсутствия самой инфраструктуры. Тем не менее этот признак очень важен с точки зрения (соответствия режима эксплуатации объекта нормативно-отраслевым требованиям) прогнозных оценок формирования очагов экологического вреда. В некоторых случаях практика деградации инфраструктуры (например, дренажной системы) целенаправленно может скрываться во избежание экологических штрафов [27]. Систематизируя данные потенциальных НВОС на основе биномиального распределения, были сопоставлены характеристики негативного воздействия НВОС по критерию подобия (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительные характеристики потенциального загрязнения от ОНВОС на основе биномиального распределения
(составлено автором)
Comparative characteristics of potential pollution under the influence of AED objects based on a binomial distribution
(compiled by the author)

Загрязняющее вещество	Объекты НВОС		
	П_ТБО	П_ОСВ/ДИП	КДПИ
	(1) превышает допустимые концентрации (0) не превышает допустимых концентраций		
Мышьяк, мг/кг	0	1	1
Кадмий, мг/кг	1	1	0
Медь, мг/кг	1	1	1
Никель, мг/кг	1	1	1
Свинец, мг/кг	1	1	1
Ртуть, мг/кг	1	1	0
Цинк, мг/кг	1	1	1
Нефтепродукты, мг/кг*	0	0	1
Бенз(а)пирен, мг/кг*	0	1	0
Сероводород, мг/кг	0	0	1

* *В настоящее время нет единого норматива по данному элементу, данные о фоновых концентрациях не идентичны у разных авторов (там, где концентрации были выше, фону присваивали значение, равное 1, где ниже или равно – присваивали значение 0). В некоторых исследованиях также отсутствовали те или иные показатели, элемент, которого не было, получал значение 0 (выделены в цвете).

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Выбранные характеристики потенциального негативного воздействия (превышение ПДК загрязняющих веществ) от ОНВОС на основе биномиального распределения позволяют математически описать сравниваемые параметры негативного воздействия ОНВОС и определить сопоставимость загрязнения от разного типа ПТС. Для сопоставления ОНВОС по критерию подобия на основе данных табл. 3 была построена корреляционная матрица биномиального распределения признаков потенциального загрязнения (рис. 3).

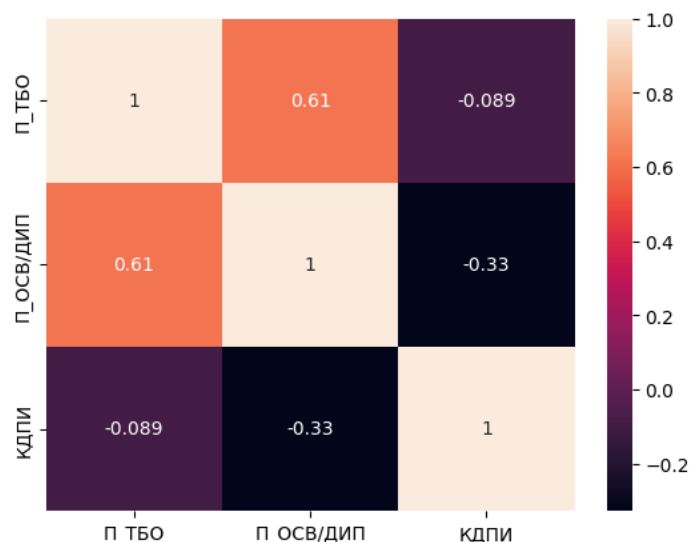


Рис. 3. Корреляционная матрица сходства ОНВОС по признакам загрязнения
Fig. 3. The correlation matrix of AED objects similarity in terms of pollution

Как видно из рис. 3, между ОНВОС нет выраженных факторов схожести, позволяющих формально их оценивать по критерию подобия. Значения корреляции П_ТБО: П_ОСВ/ДИП = 0,61; П_ОСВ/ДИП: КДПИ = - 0,33 и П_ТБО: КДПИ = - 0,089. Факт превышения концентраций загрязняющих веществ хотя и свидетельствует о накопленном (хроническом) экологическом вреде/ущербе, тем не менее подходить к проблеме его ликвидации следует более взвешенно: во-первых, значения концентраций загрязняющих веществ на ОНВОС могут отличаться на порядок, во-вторых, внешние условия и схожесть состава отходов (например, объектов типа П_ТБО и КДПИ) по загрязняющим компонентам могут значительно отличаться, а следовательно, первичная инвентаризация факторов НВОС может привести к ошибочным результатам и, вероятно: (1) ошибке в выборе способа ликвидации вреда (природоохранных мероприятий); (2) увеличению объема работ и затрат на рекультивацию или, наоборот, сформировать недостаточный перечень мероприятий санации/рекультивации ОНВОС. Именно поэтому процесс инициирования мероприятий отнесения различного типа ПТС к объектам накопленного вреда окружающей среде следует рассматривать на предпроектной стадии как совокупность индикативных и зачатую косвенных факторов, но в то же время взаимообусловленных геоэкологических факторов, в длительной перспективе обладающих постепенным усилением эффекта накопленного экологического вреда.

