

Рациональное использование земельных ресурсов при размещении объектов захоронения твёрдых коммунальных отходов

© 2024. Е. В. Губарь, ассистент,
О. А. Самарина, к. т. н., доцент,
О. В. Тупицына, д. т. н., заведующий кафедрой,
Самарский государственный технический университет,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244,
e-mail: e.v.gubar@mail.ru

Разработаны критерии оценки экономических, технологических и экологических решений по реализации мероприятий обращения с отходами в отношении объектов, находящихся на инвестиционном этапе своего жизненного цикла. Разработаны научно-методические основы обоснования состава сооружений при проектировании объектов захоронения твёрдых коммунальных отходов (ТКО). Представлена оценка эффективности технологических решений объектов захоронения ТКО при ограничении площади земельного участка. Проведён сравнительный анализ технико-экономических и экологических характеристик строительства полигонов ТКО наиболее распространённого типа (площадь участка складирования отходов 3 га, годовая мощность до 30 тыс. т) для различных конструктивных схем организации – без разбивки на карты эксплуатации и с разбивкой на карты эксплуатации с их поочерёдным строительством. Оценка двух конструктивных схем организации участков складирования отходов основывалась на факторах воздействия на окружающую среду и стоимостных характеристиках строительства полигона ТКО. Полученные показатели позволили не только обосновать целесообразность и оценить экономическую эффективность инвестиций для каждой конструктивной схемы строительства, но и выявить избыточность технологических решений, применение которых привело к значительному увеличению финансовых и временных расходов. Так, вопрос разделения капитальных затрат на годы ввода в эксплуатацию отдельных карт полигонов ТКО с сокращением единовременных затрат в первый год реализации объекта является экономически целесообразным. Однако прогнозные изменения уровней цен на дату реализации каждой карты объекта, увеличение удельной стоимости размещения 1 м³ отходов и сокращение массы отходов, захораниваемых на 1 га, ставят под сомнение экономическую выгоду единовременного сокращения капитальных затрат.

Ключевые слова: рациональное использование земельных ресурсов, геоэкологические аспекты устойчивого развития регионов, нормирование в области геоэкологических аспектов природопользования.

Rational use of land resources in the placement of municipal solid waste disposal facilities

© 2024. E. V. Gubar ORCID: 0000-0003-0040-9466
O. A. Samarina ORCID: 0009-0007-3935-6329
O. V. Tupicina ORCID: 0000-0003-0638-2700
Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya St., Samara, Russia, 443100,
e-mail: e.v.gubar@mail.ru

Within the framework of this article the criteria for assessment of economic, technological and environmental solutions for realization of waste management measures in respect of the objects, which are at the investment stage of their life cycle, are developed. The scientific and methodological foundations for substantiating the composition of structures in the design of municipal solid waste disposal facilities have been developed. The efficiency assessment of technological solutions of solid waste disposal facilities under the restriction of land plot area is presented. A comparative analysis of technical, economic and environmental characteristics of construction of the most common type of landfills (waste disposal area of 3 ha, annual capacity up to 30 thousand tons) for different structural schemes of organization – without breakdown into operation maps and with breakdown into operation maps with their turn-by-turn construction. The assessment of two constructive schemes of organization of waste disposal sites was based on the factors of environmental impact and cost characteristics of landfill construction. The obtained indicators allowed not only to justify the feasibility and assess the economic efficiency of investments for each construction scheme, but also to identify the redundancy of technological solutions, the use of which led to a significant increase in financial and time costs. Thus, the issue of dividing

capital costs into years of commissioning of individual maps of landfills with reduction of one-time costs in the first year of object realization is economically feasible. However, forecast changes in price levels on the date of implementation of each map of the facility, increase in the unit cost of disposal of 1 m³ of waste and reduction in the mass of waste buried on 1 hectare, cast doubt on the economic benefit of a one-time reduction in capital costs.

Keywords: rational use of land resources, geocological aspects of sustainable development of regions, regulation in the field of geocological aspects of environmental management.

