

**Геоэкологические аспекты устойчивого развития  
многофункциональных комплексов по обращению  
с твёрдыми коммунальными отходами**

© 2025. Е. В. Губарь, ассистент, О. А. Самарина, к. т. н., доцент,  
О. В. Тупицына, д. т. н., зав. кафедрой, В. Н. Пыстин, к. т. н., доцент,  
Самарский государственный технический университет,  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244,  
e-mail: e.v.gubar@mail.ru

Результаты исследования посвящены решению проблем создания (нового строительства) объектов обращения с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО) на территории малочисленных населённых пунктов (муниципальных округов и районов) Приволжского федерального округа. Выявлены и обоснованы наиболее значимые геоэкологические параметры, обеспечивающие комплексную оценку проектирования и строительства полигонов ТКО: срок эксплуатации, мощность, вместимость полигона по неуплотнённым отходам, вместимость полигона по уплотнённым отходам. Техническими параметрами объектов проектирования является набор основных и вспомогательных сооружений, обслуживающих эксплуатацию участка захоронения отходов в соответствии с его функциональным зонированием. Сравнительная оценка геоэкологических, технико-экономических и эксплуатационных параметров строительства объекта захоронения ТКО выполнена путём разработки трёх вариантов организации участка захоронения отходов (карьерный, насыпной, комбинированный) для эталонного полигона ТКО мощностью захоронения до 30 тыс. т/год с участком складирования площадью 3 га. Степень воздействия хозяйственной деятельности на геологическую среду рассматривается от максимально возможного заглубления до отказа от заглубления участка захоронения ТКО. Полученные в результате исследования количественные параметры представляют собой критерии избыточности проектных решений в процентах от общей стоимости строительства объектов обращения с отходами. Выполненные расчёты позволили разработать интегральную систему оценки технико-экономических показателей и ресурсно-технологическую обеспеченность проектных решений по мероприятиям, реализуемым в сфере обращения с отходами потребления.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие объектов по обращению с ТКО, рациональное использование земельных ресурсов, экологическая безопасность природно-техногенных систем, геоэкологическая оценка строительства объектов по обращению с ТКО.

**Geo-ecological aspects of sustainable development of multifunctional  
complexes for solid municipal waste management**

© 2025. E. V. Gubar <sup>ORCID: 0000-0003-0040-9466</sup>, O. A. Samarina <sup>ORCID: 0009-0007-3935-6329</sup>  
O. V. Tupicina <sup>ORCID: 0000-0003-0638-2700</sup>, V. N. Pystin <sup>ORCID: 0000-0002-4027-1804</sup>  
Samara State Technical University,  
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, Russia, 443100,  
e-mail: e.v.gubar@mail.ru

This study is devoted to solving the problems of creating (new construction) municipal solid waste management (MSW) facilities on the territory of small settlements (municipal districts and regions) of the Volga Federal District. The most significant geo-ecological indicators providing a comprehensive assessment of the design and construction of a MSW landfill were identified and justified. Service life, capacity, landfill capacity for non-compacted waste, and landfill capacity for compacted waste are the main indicators. The technical indicators of the design objects are a set of main and auxiliary facilities serving the operation of the waste disposal site in accordance with its functional zoning. A comparative assessment of the geo-ecological, technical, economic and operational indicators of the construction of a MSW disposal facility was carried out by developing three options for organizing a waste disposal site (quarry, bulk, combined) for a reference landfill of solid municipal waste with a disposal capacity of up to 30 thousand tons per year with a storage area of 3 hectares. The degree of economic activity effect on the geological environment is considered from the maximum possible deepening to the refusal of deepening of MSW landfill site. The quantitative parameters obtained as a result of the study represent criteria for redundancy of design solutions as a percentage of the total cost of construction of waste management facilities. The calculations made it possible to develop an integrated system for assessing technical and economic indicators and resource and technological security of design solutions for measures implemented in the sphere of consumer waste management.

**Keywords:** sustainable development of municipal MSW facilities, rational use of land resources, environmental safety of natural-technogenic systems, geo-ecological assessment of the construction of municipal MSW facilities.

Данное исследование направлено на изучение вопроса создания (нового строительства) объектов по обращению с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО) на территории Приволжского федерального округа (ПФО). На сегодняшний день финансовое обеспечение создания инфраструктуры по обращению с отходами, в том числе с ТКО, реализуется полностью или частично за счёт средств бюджетной системы Российской Федерации или в результате привлечения частных инвестиций, в том числе в различных формах совместного с государством участия [1, 2]. В качестве источников возврата инвестиций выступают прямые сборы платы с потребителей за пользование объектом (услуги) и плата за доступность (фиксированные платежи) со стороны публичного партнёра (бюджета). Тарифообразование в регионах в значительной степени зависит от уровня финансовых средств, направленных на строительство объектов по обращению с ТКО [3]. Таким образом, при создании объектов обращения с отходами важнейшими ресурсно-технологическими критериями являются экономически обоснованные затраты на реализацию проектов в области обращения с отходами.

Цель настоящего исследования заключается в разработке инструмента геоэкологической оценки проектных решений строительства объектов в сфере обращения с ТКО в отношении избыточности технологических решений, реализация которых привела к значительному увеличению финансовых и временных расходов.