Первый признак. *Объект подвержен влиянию климатических факторов.* Динамика выпадения атмосферных осадков является принципиальным аспектом безопасного захоронения отходов «на земле/в почве». Динамика выпадения атмосферных осадков в регионе расположения НВОС показала, что выпадение атмосферных осадков превышало среднегодовые значения на 200 мм и более (рис. 4.).

Рост выпадения атмосферных осадков мог способствовать деградации инженерных сетей вследствие обводнения отходов (отсутствия возможности отведения избыточной влаги) [27] и, как следствие, потере природозащитных свойств ПТС (второй признак). В частности, критический анализ нормативно-отраслевой практики эксплуатации ПТС обработки отходов водоотведения показывает, что этот фактор практически не учитывается [28].

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

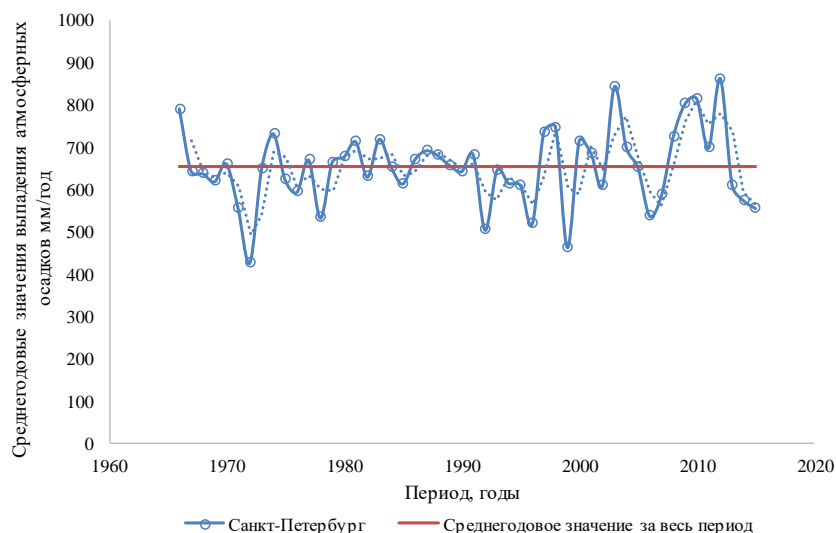


Рис. 4. Динамика выпадения атмосферных осадков районе расположения ОНВОС

Fig. 3. The correlation matrix of AED objects similarity in terms of pollution

Второй признак. На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры, или на объекте отсутствует система геоинженерной защиты. Избыточное обводнение отходов, утилизировать которые (например, после естественной сушки) практически невозможно, что стало причиной захламления (кольматации дренажной системы) инженерных сетей (рис. 5).

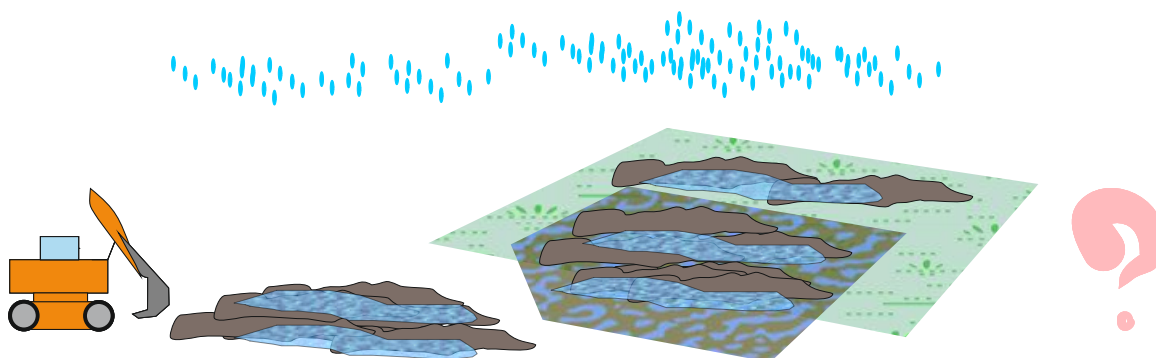


Рис. 5. Обводнение отходов как фактор деградации инфраструктуры (составлено автором)

Fig. 5. Waste watering as a factor of infrastructure degradation (prepared by the author)

Так как введенные в эксплуатацию в 1980-х гг. объекты типа (ДИП или КДПИ) не предусматривали наличие комплексной геоинженерной защиты, фильтрат дренировался в почву. Объекты ДИП использовались под длительное хранение отходов водоотведения, а не цикличную обработку в естественных условиях. Обводнение отходов различного органического состава зачастую провоцирует образование аноксидных зон в теле ПТС (полигона) и, как следствие, длительной (хронической) эмиссии свалочных газов. Как показывают исследования [29], особое внимание к проблеме негативного воздействия от объектов КДПИ стало уделяться из-за ощутимого (органолептическое) обнаружения сероводорода в атмосферном воздухе, распространявшегося от КДПИ на жилые территории.