Управление объектами обращения с отходами как сложными природно-техническими системами (ПТС) с целью обеспечения рационального природопользования и их устойчивого развития выступает в качестве комплексной проблемы экологической безопасности регионов, решение которой должно рассматриваться в рамках единой эколого-экономической системы, объединяющей взаимосвязанные социальные, экономические и природные процессы [1].

Низкий уровень извлечения утильных фракций из потока твёрдых коммунальных отходов (ТКО), как на этапе образования, так и на этапе их обработки на мусоросортировочных станциях, и существующие на сегодняшний день объективные ограничения повсеместного внедрения известных технологий утилизации ТКО (например, методами сжигания, компостирования, пиролиза) становятся наиболее распространёнными причинами захоронения более 90% всех образующихся ТКО [2].

Полигоны ТКО представляют собой сложные ПТС, инженерная инфраструктура которых обеспечивает складирование и захоронение ТКО. Оценка (аудит) мероприятий по строительству таких ПТС должна осуществляться с использованием технико-экономических показателей – измерителей эффективности выполнения строительно-монтажных работ, определяющих лимит капитальных вложений, соответствие технологических и технических решений нормативно-правовым актам, избыточность проектных решений. На сегодняшний день определение технико-экономических показателей строительства полигонов ТКО не закреплено законодательно, также не определён их необходимый и достаточный состав.

Технико-экономические показатели, определяющие затраты на строительство полигонов ТКО, должны быть разработаны на основе современных экономических и инженерных расчётов. Практическое отсутствие производственных и плановых нормативов строительства полигонов ТКО значительно повышает роль сметных норм [3].

Цель настоящего исследования – разработка и обоснование необходимого и достаточного

набора технико-экономических и экологических показателей с целью оценки прогнозных сценариев эколого-экономического обоснования создания объектов захоронения ТКО.

Объекты и методы исследования

Известно, что для объектов обращения с отходами выделяют четыре основных этапа жизненного цикла: инвестиционный, эксплуатационный, рекультивационный и пострекультивационный [4].

В соответствии с целью настоящего исследования критерии оценки экономических, технологических и экологических параметров для строительства полигонов ТКО разработаны в отношении объектов, находящихся на этапе осуществления инвестиций.

С учётом действующего законодательства инвестиционный этап включает в себя: выбор земельного участка размещения объекта в соответствии с требованиями действующих нормативно-правовых актов РФ; проведение инженерных изысканий для подготовки проектно-сметной документации; разработку проектно-сметной документации; прохождение государственных экологической и строительной экспертиз проектно-сметной документации и результатов инженерных изысканий; строительство инженерных и природоохранных сооружений.

Предварительная оценка структуры и величины стоимости работ показала, что стоимость земляных работ достигает 30% в общем объёме затрат на выполнение работ по строительству полигонов ТКО. При этом данные виды работ наиболее трудоёмки и определяются природно-климатическими и инфраструктурными особенностями участка расположения объекта строительства.

К земляным работам относятся работы по выемке грунта, его дальнейшей транспортировке и/или перемещению, а также по созданию временных или постоянных земляных сооружений, к которым относятся траншеи для укладки инженерных коммуникаций и фундаменты.

Конструктивная схема организации участков складирования может включать единую

карту захоронения ТКО или несколько обособленных технологических карт, которые последовательно строятся и вводятся в эксплуатацию. При участии бюджетного финансирования инвестиционных объектов вопрос разделения капитальных затрат на годы ввода в эксплуатацию отдельных карт полигонов ТКО с сокращением единовременных затрат в первый год реализации объекта является экономически целесообразным. Однако прогнозные изменения уровней цен на дату реализации каждой карты объекта и увеличение удельной стоимости размещения 1 м³ отходов ставят экономическую выгоду единовременного сокращения капитальных затрат под сомнение [5, 6].

С учётом актуальности вопроса, на сегодняшний день требуется критериальная оценка целесообразности и обоснованности выбора в технологических решениях применения либо отказа картирования участка захоронения ТКО. В рамках проведённого исследования оценку предлагается выполнять на основе технико-экономических показателей объекта захоронения ТКО.