### Объекты и методы исследования

В настоящей работе применены методы системного анализа данных, представленных в нормативно-правовых актах в сфере природопользования, территориальных схемах в области обращения с отходами, в том числе ТКО, и официально опубликованных правовых актах субъектов Российской Федерации, входящих в состав ПФО. Технические и технологические решения объектов по захоронению ТКО разработаны в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами (Федеральным законом от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ, Постановлением Правительства РФ от 12.10.2020 г. № 1657, СП 320.1325800.2017 (изм. 1), ИТС НДТ 17-2021). Расчёт плана земляных масс (картограммы) произведён в программном комплексе GeoniCS 2015. Стоимость выполнения работ по строительству

полигонов ТКО с различными технологичными решениями участков (карт) захоронения отходов определена на основании сборников единичных расценок, являющихся составной частью системы ценообразования и сметного нормирования в строительстве, действующей на территории России.

### Результаты и обсуждение

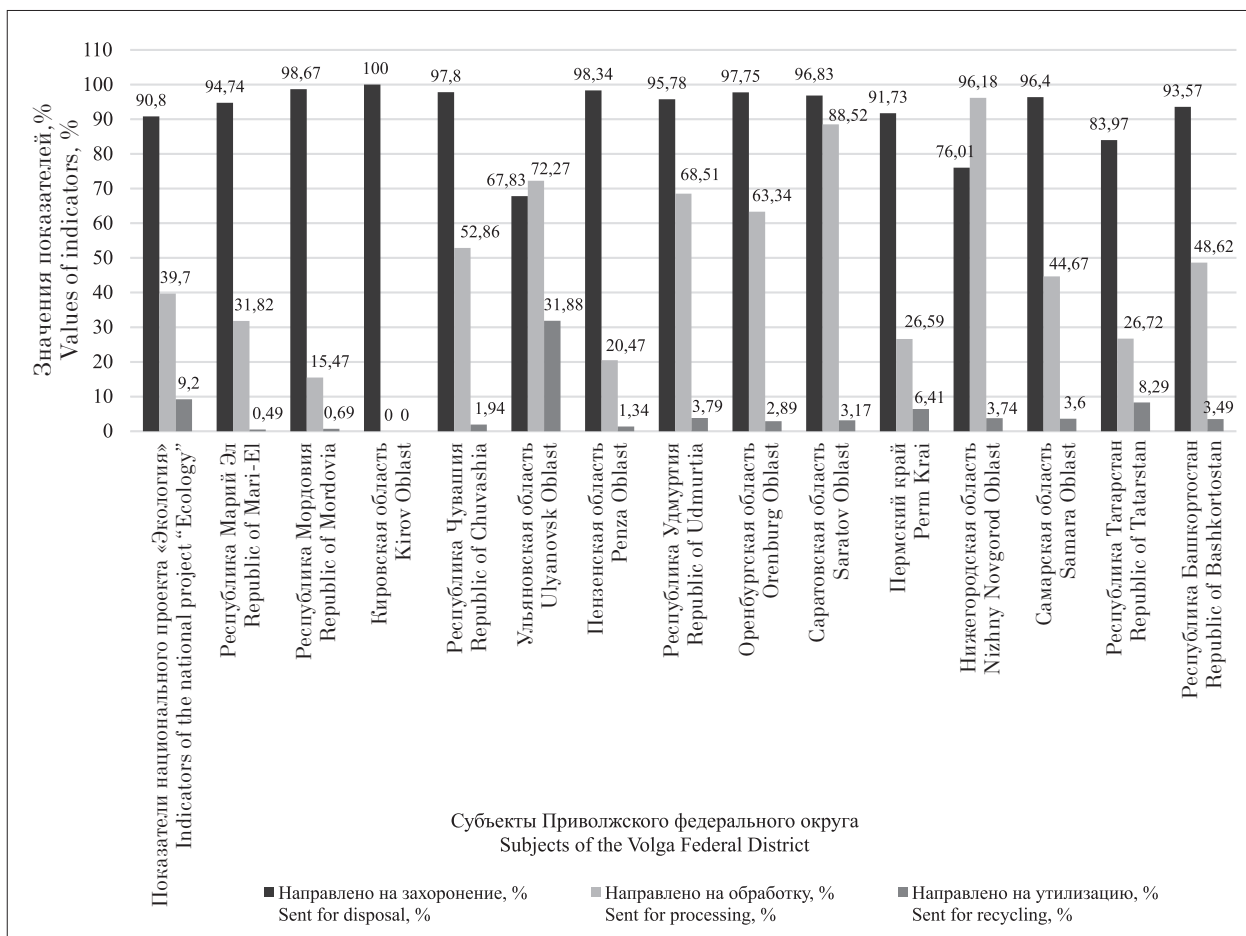
Приоритетным способом обращения с ТКО на территории России до сих пор остаётся захоронение отходов. Так, на территории ПФО в среднем более 90% от общего объёма образованных ТКО направляется на полигоны, а утилизируется в среднем менее 6% (рис. 1). Это демонстрирует крайне незначительную тенденцию достижения целевых показателей национального проекта «Экология», реализующего государственную политику в природоохранной сфере.