Третий признак. Существует риск деградации компонентов природной среды. В Федеральном законе № 89 «Об отходах производства и потребления» [29] под размещением отходов подразумевается хранение и захоронение отходов. Другими словами, «хранение и захоронение, согласно этому закону, имеет одно и то же значение – размещение». Закон [30] в редакции 2005 г. подразумевает «обезвреживание» как процесс, направленный на предотвращение хронического негативного воздействия. Проблема возникновения этого признака как потенциального фактора-детерминанта НВОС обнаруживается в изменении интерпретации термина «обезвреживание» (табл. 4).

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

Таблица 4

Термин «обезвреживание» отходов в разных редакциях
Федерального Закона «Об отходах производства и потребления»
The term "neutralization" of waste in various versions of the Federal Law "On Production and Consumption Waste"

В редакции «Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 31.12.2005)	В редакции Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ (текущая редакция)
«обезвреживание отходов – это обработка отходов, в том числе сжигание и обеззараживание отходов на специализированных установках, в целях предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду»	«обезвреживание отходов – уменьшение массы отходов , изменение их состава, физических и химических свойств (включая сжигание, за исключением сжигания, связанного с использованием твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов), и (или) обеззараживание на специализированных установках) в целях снижения негативного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду»

Согласно редакции ФЗ «Об отходах производства и потребления» от 2017 г., только при снижении влажности (а следовательно, и массы) отходов можно говорить о том, что отходы были обезврежены. Тем не менее совокупность вышеприведенных факторов дает основания считать их совместное влияние причиной деградации подземного природного пространства территорий, вмещающих потенциальные ОНВОС (рис. 6).

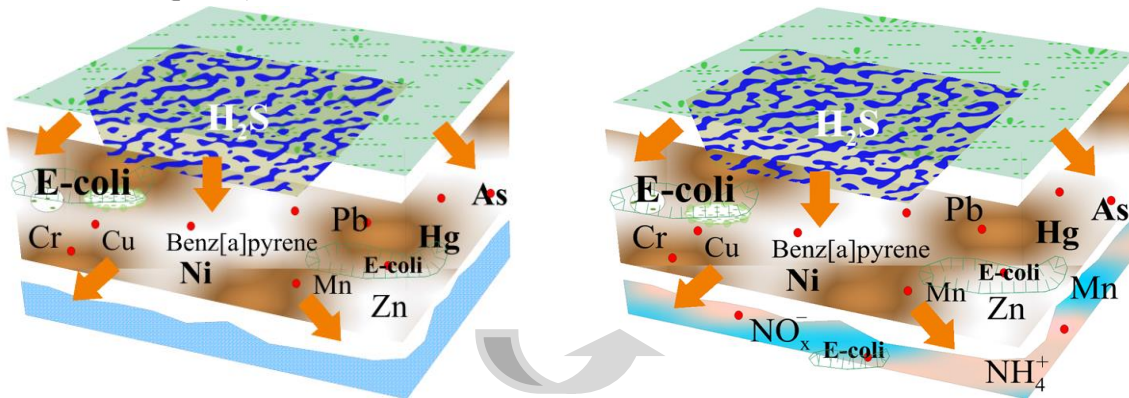


Рис. 6. Загрязнение почв, грунтовых вод и подземного пространства под воздействием ОНВОС (составлено автором)
Fig. 6. Pollution of soils, groundwater, and underground space under the influence of AED objects (prepared by the author)

Сравнительный анализ негативного воздействия потенциальных ОНВОС типа П_ТБО, П_ОСВ/ДИП, КДПИ на окружающую среду показал значительные превышения концентраций тяжелых металлов в почвах в сравнении с фоновыми концентрациями в почвах Европейской части России: меди более чем в 45 раз, свинца более чем в 16 раз, цинка более чем в 5 раз, никеля более чем в 14 раз. Обнаруженная контаминация почв тяжелыми металлами характеризует степень загрязнения почв как «опасную» и «очень опасную». Учитывая усиливающееся выпадение атмосферных осадков в регионе (второй признак), деградация подземного пространства могла быть вызвана диффузией загрязняющих веществ в грунтовые и подземные воды. Загрязнение подземных вод, обнаруженное на П_ОСВ (в той части полигона, где располагаются ДИП), в значительной степени характеризуется превышением органических загрязнений (процессами органоминеральной деструкции органического вещества отходов): концентрация NH_4^+ более чем в 12 раз превышала фоновые концентрации подземных вод, NO_3 более чем в 10 раз, значения химического потребления кислорода в 4 раза превышали значения фона. Концентраций приоритетных (для полигонов депонирования отходов) загрязняющих веществ в подземных водах: железа – превышение в 15 раз, аммиака – превышение в 30 раз.