Анализ территориальных схем в области обращения с отходами регионов Приволжского федерального округа показал, что наиболее распространённым типом объектов, планируемых к реализации, является полигон размещения отходов мощностью до 30 тыс. т в год на участке складирования площадью до 3 га.

Данный тип объектов выбран в качестве объекта исследования, в отношении которого проведена разработка технико-экономических показателей в условиях различных конструктивных схем организации участков складирования: без разбивки на карты эксплуатации и с разбивкой на карты эксплуатации с их поочерёдным строительством.

В качестве основных исходных данных при проведении комплексной оценки использованы общие сведения о районе проектирования, данные для расчёта объёмов земляных работ и способ производства земляных работ (табл. 1).

Технико-экономические показатели и стоимость работ по строительству полигонов ТКО рассчитаны для различных технологических решений карт захоронения отходов (рис. 1, 2) в уровне цен I квартала 2023 г. на основании сборников единичных расценок, являющихся составной частью системы ценообразования и сметного нормирования в строительстве, действующих на территории РФ. Технические и технологические решения

полигонов ТКО соответствуют действующим нормативно-правовым актам (Федеральному закону от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ, Постановлению Правительства РФ от 12.10.2020 г. № 1657, СП 320.1325800.2017 (изм. 1), ИТС НДТ 17-2021). Для расчёта картограммы земляных масс использован программный комплекс GeoniCS 2015.

Проведённая оценка предусматривает учёт стоимости работ по разработке траншей и котлованов одноковшовым экскаватором с ёмкостью ковша 0,25–1,0 м со складированием грунта в отвал для обратной засыпки. Обратная засыпка выполняется бульдозером, с послыйным уплотнением пневмотрамбовками. Устройство участка захоронения отходов, пруда-накопителя, участка хранения грунта выполняется экскавацией котлована с помощью спецтехники и транспортировкой грунта автотранспортом. Устройство гидроизоляционной мембраны на дне и откосах котлована выполняется вручную, защитные слои грунта подаются экскаватором с окончательным разравниванием вручную [7, 8]. Создание траншей для прокладки электрокабеля, трубопроводов производится с помощью экскаватора. Укладка кабеля в траншею производится сматыванием с барабана вручную. Монтаж трубопроводов выполняется с применением автокрана. При устройстве внутриплощадочной дороги уплотнение грунта производится катками. Отсыпка основания из песка, щебня выполняется автотранспортом, с уплотнением катками. Устройство покрытия из асфальтобетонной смеси выполняется с помощью асфальтоукладчика.

Результаты и обсуждение

В качестве объекта исследования и оценки выбран комбинированный тип полигона ТКО – карьерный полигон ТКО с последующим образованием насыпи. На рисунке 3 представлена укрупнённая схема данного типа полигона ТКО с конструктивной схемой организации участков складирования без разбивки на карты эксплуатации.

Рисунок 4 демонстрирует технологическое решение конструкции участка захоронения полигона ТКО комбинированного типа с разбивкой на карты эксплуатации с их поочерёдным строительством.

Многофункциональные комплексы по обращению с отходами включают в себя здания и сооружения, специализированное технологическое оборудование по обработке, утилизации

Таблица 1 / Table 1

Основные параметры объекта исследования / Main parameters of the research object

Показатель / Indicator	Значение / Significance
Мощность, тыс. т/год / Capacity, thousand tons/year	<30
Площадь земельного участка, га / Land area, ha	6,55
Площадь участка захоронения, га Area of the burial site, ha	3,00
Плотность неуплотнённых отходов, т/м ³ Density of uncompacted waste, t/m ³	0,60–0,65
Плотность уплотнённых отходов, т/м ³ Density of compacted waste, t/m ³	1,10–1,30
Высота ярусов складирования ТКО, м Height of MSW storage tiers, m	<2,5
Толщина слоя санитарной засыпки, м Thickness of the sanitary backfill layer, m	0,15
Минимальный уклон планировки Minimum planning slope	0,005
Расчётный автомобиль Calculation vehicle	Scania P360 с габаритными размерами 9,21×2,48 м, высотой 3,5 м Scania P360 with overall dimensions 9.21×2.48 m, height 3.5 m
Климатический район (подрайон) для строительства (СП 131.13330.2018) / Climatic region (subdistrict) for construction (SP 131.13330.2018)	IV
Снеговой район (табл. 10.1 СП 20.13330.2016) Snow region (Table 10.1 SP 20.13330.2016)	III
Ветровой район (СП 20.13330.2016) Wind region (SP 20.13330.2016)	III
Номер гололёдного района (СП 20.13330.2016) Number of the icy area (SP 20.13330.2016)	II
Сейсмическая активность, баллов Seismic activity, points	5
Глубина залегания подземных вод, м Depth of groundwater, m	5,0–7,0
Грунты на участке работ / Soils at the work site	среднепучинистые / medium heaving