Оценка комплексной эффективности работы регионов ПФО в сфере обращения с ТКО на основе совместного анализа целевых показателей Национального проекта «Экология» 2023 г. и сведений о количестве образования, обработки, утилизации и размещения отходов по форме 2-ТП (отходы) субъектами РФ, входящими в состав ПФО, за 2023 г. [1, 4] показала необходимость проведения риск-ориентированного прогноза достижения запланированных целевых показателей нацпроекта «Экология».

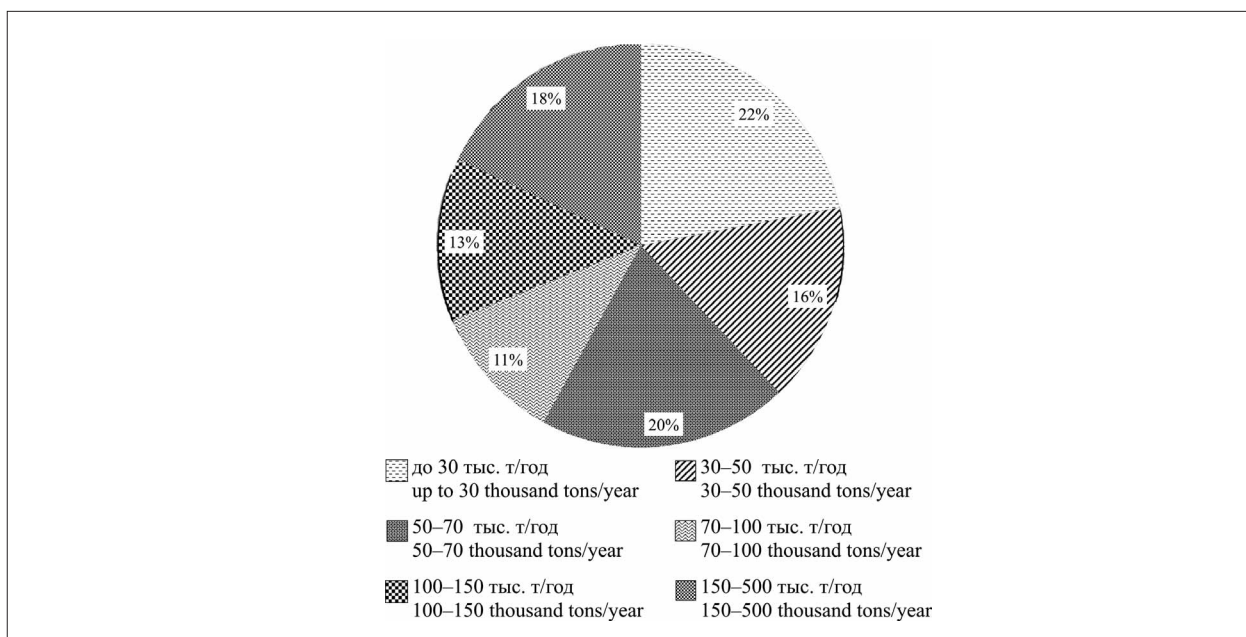
По итогам анализа территориальных схем в области обращения с отходами, в том числе с ТКО, регионов ПФО выявлена нехватка действующих объектов в муниципальных районах, недостаточная мощность существующих объектов и неполный охват обеспечения населения услугами по обращению с отходами. Это предполагает реконструкцию существующих и создание новых комплексных объектов по обработке, сортировке, утилизации, обезвреживанию отходов и захоронению неутилизованных фракций.

Сегодня отходоперерабатывающая отрасль на территории ПФО развивается по трём основным направлениям:

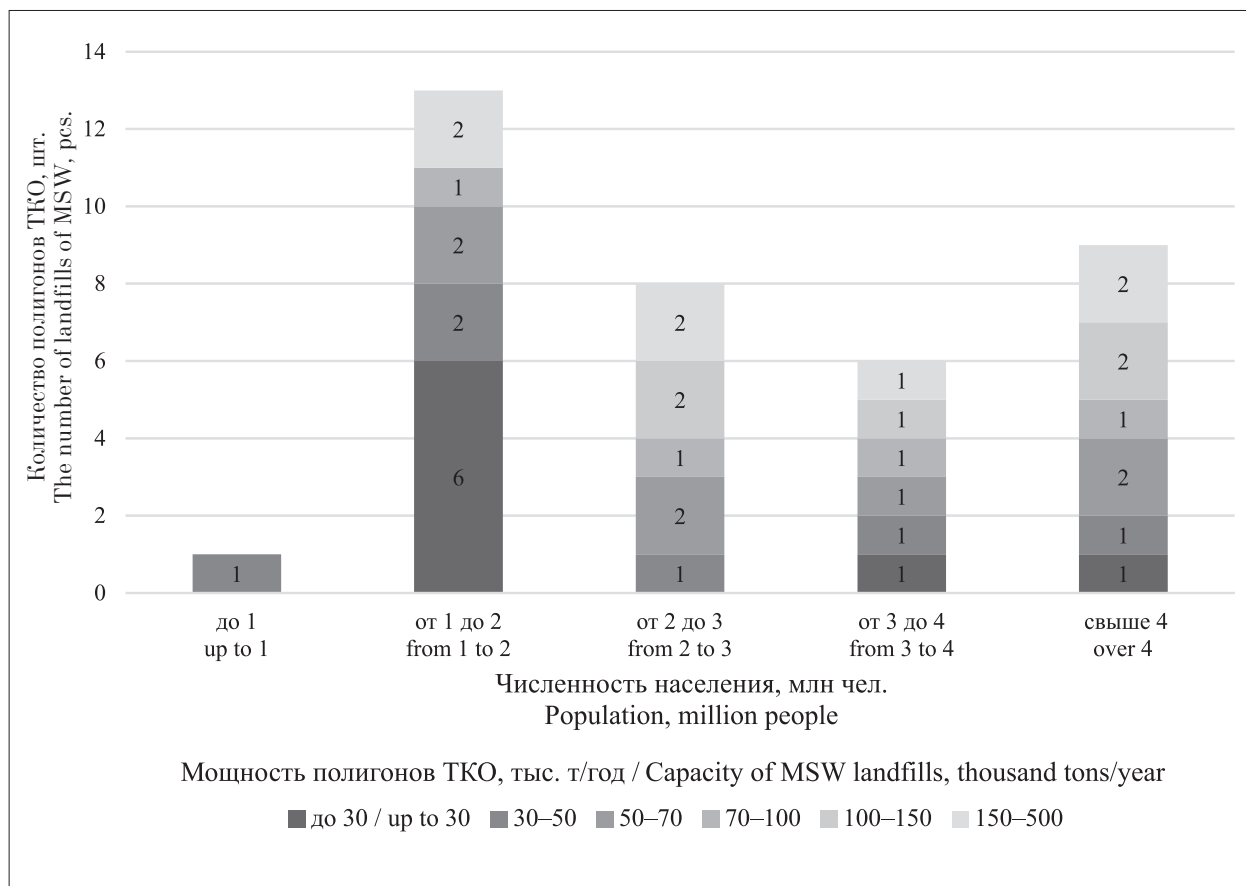
1. Модернизация существующих комплексов по обращению с отходами и реконструкция существующих полигонов;
2. Строительство многофункциональных комплексов по обращению с отходами мощностью до 70 тыс. т/год;
3. Строительство межмуниципальных (межпоселенческих) комплексов полного



**Рис. 1.** Сведения о доли твёрдых коммунальных отходов (ТКО), направленных на захоронение, обработку, утилизированных, в общей массе образовавшихся ТКО на территории регионов Приволжского федерального округа [1, 4]  
**Fig. 1.** Information on the share of solid municipal waste (MSW) sent for disposal, processing, and recycling, in the total mass of MSW generated in the Volga Federal District regions [1, 4]



**Рис. 2.** Распределение перспективных объектов захоронения ТКО на территории Приволжского федерального округа (по мощностям) / **Fig. 2.** Distribution of prospective MSW disposal sites in the Volga Federal District (by capacity)



**Рис. 3.** Распределение полигонов ТКО по мощностям для различных типов отхообразующих пространств / **Fig. 3.** Distribution of MSW landfills by capacity for various types of waste-generating areas

цикла по обращению с отходами мощностью от 70 до 500 тыс. т/год.

Результаты анализа планируемых к реализации на территории ПФО полигонов ТКО позволили разделить их на группы различной годовой мощности (рис. 2).

Рисунок 2 демонстрирует значительный перевес в пользу проектирования на территории регионов ПФО полигонов ТКО с минимальной и средней мощностями. В данном случае приоритет отдан строительству полигонов ТКО мощностью до 30 тыс. т/год.

Анализ зависимости количества планируемых к реализации на территории ПФО полигонов ТКО различной годовой мощности от численности населения регионов, на территории которых планируется их строительство, приведён в виде гистограммы (рис. 3).

Данные гистограммы демонстрируют значительное количество перспективных полигонов с минимальной (до 30 тыс. т/год) и средней (30–50 тыс. т/год, 50–70 тыс. т/год) мощностями на территории регионов с численностью от 1 до 2 млн человек. Следует отметить, что из 14 регионов ПФО 6 регионов (43% от общего количества) с численностью

от 1 до 2 млн. Одновременно с этим, более 46% полигонов, планируемых к строительству на вышеуказанных территориях, проектируется с мощностями до 30 тыс. т/год.

Проведённый анализ позволил сделать вывод о повышенной потребности в проектировании и геоэкологической оценке объектов захоронения ТКО с минимальной мощностью. На основании этого для исследовательской работы в качестве эталонного образца принят полигон мощностью захоронения до 30 тыс. т.

Анализ действующих и перспективных объектов захоронения ТКО позволил разделить конструктивные решения по организации участка захоронения отходов на следующие типы (рис. 4):

1. Полигоны карьерного типа (с заглублением в рельеф);
2. Полигоны насыпного типа (плоские, высотные);
3. Полигоны комбинированного типа (карьерные полигоны с последующим образованием насыпи).

Сравнительная оценка геоэкологических, технико-экономических и эксплуатационных параметров строительства объекта захороне-

ния ТКО выполнена путём разработки трёх вариантов технических и технологических решений для эталонного полигона ТКО мощностью до 30 тыс. т/год с различными типами устройства участка захоронения ТКО (табл. 1). Для эталонного объекта рассмотрен участок складирования площадью в 3 га, соразмерный строящемуся в Самарской области объекту захоронения ТКО аналогичной мощности, для максимальной приближённости исследования к реальным объектам.