Четвертый признак. Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду. Этот признак важно учитывать с точки зрения оптимальности мер, применяемых в настоящее время или в прошлом, для снижения негативной нагрузки. В частности, для эксперта на начальном этапе это дает основания считать, что (1) экологический вред все-таки возможен и он хронический, (2) дает основание для проведения более глубокого геоэкологического мониторинга, на основе которого проводятся целевые природоохранные мероприятия на объекте. Далее ОНВОС вносится в государственный реестр, что позволяет получить дополнительное финансирование от государства. Иначе финансовые споры между собственниками и городскими властями стали бы причиной

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

затягивания решения ликвидации экологического вреда, а потерпевшей стороной как правило оказываются люди, проживающие вблизи ОНВОС.

Пятый признак. *В настоящее время объект находится в эксплуатации.* Как уже было отмечено выше, термин «объект накопленного вреда окружающей среде» обычно используют применительно к объектам, выведенным из хозяйственного оборота и включенным в реестр ОНВОС. Тем не менее объекты рассматриваемых типов П_ТБО, П_ОСВ/ДИП или КДПИ независимо от того, назовем мы их объектом захоронения или обработки отходов, являются источниками хронического негативного воздействия, влияющими на окружающую природную среду, иначе для них не предусматривалась бы рекультивация. Этот признак, по сути, определяет, как далее будет осуществляться работы по внесению объекта в реестр ОНВОС.

Выводы

Проведенное исследование позволило получить следующие принципиально важные аспекты развития системы геоэкологического мониторинга за потенциальными объектами НВОС:

- выявление признаков деградации подземного природного пространства ПТС захоронения отходов: (1) «Объект подвержен влиянию климатических факторов»; (2) «На объекте имеются признаки деградации инфраструктуры»; (3) «Существует риск деградации компонентов природной среды»; (4) «Проведены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду»; (5) «В настоящее время объект находится в эксплуатации»; дает возможность более оперативно инициировать процесс их внесения в государственный реестр НВОС;

- сопоставление объектов НВОС по критерию подобия (загрязнения) на основе биномиального распределения между деградированными ПТС захоронения отходов показывает, что даже при депонировании одного типа отходов между объектами нет выраженных факторов схожести по загрязнению, а следовательно, первичная инвентаризация объектов НВОС может привести к ошибочным результатам, в т.ч. увеличению объема работ и затрат на рекультивацию, вследствие чего эффективность дальнейших мероприятий по ликвидации НВОС будет значительно снижена;

- процесс инициирования мероприятий отнесения различного типа ПТС к объектам накопленного вреда окружающей среде следует рассматривать на предпроектной стадии как совокупность индикативных и зачатую косвенных, но в то же время взаимообусловленных геоэкологических факторов, в длительной перспективе обладающих постепенным усилением эффекта накопленного экологического вреда;

- для каждой конкретной технологии почвенной утилизации отходов следует выработать отдельный подход для более эффективной первичной оценки НВОС.

Тем не менее мы полагаем, что предложенный подход идентификации объектов накопленного вреда окружающей среде на основе первичных индикативных признаков деградации подземного пространства следует использовать в комплексе с текущей практикой включения потенциальных ОНВОС в государственный реестр (ГРОНВОС). В целом исследование подтверждает необходимость совершенствования механизмов регулирования государственного экологического мониторинга, в том числе путем включения индикативных признаков деградации подземного пространства под воздействием ОНВОС.

Библиографический список

1. Бондарь Е.Г. Современное состояние и перспективы топливно-энергетического комплекса Санкт-Петербурга и Ленинградской области / Е.Г. Бондарь // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 2 (69). С. 71–77. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-71-77>
2. Дрегуло А.М., Кудрявцев А.В. Трансформация техноприродных систем водоотведения в объекты прошлого экологического ущерба: проблемы нормативно-законодательной базы. Вода и экология: проблемы и решения. 2018. № 3 (75). С. 54–62. URL: <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2018.20.3.54-62>
3. Закон РФ «О недрах» от 21.02.1992 № 2395-1. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (дата обращения 27.06.2023)
4. Замятина М.Ф., Горин Е.А., Фесенко Р.С. Основные направления достижения целей устойчивого производства и потребления и их восприятие предприятиями (на примере Санкт-Петербурга). Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 1 (68). С. 67–80. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-1-67-80>
5. Каштерюк П.И., Пупырев Е.И., Лаврусевич А.А., Крашенинников В.С. Технология и режим эксплуатации полигонов депонирования иловых осадков как важнейшие факторы формирования геоэкологических условий окружающих территорий. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокириология. 2022. № 1. С. 30–38. URL: <https://doi.org/10.31857/S0869780922010064>
6. Корищонов И.В. Проблематика устойчивого развития в стратегиях регионов Северо-Западного федерального округа. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2023. № 1 (72). С. 8–17. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-1-8-17>
7. Кузнецов С.В. Цифровая трансформация петербургской промышленности: общие проблемы и системные решения / С.В. Кузнецов, Е.А. Горин // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 4 (71). С. 67–75. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-4-67-75>