и обезвреживанию отходов, обеспечивающие технологически непрерывное и максимально возможное выделение утильных фракций с последующим захоронением не утилизируемых фракций. Техническим параметром объекта исследования является набор основных и вспомогательных сооружений, обслуживающих эксплуатацию многофункциональных комплексов по обращению с отходами.

Основные элементы анализируемых полигонов ТКО включают в себя участок захоронения ТКО, очистные сооружения, административно-хозяйственную зону, внутриплощадочные проезды и подъездную дорогу, соединяющую существующую магистраль с полигоном [9].

Согласно требованиям Федерального закона «Об отходах производства и потребления» и Градостроительного кодекса РФ запрещает-

ся ввод в эксплуатацию объектов обращения с отходами, не оснащённых техническими средствами и технологиями обезвреживания и безопасного размещения отходов.

Свод правил «Полигоны твердых коммунальных отходов. Проектирование, эксплуатация и рекультивация» (СП 320.1325800.2017 с учётом изменения № 1) распространяется на проектирование, эксплуатацию и рекультивацию полигонов ТКО. Разделы 4 и 6 СП 320.1325800.2017 содержат основные правила проектирования строительных конструкций зданий и сооружений, обеспечивающих экологическую безопасность полигонов ТКО.

Постановление Правительства РФ от 12.10.2020 г. № 1657 предусматривает единые требования к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения ТКО, в соответствии с которыми проектная докумен-

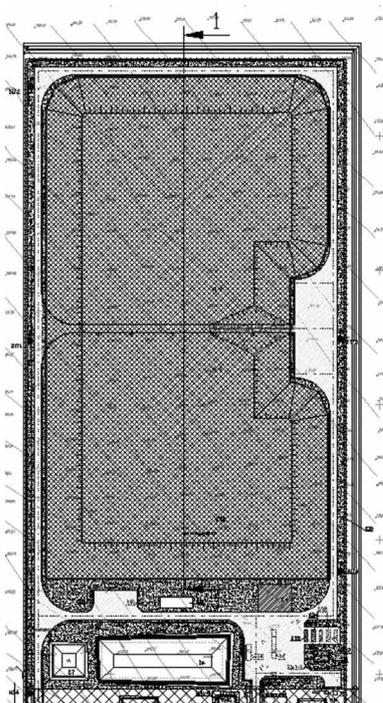


Рис. 1. Генеральный план объекта без разбивки на карты эксплуатации
 Fig. 1. General plan of the facility without breakdown into operation maps