Общие эксплуатационные параметры эталонного объекта (табл. 1), рассчитанные для трёх вариантов реализации, различаются между собой в разы, что создаёт весомую разницу в ТЭПах объекта. Целесообразность достижения в технологических решениях максимальных мощностных параметров объектов на единицу используемой площади участка захоронения определяется сравнительным анализом капитальных и эксплуатационных затрат [5].

Оценка капитальных затрат для исследуемых трёх вариантов эталонного полигона выполнена на основе геоэкологических и технических параметров создания объекта. Геоэкологическими параметрами создания участка захоронения ТКО являются: площадь земель, изымаемая в хозяйственный оборот; глубина воздействия хозяйственной деятельности на геологическую среду; качество извлекаемых геологических элементов; способ обращения с излишками грунта.

Глубина воздействия хозяйственной деятельности на геологическую среду является как негативным экологическим фактором, в связи с тем, что осуществляется изъятие геологических ресурсов, так и основным положительным геоэкологическим параметром создаваемого объекта, так как заглупление участка захоронения увеличивает мощностные параметры и срок эксплуатации объекта (табл. 1). Это предупреждает раннее вовлечение дополнительных земельных участков под

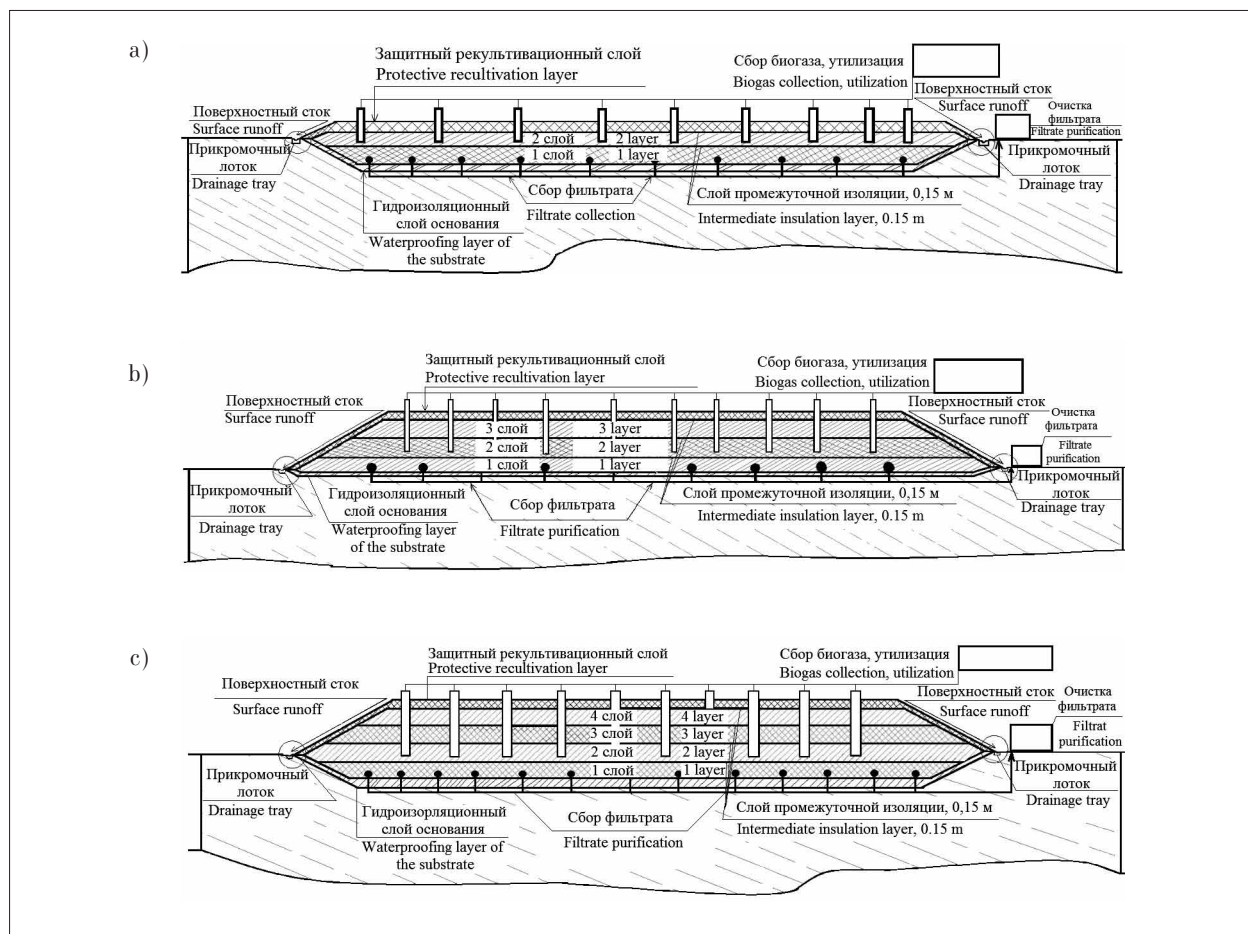


Рис. 4. Технологические решения конструкции участка захоронения полигона: (a) полигон карьерного типа, (b) полигон насыпного типа (плоский полигон), (c) полигон комбинированного типа (карьер с насыпью)

Fig. 4. Technological solutions for landfill site design: (a) quarry landfill, (b) bulk landfill (flat landfill), (c) combined type landfill (quarry with embankment)

аналогичный, «исчерпавший свою вместимость» полигон, строительство которого предполагается в непосредственной близости от закрываемого объекта, так как расположение последнего определяется логистической схемой наибольшей транспортной доступности [6, 7]. Таким образом, данный геоэкологический параметр определяет степень полезной эксплуатации единицы площади изымаемого земельного участка.