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

8. Кулибаба В.В., Петухов В.В., Зинатулина Е.И., Меринова Е.С. Рекультивированные карьеры приневской низменности — специфическая разновидность объектов накопленного экологического ущерба. Региональная экология. 2016. № 1 (43). С. 108–114.
9. Модельный кодекс о недрах и недропользовании для государств-участников СНГ (принят постановлением Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ от 7 декабря 2002 г. № 20-8). URL: <https://base.garant.ru/2568378/> (дата обращения 23.06.2023)
10. Окрепилов В.В. Анализ и моделирование оценки качества жизни в экономике регионов на концептуальной основе экономики качества / В.В. Окрепилов, Н.Л. Гагулина // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 2 (69). С. 100–105. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-100-105>
11. Питулько В.М., Кулибаба В.В., Иванова В.В. Оценка воздействия объектов накопленного вреда на геосистемы малых рек. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2020. № 6. С. 54–62. URL: <https://doi.org/10.31857/S0869780920060090>
12. Полтораднева Н.Л., Латыпова М.В. Особенности финансирования системы обращения твердыми коммунальными отходами в России: проблемы и перспективы. Финансы и кредит. 2017. Т. 23, № 41. С. 2468–2484. URL: <https://doi.org/10.24891/фс.23.41.2468>
13. Постановление Правительства РФ от 13 апреля 2017 г. № 445 «Об утверждении Правил ведения государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде». URL: <http://static.government.ru/media/files/T1Kcfer2pK6fqAkgP2UW0JQ4oiJq6ttq.pdf> (дата обращения 23.10.2023)
14. Приказ Минприроды России от 30.09.2011 № 792 (ред. от 19.04.2023) «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов» (Зарегистрировано в Минюсте России 16.11.2011 № 22313). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121841/c87218fd61563b6798e448f62895e362f499aa5c/ (дата обращения 23.10.2023)
15. Путинцева Н.А. Роль региональных операторов в организации раздельного накопления отходов. Петербургский экономический журнал. 2019. № 2. С. 101–111.
16. Распоряжение Правительства РФ от 25.07.2017 № 1589-р «Об утверждении перечня видов отходов производства и потребления, в состав которых входят полезные компоненты, захоронение которых запрещается». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/ (дата обращения 23.10.2023)
17. Сафарова А.А., Сафарова Г.Л. Ожидаемая продолжительность жизни в старших возрастах в регионах СЗФО России. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 3 (70). С. 176–186. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-176-186>
18. Соколова Е.В., Стариов Е.Д. Инфраструктурные вызовы глобальных городов: пример транспортной системы Санкт-Петербурга. Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2022. № 3 (70). С. 120–132. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-120-132>
19. Солодилов В.В. Перспективы урбанизации Северной части Ломоносовского района Ленинградской области / В.В. Солодилов // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2023. № 3 (74). С. 173–183. URL: <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-3-173-183>
20. Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 № 89-ФЗ. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения 23.10.2023)
21. Dregulo A.M. Waste Management Reform In Regions Of the Russian Federation: Implementation Issues on the Way To Sustainable Development / A. M. Dregulo, A. M. Khodachek // Geography, Environment, Sustainability. 2022. Vol. 15, No. 1. P. 6–13. URL: <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-078>
22. Dregulo A.M., Bobylev N.G. Heavy Metals and Arsenic Soil Contamination Resulting from Wastewater Sludge Urban Landfill Disposal. Polish Journal of Environmental Studies. 2021. No. 30 (1). P. 81–89. URL: <https://doi.org/10.15244/pjoes/121989>
23. Dregulo A.M., Bobylev N.G. Integrated Assessment of Groundwater Pollution from the Landfill of Sewage Sludge. Journal of Ecological Engineering. 2021. No. 22 (1). P. 68–75. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/128872>
24. Dregulo A.M. Brownfields, Environmental Stability and Renewable Energy: Pathways to Overcome the Imperfection of Cumulative Effect Assessment. Energies 2023. No. 16 (17). P. 1–17. URL: <https://doi.org/10.3390/en16176218>
25. Dregulo A.M. Climate-neutral waste management in The Russian Federation: New approach to sludge treatment on drying beds under climate change. Journal of Water and Land Development. 2022. No. 52. P. 95–100. URL: <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140378>
26. Ferronato N., Torretta V. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019. No. 16 (6). P. 1–28. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
27. Hill S. Making garbage, making land, making cities: A global history of waste in and out of place. Global Environment. 2016. No. 9 (1). P. 166–195. URL: <https://www.jstor.org/stable/26413050>
28. Huerta Lwanga E., Santos-Echeandia J. Soil Remediation Under Microplastics Pollution. In: Rocha-Santos, T., Costa, M., Mouneyrac, C. (eds) Handbook of Microplastics in the Environment. Springer, Cham. 2021. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_23-1
29. Santana J.M., Fraga S.V.B., Zanatta M.C.K., Martins M.R., Pires M.S.G. Characterization of organic compounds and drugs in sewage sludge aiming for agricultural recycling. Heliyon. 2021. No. 7 (4). P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06771>
30. Lioy P.J., Burke T. Superfund: is it safe to go home? Journal of exposure science & environmental epidemiology, 2010. No. 20 (2). P. 113–114. URL: <https://doi.org/10.1038/jes.2009.69>
31. Mitchell R.B. International environmental agreements: A Survey of Their Features, Formation, and Effects. Annual Review of Environment and Resources, 2003. No. 28 (1). P. 429–461. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105603>
32. Njoku P.O., Edokpayi J.N., Odiyo J.O. Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. International journal of environmental research and public health, 2019. No. 16 (12). P. 21–25. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
33. Superfund: CERCLA Overview. URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview> (дата обращения 18.02.2024)