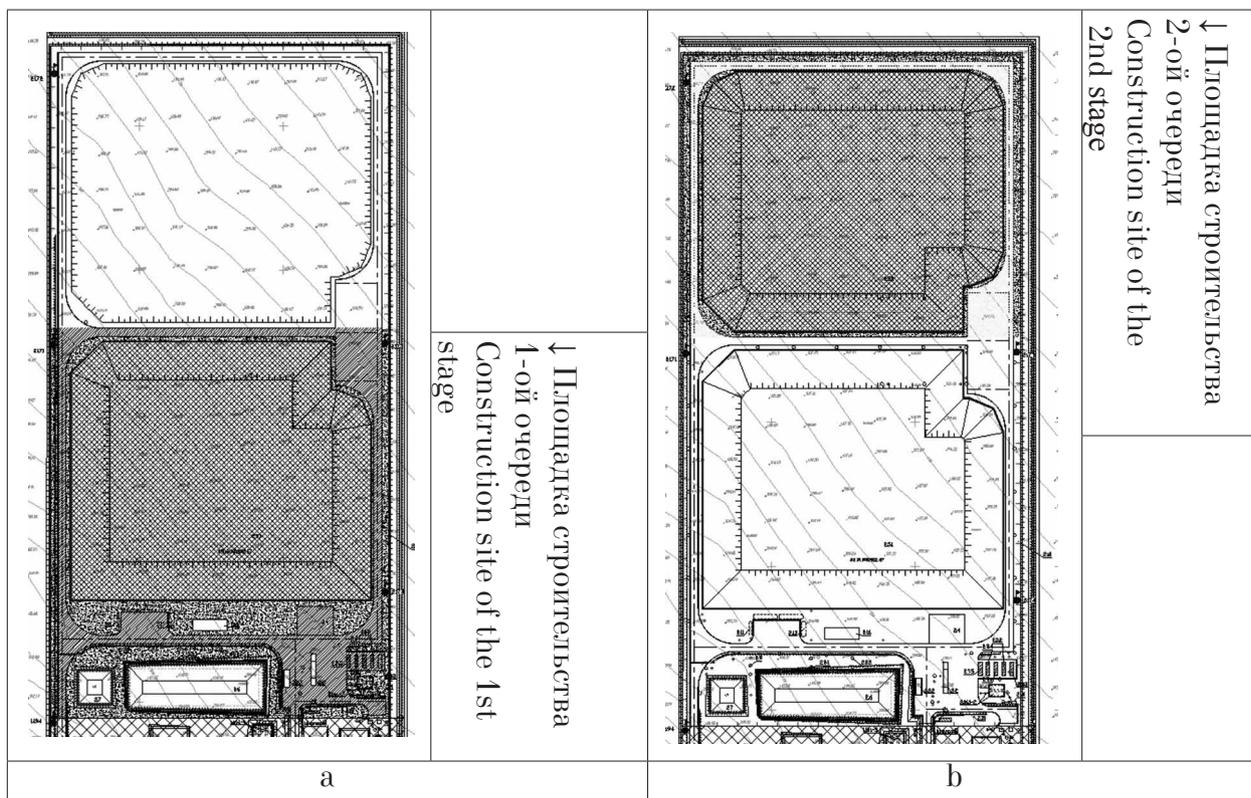


Рис. 2. Генеральный план объекта с разбивкой на карты эксплуатации с их поочерёдным строительством: а) устройство карты захоронения отходов 1-ой очереди эксплуатации; б) устройство карты захоронения отходов 2-ой очереди эксплуатации
 Fig. 2. General plan of the facility broken down into operation maps with their sequential construction: a) construction of a waste disposal map 1st stage of operation; b) construction of a waste disposal map 2nd stage of operation

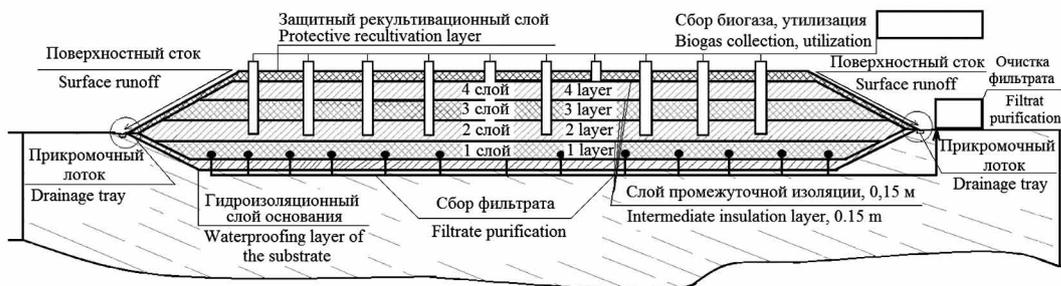


Рис. 3. Технологическое решение конструкции участка захоронения полигона ТКО комбинированного типа (карьер с насыпью) без разбивки на карты эксплуатации
Fig. 3. Technological solution for the design of a combined type MSW landfill site (quarry with embankment) without breakdown into operation maps