Помимо указанного, рассматриваемый геоэкологический параметр играет важную технологическую роль в создании ложа участка захоронения ТКО, способного аккумулировать в порах уплотнённых отходов объёмы образуемого в массиве свалочного тела фильтрата без угрозы излива последнего на прилегающий рельеф [8, 9].

Методиками, включёнными в действующие нормативно-правовые акты, при расчёте отводимого стока фильтрата не предусматривается исключение из объёма образования фильтрата полигона свободного объёма ложа. На практике эксплуатации полигонов заглублённого типа свободный объём ложа играет роль буферной ёмкости в период массового снеготаяния и залпового образования фильтрата. Наличие подобного буфера позволит сократить мощности проектируемых станций очистки фильтрата и объёмы прудов-накопителей, требующих как капитальных затрат, так и нарушения геологической среды [10, 11].

В исследуемых объектах параметр глубины воздействия хозяйственной деятельности на геологическую среду рассматривается от максимально возможного заглубления до отказа от заглубления участка захоронения ТКО.

Качество извлекаемых инженерно-геологических элементов напрямую влияет на способ обращения с излишками грунта, определение которого состоит из двух этапов. Первый этап – определение качества геологического элемента, т. е. анализ грунтов на загрязнённость по химическим, радиационным, паразитологическим, токсикологическим, санитарно-бактериологическим и паразитологическим показателям. Второй этап – юридическое категорирование извлекаемого геологического элемента: в качестве общераспространённого полезного ископаемого – грунта; в качестве грунтов, образуемых в результате строительных работ. Обращения с излишками грунтов при их соответствии химическим параметрам в качестве полезного ископаемого носит положительный экономический характер, но не применяется на практике из-за отсутствия правового системного подхода. Обращение с излишками грунтов, образуемых в результате строительства, в качестве отходов V и (или) IV классов опасности, наиболее практически применимый в настоящее время подход инвесторов. Данный подход экономически затратный и является отрицательным геоэкологическим параметром.

Таблица 1 / Table 1

Технические и технологические параметры эталонного полигона ТКО с различными категориями устройства участка захоронения ТКО / Technical and technological parameters of a reference MSW landfill with different categories of MSW disposal site design

Показатель Indicator	Тип участка захоронения ТКО Type of MSW disposal site		
	карьер quarry	плоские (насыпные полигоны) flat (bulk landfills)	карьер с насыпью quarry with embankment
Мощность, тыс. т/год Capacity, thousand tons/year	<30	<30	<30
Срок эксплуатации, лет Service life, years	3,77	9,70 (↑ 257,30%)	15,92 (↑ 422,30%)
Вместимость полигона, т Landfill capacity, t	113 100,00	291 000,00 (↑ 257,30%)	477 000,00 (↑ 422,30%)
Вместимость полигона по уплотнённым отходам, м <sup>3</sup> Landfill capacity for compacted waste, m <sup>3</sup>	86 991,00	223 732,00 (↑ 257,30%)	367 426,00 (↑ 422,30%)
Площадь участка захоронения отходов, га Area of waste disposal site, ha	3,00	3,00	3,00

Примечание: ↑ – % по отношению к параметрам карьера.  
Note: ↑ – % in relation to quarry parameters.

Таблица 2 / Table 2

Технико-экономические показатели (ТЭП) объектов исследования  
 Technical and economic indicators (TEI) of the research objects

Показатель Indicator	Стоимостная оценка ТЭП / Cost assessment of TEI		
	карьерный участок захоронения ТКО quarry MSW disposal site	насыпной участок захоронения ТКО bulk MSW disposal site	комбинированный участок захоронения ТКО (карьер с насыпью) combined MSW disposal site (quarry with embankment)
Стоимость выполнения строительных работ, тыс. руб. без НДС Cost of construction work, thousand rubles excl. VAT	403 969,60	362 559,13 (↓ 10,25%)	403 969,60
Расходы, включаемые в тариф регионального оператора, тыс. руб./год Expenses included in the tariff of a regional operator, thousand rubles/year	107 164,83	37 396,30 (↓ 65,13%)	25 372,12 (↓ 76,30%)
Расходы, включаемые в тариф граждан субъектов РФ, руб./м <sup>3</sup> в год Expenses included in the tariff for citizens of constituent entities of the Russian Federation, rubles/m <sup>3</sup> per year	714,43	249,31 (↓ 65,13%)	169,15 (↓ 76,30%)
Условная стоимость размещения 1 т отходов без учёта эксплуатационных затрат, руб./т Conditional cost of disposal of 1 t of waste without taking into account operational costs, rubles/ton	3 571,79	1 245,91 (↓ 65,13%)	846,90 (↓ 76,30%)

Примечание: ↓ – % по отношению к параметрам карьерного участка захоронения ТКО.  
 Note: ↓ – % in relation to the parameters of the quarry MSW disposal site.