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

34. Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA). URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-amendments-and-reauthorization-act-sara> (дата обращения 18.02.2024)

35. Ziyang L., Luochun W., Nanwen Z., Youcai Z. Martial recycling from renewable landfill and associated risks: A review. *Chemosphere*. 2015. No. 131. P. 91–103. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.036>

References

1. Bondar, E. G. *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy toplivno-energeticheskogo kompleksa Sankt-Peterburga i Leningradskoy oblasti* [The current state and prospects of the fuel and energy complex of St. Petersburg and the Leningrad region]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 2(69), P.71–77. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-71-77> (in Russia)

2. Dregulo A.M., Kudryavcev A.V. *Transformatsiya tekhnoprirodnikh sistem vodootvedeniya v obyektu proshlogo ekologicheskogo vozdeystviya: problemy normativno-zakonodatel'noy bazy* [Transformation of techno-natural systems of water treatment to objects of past environmental damage: peculiarities of the legal and regulatory framework]. *Water and Ecology*, 2018. No. 23(3), P.54–62. <https://doi.org/10.23968/2305-3488.2018.20.3.54-62> (in Russia)

3. *Zakon RF "O nedrakh" ot 21.02.1992 N 2395-I*. [The Law of the Russian Federation "On Subsoil" dated 02/21/1992 N 2395-1] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (accessed 27.06.2023) (in Russia)

4. Zamyatina, M. F., Gorin, E. A., Fesenko, R. S. *Osnovnyye napravleniya dostizheniya tseley vkhlyuchayut proizvodstvo i potrebleniye i pogloshcheniye ikh predpriyatiyami (po printsipu Sankt-Peterburga)* [The main directions for achieving the goals of sustainable production and consumption and their perception by enterprises (St. Petersburg case)]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 1(68), P. 67–80. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-1-67-80> (in Russia)

5. Kashperyuk P.I., Pupyrev E.I., Lavrusevich A.A., Krashennnikov V.S. *Tekhnologiya i rezhim ekspluatatsii poligonov deponirovaniya ilovykh primesey kak vazhneyshiyeh faktorov, formiruyushchiye geokologicheskiye usloviya na prilgayushchikh territoriyakh*. [Technology and operation mode of sludge deposition polygons as important geo-environmental factors for surrounding areas]. *Geokologiya. Inzheneraya geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*. 2022. No. 1, P.30–38. <https://doi.org/10.31857/s0869780922010064> (in Russia)

6. Korshunov, I. V. *Problema problematiki razvitiya v strategiyakh regionov Severo-Zapadnogo federal'nogo okruga* [The problems of sustainable development in regional strategies of the northwest federal district]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2023. No. 1(72), P. 8–17. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-1-8-17> (in Russia)

7. Kuznetsov, S.V., Gorin, E.A. *Tsifrovaya transformatsiya peterburgskoy promyshlennosti: obshchiye problemy i sistemnyye resheniya* [Digital transformation of St. Petersburg industry: common problems and system solutions]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 4(71), P. 67–75. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-4-67-75> (in Russia)