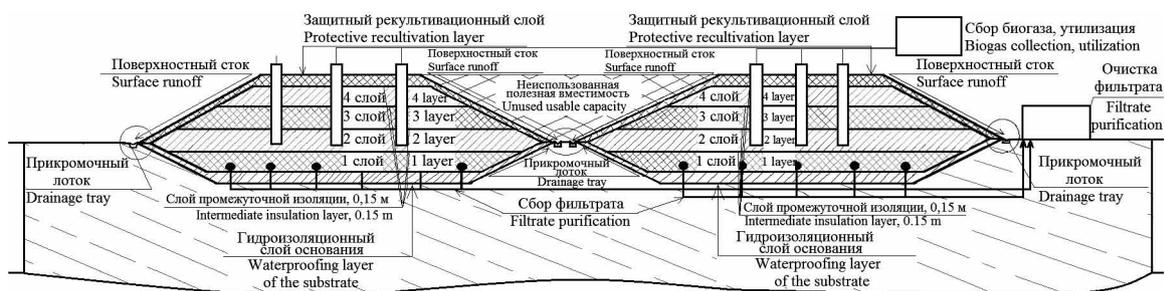


Рис. 4. Технологическое решение конструкции участка захоронения полигона ТКО комбинированного типа (карьер с насыпью) с разбивкой на карты эксплуатации
Fig. 4. Technological solution for the design of a combined type MSW landfill site (quarry with embankment) broken down into operation maps

тация полигонов ТКО должна предполагать полный объём мероприятий по охране окружающей среды [10].

Данные таблицы 2 подтверждают соответствие состава природоохранных сооружений объекта исследования требованиям конкретных пунктов действующих нормативно-правовых актов.

Результаты определения стоимости строительства каждого из двух вариантов полигонов ТКО представлены в таблице 3.

Выбор реализации одной из двух конструктивных схем организации участков складирования отходов должен основываться как на экологических, так и на технико-экономических показателях строительства полигона ТКО.

Результатом исследования являются определение такого технико-экономического показателя, как удельная стоимость 1 м³ полезной вместимости полигона ТКО с ежегодной мощностью до 30 тыс. т. Стоимость строительства каждого из объектов определена в результате составления сводных сметных расчётов, учитывающих точные расходы на выполнение комплекса работ, необходимых

для введения полигонов ТКО в эксплуатацию. Помимо строительно-монтажных работ, стоимости материально-технических ресурсов и оборудования, учтены затраты на проведение инженерно-экологических изысканий, разработку проектно-сметной и рабочей документации, проведение государственных экспертиз (строительной и экологической), пусконаладочные работы и прочие затраты (технологическое присоединение к сетям инженерно-технического обеспечения, средства на строительство и разборку титульных временных зданий и сооружений, затраты на выполнение мониторинга компонентов окружающей среды в процессе выполнения строительных работ и др.). Для варианта 2 – полигона ТКО с разбивкой на карты эксплуатации с их поочерёдным строительством, предполагаемая стоимость строительства второй карты полигона ТКО в 2029 г. определена при помощи прогнозных индексов-дефляторов, разработанных Минэкономразвития России [11].

Изъятие земельных участков в целях строительства полигонов ТКО является негативным экологическим фактором. В результате протекания различных биохимических,

Состав инженерных и природоохранных сооружений полигонов ТКО
Composition of engineering and environmental structures of MSW landfills