тром создания полигона, но ввиду массового распространения в практике строительства принят в основу исследуемого объекта [12].

Техническими параметрами объекта является набор основных и вспомогательных сооружений, обслуживающих эксплуатацию участка захоронения отходов, в соответствии с его функциональным зонированием:

1. Производственная зона в составе:

– участок захоронения отходов IV и V классов опасности – «тело» полигона мощностью до 30 тыс. т/год;

– участок хранения минерального грунта из расчёта месячной потребности технологической изоляции рабочих карт;

2. Вспомогательная (хозяйственная) зона в составе:

– объекты подсобного и обслуживающего хозяйства (контрольно-пропускной пункт радиационного и весового контроля; весовая; дезинфицирующая ванна; помещение для одежды с сантехническим баком (2 шт); комната приёма пищи; резервуар для хранения

противопожарного запаса воды; мониторинговые скважины);

– объекты энергетического хозяйства (комплектная трансформаторная подстанция);

– наружные сети и сооружения водоснабжения, водоотведения (пруд-накопитель фильтрата; пруд-накопитель поверхностных сточных вод; канализационная насосная станция (КНС) фильтрата; КНС поверхностных сточных вод; станция очистки фильтрата; очистные сооружения поверхностных сточных вод; резервуар-накопитель очищенных сточных вод; резервуар-накопитель концентрата).

Сформированный набор основных ТЭПов и их стоимостные показатели для объектов исследования представлены в таблице 2. Стоимостные показатели рассчитаны по разработанным проектным решениям для трёх объектов исследования на основании данных из сборников единичных расценок в уровне цен I квартала 2023 г.

В общем объёме выделенных ТЭПов стоимостной показатель ТЭПа «Стоимость

выполнения работ» при углублении участка захоронения ТКО возрастает на 10%. Наряду с этим, стоимостная оценка ТЭПов эксплуатационного периода показывает, что наименьшая условная стоимость размещения 1 т отходов достигается для объекта с комбинированным (карьер с насыпью) участком захоронения ТКО. Такой ТЭП, как «Условная стоимость размещения 1 т отходов», является возвратной составляющей объекта инвестирования, определяющей требуемый для окупаемости уровень тарифа объекта захоронения ТКО.

Результаты комплексного анализа геоэкологических и технико-экономических параметров объектов исследования позволили доказать целесообразность применения комбинированных (карьер с насыпью) решений обустройства участков захоронения ТКО, которые должны ложиться в основу технологических решений перспективных объектов захоронения ТКО.

### Заключение

В ходе исследования разработана интегральная система оценки геоэкологических и являющихся стоимостным выражением оценки их применимости, технико-экономических показателей ресурсно-технологической обеспеченности проектных решений объектов по обращению с отходами.

Выделены и обоснованы наиболее значимые геоэкологические параметры проектирования и строительства полигонов ТКО, такие как изымаемая площадь земель; глубина воздействия на геологическую среду; качество извлекаемых грунтов и способ обращения с ними. В качестве технико-экономических показателей рассмотрены: срок эксплуатации; мощность; вместимость полигона по уплотнённым отходам; вместимость полигона по уплотнённым отходам; условная стоимость размещения 1 т отходов без учёта эксплуатационных затрат; расходы, включаемые в тариф граждан субъектов РФ; расходы, включаемые в тариф регионального оператора (и граждан субъектов РФ).

Сравнительная оценка предельных значений указанных параметров для трёх вариантов организации участка захоронения отходов (карьерный, насыпной, комбинированный) эталонного полигона ТКО позволила сделать выводы о целесообразности каждого варианта строительства карт захоронения. Однако при прочих равных условиях к приоритетному следует отнести комбинированный участок

захоронения ТКО. В результате разработанные критерии применимы для оценки избыточности и обоснования проектных технологических решений при строительстве объектов захоронения ТКО.

### Литература

1. Национальный проект «Экология» [Электронный ресурс] [https://www.mnr.gov.ru/activity/np\\_ecology/natsionalnyy-proekt-ekologiya/](https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/natsionalnyy-proekt-ekologiya/) (Дата обращения: 22.05.2024).
2. Отчёт о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Анализ выполнения мероприятий, обеспечивающих экологическую безопасность Российской Федерации, в части ликвидации объектов накопленного вреда и формирования комплексной системы обращения с твёрдыми коммунальными отходами» [Электронный ресурс] <https://ach.gov.ru/upload/iblock/41b/41b02dc50697e6fc57ec2f389a8b68f0.pdf> (Дата обращения: 30.06.2023).
3. Тупицына О.В., Самарина О.А., Губарь Е.В., Мосилян А.В., Кривошеева М.М. Эколого-экономическое регулирование обращения с ТКО в Самарской области // Безопасность, защита и охрана окружающей природной среды: фундаментальные и прикладные исследования: сб. докл. Всероссийской науч. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. С. 335–339.
4. Информация об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления. Отчёт по форме 2-ТП (отходы) [Электронный ресурс] <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (Дата обращения: 22.05.2024).
5. Губарь Е.В., Тупицына О.В. Разработка финансово-экономических моделей объектов обращения с ТКО на территории Приволжского федерального округа // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XIX Международного форума-конкурса студентов и молодых учёных. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского горного университета, 2023. С. 393–395.
6. Середа Т.Г., Файзрахманов Р.А., Костарев С.Н. Научно-технологические решения в проектировании искусственных экосистем хранения отходов. Пермь: Перм. филиал Института экономики УрО РАН; ПГТУ, 2006. 290 с.
7. Елсаков В.В., Лаптева Е.М., Василевич М.И., Габова Е.В., Каверин Д.А., Кочанов С.К., Панюкова Е.В., Митюшева Т.П., Пыстина Т.Н., Семёнова Н.А., Тихонова Т.В. Обоснование потенциальных рисков размещения полигона твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 4. С. 72–79. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-072-079
8. Кантор Г.Я., Сырчина Н.В., Ашихмина Т.Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твёрдых коммунальных отходов // Теоретическая и прикладная экология. 2022. № 1. С. 198–204. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204