8. Kulibaba V.V., Petukhov V.V., Zinatulina E.I., Merinova E. S. *Rekul'tivirovannyye kar'yery prinevskoy nizmenosti — spetsificheskkiye proyavleniya ob'yektov nakoplennoy ekologicheskogo ushcherba* [Assessment of past ecological damage open pits in the Neva lowland]. *Regional ecology*, 2016. No. 1(43), P.108–114 (in Russia)

9. *Model'nyy kodeks o nedrakh i nedropol'zovanii dlya gosudarstv - uchastnikov SNG (prinyat postanovleniyem Mezhparyament'skoy gruppy gosudarstv - uchastnikov SNG ot 7 dekabrya 2002 g. N 20-8* [Model Code on Subsoil and Subsoil Use for the CIS Member States (adopted by Resolution of the Interparliamentary Assembly of the CIS Member States of December 7, 2002 N 20-8)] <https://base.garant.ru/2568378/> (accessed 23.06.2023) (in Russia)

10. Okrepilov, V.V., Gagulina, N.L. *Analiz i modelirovaniye ocenki kachestva zhizni v ekonomike regionov na konceptual'noy osnove ekonomiki kachestva* [The analysis and modeling of quality of life assessment of the region's economy on the conceptual basis of economics of quality]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 2(69), P. 100–105. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-2-100-105> (in Russia)

11. Pitulko V.M., Kulibaba V.V., Ivanova V.V. *Otsenka vozdeystviya ob'yektov nakoplennoy vreda na geosistemy melkikh rek* [Assessment of accumulated environmental damage impact on small river geosystems]. *Geokologiya. Inzheneraya geologiya, Gidrogeologiya, Geokriologiya*, 2020. No. 6, P. 54–62. <https://doi.org/10.31857/s0869780920060090> (in Russia)

12. Poltoradnaya, N. L., Latypova, M. V. *Osobennosti sistem finansirovaniya obrashcheniya prochnymi kommunal'nymi otkhodami v Rossii: problemy i perspektivy* [The financing of the municipal solid waste treatment system in Russia: Challenges and prospects]. *Finance and Credit*, 2017. No. 23(41), P. 2468–2484. <https://doi.org/10.24891/fc.23.41.246> (in Russia)

13. *Postanovleniye razvitiya RF ot 13 aprelya 2017 g. № 445 "Ob utverzhdenii Pravil vedeniya reyestra ob'yektov nakopleniya vreda okruzhayushchey sredy"* [Decree of the Government of the Russian Federation No. 445 dated April 13, 2017 "On Approval of the Rules for Maintaining the State Register of Objects of Accumulated Environmental Damage"] <http://static.government.ru/media/files/T1Kcfer2pK6fqAkgP2UW0JQ4oiJq6ttq.pdf> (accessed 23.10.2023) (in Russia)

14. *Prikaz Minprirody Rossii ot 30.09.2011 N 792 (red. ot 19.04.2023) "Ob utverzhdenii Poryadka vedeniya gosudarstvennogo kadastra otkhodov"* (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 16.11.2011 N 22313) [Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 30.09.2011 N 792 (ed. dated 04/19/2023) "On approval of the Procedure for Maintaining the State Waste Cadastre" (Registered with the Ministry of Justice of the Russian Federation on 11/16/2011 N 22313)] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121841/c87218fd61563b6798e448f62895e362f499aa5c/ (accessed 23.10.2023) (in Russia)

15. Putinceva N.A. *Rol' regional'nykh operatorov organizatsii v razdel'nom sbore otkhodov* [Role regional operators in the organisation split accumulation waste]. *Region economy*, 2019. No. 2. P. 101–111 (in Russia)

16. *Rasporyazheniye razrabotki RF ot 25.07.2017 N 1589-r "Ob utverzhdenii perechnya vidov otkhodov proizvodstva i potrebleniya, v sostav kotorykh vkhodyat poleznye komponenty, zapreshcheniye zapreta na zakhoroneniye"* [Order of the Government of the Russian Federation dated 25.07.2017 N 1589-r "On approval of the list of types of production and consumption waste, which include useful components, the burial of which is prohibited"] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221683/ (accessed 23.10.2023) (in Russia)

17. Safarova, A. A., Safarova, G. L. *Ozhidayemaya prodolzhitel'nost' zhizni v starshikh vozrastakh v regionakh SZFO Rossii* [Life expectancy at older ages in the regions of the northwestern federal district of Russia]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 3(70), P. 176–186. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-176-186> (in Russia)

Экология и природопользование
Дрегуло А.М.