Состав сооружений Composition of structures	Нормативно-правовые акты Regulations	
		Постановление Правительства РФ от 12.10.2020 г. № 1657 Decree of the Government of the Russian Federation dated October 12, 2020. No. 1657
Производственная зона: / Production area:		
Участок захоронения отходов IV и V классов опасности – «тело» полигона мощностью до 30 тыс. т/год The disposal site for waste of hazard classes IV and V is the “body” of the landfill with a capacity of up to 30 thousand t/year		раздел 4, п.п. 4.10; раздел 6, п.п. 6.4, 6.6 chapter 4, p.p. 4.10; chapter 6, p.p. 6.4, 6.6
Участок хранения минерального грунта из расчёта месячной потребности (30 дней) технологической изоляции рабочих карт Mineral soil storage area based on the monthly requirement (30 days) of technological isolation of working cards		раздел 4, п.п. 4.10 chapter 4, p.p. 4.10
Вспомогательная (хозяйственная) зона: / Auxiliary (household) zone:		
Объекты подсобного и обслуживающего хозяйства: – вагон-дом «Контрольно-пропускной пункт радиационного и весового контроля»; – весовая; – дезинфицирующая ванна; – вагон-дом «Раздевалка с душевой»; – вагон-дом «Комната приёма пищи»; – биотуалет; – резервуар для хранения противопожарного запаса воды; – мониторинговые скважины Utility and service facilities: – car-house “Checkpoint for radiation and weight control”; – weight; – disinfectant bath; – car-house “Locker room with shower”; – carriage house “Meal room”; – dry closet; – a tank for storing fire-fighting water; – monitoring wells	пп. 28, 29, 30 p.p. 28, 29, 30	раздел 4, п.п. 4.7, 4.9, 4.10; раздел 6, п.п. 6.5, 6.9, 6.12, 6.14, 6.15 chapter 4, p.p. 4.7, 4.9, 4.10; chapter 6, p.p. 6.5, 6.9, 6.12, 6.14, 6.15
Объекты энергетического хозяйства Energy facilities		раздел 4, п.п. 4.10; раздел 6, п.п. 6.3, 6.13; п. 8 chapter 4, p.p. 4.10; chapter 6, p.p. 6.3, 6.13; p. 8

Состав сооружений Composition of structures	Нормативно-правовые акты Regulations	
	Постановление Правительства РФ от 12.10.2020 г. № 1657 Decree of the Government of the Russian Federation dated October 12, 2020. No. 1657	СП 320.1325800.2017 SP 320.1325800.2017
<p>Наружные сети и сооружения водоснабжения, водоотведения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 <p>External networks and structures of water supply and sanitation:</p> <ul style="list-style-type: none"> – leachate storage pond; – storage pond for surface wastewater; – sewage pumping station (SPS) for filtrate; – SPS of surface wastewater; – filtrate purification station; – treatment facilities for surface wastewater; – storage tank for treated wastewater; – concentrate storage tank 	<p>пп. 27 р.п. 27</p>	<p>раздел 4, п.п. 4.10; раздел 6, п.п. 6.3, 6.4, 6.7, 6.10, 6.16 chapter 4, p.p. 4.10; chapter 6, p.p. 6.3, 6.4, 6.7, 6.10, 6.16</p>

химических и физических процессов в толще полигона образуются значительные объёмы биогаза и фильтрата [12]. Одновременно с этим нерациональное использование территорий, выделенных для строительства полигонов ТКО, становится причиной их преждевременного заполнения, что приводит к необходимости изъятия дополнительных земельных участков под аналогичные объекты. На сегодняшний день разработаны и на законодательном уровне закреплены технологии и природоохранные мероприятия, обеспечивающие минимизацию антропогенного воздействия полигонов ТКО на компоненты окружающей среды. С целью оценки полезной эксплуатации единицы площади в данной работе предложены показатели экологической эффективности использования изымаемого земельного участка.

Данные таблицы 3 подтверждают влияние последовательного введения в эксплуатацию очередей (этапов) участков захоронения отходов на стоимостные технико-экономические и экологические показатели и вместимость объекта.

Выводы

Сравнительный анализ основных технико-экономических и экологических показателей строительства объектов по различным схемам в разрезе прогнозного изменения уровня цен на дату строительства объекта позволил сделать следующие выводы:

- возможность сокращения величины финансовых капитальных затрат при различных конструктивных схемах организации участков складирования отсутствует;

- единовременное сокращение капитальных затрат в первый год строительства объекта путём реализации участка захоронения по картам приводит к увеличению удельной стоимости единицы объёма полезной вместимости полигона ТКО до 45%, что негативно отражается на тарифе объекта захоронения отходов и региональной политике обращения с ТКО;