9. Середа Т.Г., Костарев С.Н., Кочинов Ю.А., Кочина Т.В. Моделирование ресурсосберегающего обращения с твёрдыми коммунальными отходами // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2023. № 1 (24). С. 95–104. doi: 10.36622/VSTU.2023.24.1.011

10. Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Гамм Т.А., Шабанова С.В., Баширов В.Д. Экологическое обоснование места размещения полигона твёрдых бытовых отходов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 182–184.

11. Воронкова Т.Б., Чудинов С.Ю. Теоретические аспекты водного баланса полигонов захоронения твёрдых бытовых отходов с системой рециркуляции фильтрата // Теоретическая и прикладная экология. 2013. № 1. С. 13–16. doi: 10.25750/1995-4301-2013-1-013-016

12. Быков Д.Е., Тупицына О.В., Чертес К.Л. Рекультивация массивов органо-минеральных отходов. Самара: Изд-во Самарск. гос. тех. ун-та, 2007. 118 с.

## References

1. National Project “Ecology” [Internet resource] [https://www.mnr.gov.ru/activity/np\\_ecology/natsionalnyy-proekt-ekologiya/](https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology/natsionalnyy-proekt-ekologiya/) (Accessed: 22.05.2024).

2. Report on the results of the expert-analytical event “Analysis of the implementation of measures ensuring the environmental safety of the Russian Federation in terms of the elimination of accumulated damage and the formation of an integrated solid municipal waste management system” [Internet resource] <https://ach.gov.ru/upload/iblock/41b/41b02dc50697e6fc57ec2f389a8b68f0.pdf> (Accessed: 30.06.2023).

3. Tupicina O.V., Samarina O.A., Gubar E.V., Mosikyan A.V., Krivosheeva M.M. Ecological and economic regulation of the treatment of solid waste management in the Samara region // Safety, protection and conservation of the natural environment: fundamental and applied research: sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. Belgorod: BGTU, 2020. P. 335–339 (in Russian).

4. Information on generation, treatment, utilization, decontamination, disposal of production and consumption waste. Report on Form 2-TP (waste) [Internet resource]

<https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (Accessed: 22.05.2024).

5. Gubar E.V., Tupicina O.V. Development of financial and economic models of facilities for providing assistance with MSW in the territory of the Volga Federal District // Topical issues of rational use of natural resources: proceedings of the XIX International forum-contest of students and young scientists. Sankt-Peterburg: Saint Petersburg Mining University, 2023. P. 393–395 (in Russian).

6. Sereda T.G., Fayzrakhmanov R.A., Kostarev S.N. High-tech technologies in the design of artificial waste storage ecosystems. Perm: Permskiy filial Instituta ekonomiki UrO RAN; PGTU, 2006. 290 p. (in Russian).

7. Elsakov V.V., Lapteva E.M., Vasilevich M.I., Gabova E.V., Kaverin D.A., Kochanov S.K., Panyukova E.V., Mityusheva T.P., Pystina T.N., Semenova N.A., Tikhonova T.V. The assessment of potential risks of solid municipal waste landfill // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 4. P. 72–79 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-072-079

8. Kantor G.Ya., Syrchina N.V., Ashikhmina T.Ya. Modeling carbon balance of municipal solid waste landfills // Theoretical and Applied Ecology. 2022. No. 1. P. 198–204 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204

9. Sereda T.G., Kostarev S.N., Kochinov Yu.A., Kochinova T.V. Modeling of resource-saving handling of solid municipal waste // Housing and utilities infrastructure. 2023. No. 1 (24). P. 95–104 (in Russian). doi: 10.36622/VSTU.2023.24.1.011

10. Levin E.V., Sagitov R.F., Gamm T.A., Shabanova S.V., Bashirov V.D. Ecological justification of the location of a solid waste landfill // Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 3 (59). P. 182–184 (in Russian).

11. Voronkova T.B., Chudinov S.Yu. Theoretical aspects of landfill leachate recirculation // Theoretical and Applied Ecology. 2013. No. 1. P. 13–16 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2013-1-013-016

12. Bykov D.E., Tupicina O.V., Chertes K.L. Reclamation of organo-mineral waste arrays. Samara: Samara State Technical University, 2007. 118 p. (in Russian).