18. Sokolova, E. V., Starshov, E. D. *Infrastrukturnyye vyzovy gorodov: primer transportnoy sistemy Sankt-Peterburga* [Infrastructural challenges of global cities: the case of st. Petersburg transportation system]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*. 2022. No. 3(70), 120–132. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2022-3-120-132> (in Russia)
19. Solodilov, V.V. *Perspektivy urbanizatsii severnoj chasti lomonosovskogo rajona leningradskoj oblasti* [The urbanization perspectives of the northern part of the lomonosovsky district of the leningrad region]. *The Economy of the North-West: Problems and Prospects of Development*, 2022. No. 3(74), 173–183. <https://doi.org/10.52897/2411-4588-2023-3-173-183> (in Russia)
20. *Federal'nyy zakon "Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya" ot 24.06.1998 N 89-FZ* [Federal Law "On Production and Consumption Waste" dated 24.06.1998 N 89-FZ] https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (accessed 23.10.2023) (in Russia)
21. Dregulo, A. M. Waste Management Reform In Regions Of the Russian Federation: Implementation Issues on the Way To Sustainable Development / A. M. Dregulo, A. M. Khodachek // *Geography, Environment, Sustainability*. 2022. Vol. 15, No. 1. P. 6-13. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2021-078>
22. Dregulo, A.M., Bobylev, N.G. Heavy Metals and Arsenic Soil Contamination Resulting from Wastewater Sludge Urban Landfill Disposal. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2021. 30(1), P. 81-89. <https://doi.org/10.15244/pjoes/121989>
23. Dregulo A.M., Bobylev N.G. Integrated Assessment of Groundwater Pollution from the Landfill of Sewage Sludge. *Journal of Ecological Engineering*. 2022. No.22(1), P. 68-75. <https://doi.org/10.12911/22998993/128872>
24. Dregulo, A. M. Brownfields, Environmental Stability and Renewable Energy: Pathways to Overcome the Imperfection of Cumulative Effect Assessment. *Energies*. 2023. 16(17), P. 1–17. <https://doi.org/10.3390/en16176218>
25. Dregulo, A. M. Climate-neutral waste management in The Russian Federation: New approach to sludge treatment on drying beds under climate change. *Journal of Water and Land Development*. 2022. No. 52, P. 95-100. <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140378>
26. Ferronato, N., Torretta, V. Waste Mismanagement in Developing Countries: A Review of Global Issues. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. No. 16(6), P. 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijerph16061060>
27. Hill, S. Making garbage, making land, making cities: A global history of waste in and out of place. *Global Environment*. 2016. No. 9(1), P. 166–195. <https://www.jstor.org/stable/26413050>
28. Huerta Lwanga, E., Santos-Echeandía, J. Soil Remediation Under Microplastics Pollution. In: Rocha-Santos, T., Costa, M., Mouneyrac, C. (eds) *Handbook of Microplastics in the Environment*. Springer. 2021. Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_23-1
29. Santana, J. M., Fraga, S. V. B., Zanatta, M. C. K., Martins, M. R., Pires, M. S. G. Characterization of organic compounds and drugs in sewage sludge aiming for agricultural recycling. *Heliyon*. 2021. No. 7(4), P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06771>
30. Liroy, P.J., Burkeb T. Superfund: is it safe to go home? *Journal of exposure science & environmental epidemiology*, 2010. No. 20(2), pp. 113-114. <https://doi.org/10.1038/jes.2009.69>
31. Mitchell, R.B. International environmental agreements: A Survey of Their Features, Formation, and Effects. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003. No. 28(1), 429–461. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105603>
32. Njoku, P. O., Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O. Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, South Africa. *International journal of environmental research and public health*, 2019. No. 16(12), 2125. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
33. Superfund: CERCLA Overview URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-cercla-overview> (accessed 18.02.2024)
34. Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) URL: <https://www.epa.gov/superfund/superfund-amendments-and-reauthorization-act-sara> (accessed 18.02.2024)
35. Ziyang, L., Luochun, W., Nanwen, Z., Youcai, Z. Martial recycling from renewable landfill and associated risks: A review. *Chemosphere*. 2015. No. 131, P. 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.036>

Статья поступила в редакцию: 18.01.2024, одобрена после рецензирования: 29.03.2024, принята к опубликованию: 12.03.2023.
The article was submitted: 18 January 2024; approved after review: 29 March 2024; accepted for publication: 12 September 2024.

Информация об авторе

Андрей Михайлович Дрегуло

доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории рационального природопользования, Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена; 191186, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, 48

ведущий научный сотрудник лаборатории математического моделирования функционально-пространственного развития городов, Институт проблем региональной экономики РАН;

190013, г. Санкт-Петербург, ул. Серпуховская, 38

Information about the author

Andrei M. Dregulo

Doctor of Geographical Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Rational Nature Management, Faculty of Geography, Herzen State Pedagogical University of Russia;

48, Moika Embankment, Saint Petersburg, 191186, Russia;

Leading Researcher, Laboratory for Mathematical Modeling of Functional-and-Spatial Development of Cities, Institute for Regional Economic Studies of the Russian Academy of Sciences;

38, Serpukhovskaya st., Saint Petersburg, 190013, Russia

e-mail: adregulo@bk.ru