- увеличение стоимости единицы объёма полезной вместимости полигона ТКО с разбивкой на карты эксплуатации является

Таблица 3 / Table 3

Сравнительный анализ основных технико-экономических и экологических показателей строительства полигонов ТКО / Comparative analysis of the main technical, economic and environmental indicators of the construction of solid waste landfills

Показатель Indicator	Значение / Significance	
	1 вариант единый участок захоронения 1 Option single burial site	2 вариант карты складирования Option 2 storage cards
Предполагаемый год ввода в эксплуатацию, год Estimated year of commissioning, year	единовременно 2023 год lump sum 2023	последовательно в 2023 и 2029 гг. соответственно successively in 2023 and 2029
Стоимость строительства объекта при единовременной схеме строительства в ценах 1 кв. 2023 г., тыс. руб. The cost of building a facility with a one-time construction scheme in prices of 1 sq. 2023, thousand rubles	481 160,00	471 633,03 (↓ 1,98%)
Предполагаемая общая стоимость строительства объекта при последовательной схеме строительства с учётом индексов дефляторов (тыс. руб.), в том числе: Estimated total cost of construction of the facility with a sequential construction scheme, taking into account deflator indices (thousand rubles), including:	481 160,00	572 051,12 (↑ 18,89%)
– в 2023 году, тыс. руб. – in 2023, thousand rubles	481 160,00	358 818,41
– в 2029 году, тыс. руб. – in 2029, thousand rubles		213 232,71
Вместимость объекта, м ³ Facility capacity, m ³	367 426,00	298 019,23 (↓ 18,89%)
Вместимость объекта, т Facility capacity, t	477 653,80	387 425,00 (↓ 18,89%)
Удельная стоимость 1 м ³ полезной вместимости объекта, руб./м ³ Specific cost of 1 m ³ of useful capacity of the facility, rub./m ³	1 309,54	1 919,51 (↑ 46,58%)
Масса отходов, захораниваемых на 1 га, т/га The mass of waste buried per 1 ha, t/ha	159 217,93	129 141,67
Площадь, требуемая для захоронения 1 т отходов, м ² The area required for the disposal of 1 ton of waste, m ²	0,063	0,077

следствием сокращения вместимости объекта в 1,2 раза (рис. 4);

– сокращение массы отходов, захораниваемых на 1 га, и увеличение площади, требуемой для захоронения 1 т отходов, демонстрирует нерациональное использование площади выделенного земельного участка в случае поочерёдного строительства отдельных карт полигонов ТКО.

Литература

1. Тупицына О.В., Чертес К.Л., Быков Д.Е. Освоение природно-техногенных систем градопромышленных

агломераций. Самара: Изд-во ООО «Издательство Ас Гард», 2014. 336 с.

2. Середа Т.Г., Файзрахманов Р.А., Костарев С.Н. Научно-технические технологии в проектировании искусственных экосистем хранения отходов. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006. 290 с.

3. Губарь Е.В., Тупицына О.В. Разработка финансово-экономических моделей объектов обращения с ТКО на территории Приволжского федерального округа // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов участников XIX Международного форума-конкурса студентов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 21–27 мая 2023 года. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского горного университета, 2023. С. 393–395.

4. Быков Д.Е., Тупицына О.В., Чертес К.Л. Рекультивация массива органико-минеральных отходов. Самара: Изд-во Самарск. гос. тех. ун-та, 2007. 118 с.
5. Середя Т.Г., Костарев С.Н., Кочин Ю.А., Кочина Т.В. Моделирование ресурсосберегающего обращения с твердыми коммунальными отходами // *Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура*. 2023. № 1 (24). С. 95–104. doi: 10.36622/VSTU.2023.24.1.011
6. Левин Е.В., Сагитов Р.Ф., Гамм Т.А., Шабанова С.В., Баширов В.Д. Экологическое обоснование места размещения полигона твердых бытовых отходов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2016. № 3 (59). С. 182–184.
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 твердых коммунальных отходов // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 4. С. 72–79. doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-072-079
8. Воронкова Т.Б., Чудинов С.Ю. Теоретические аспекты водного баланса полигонов захоронения твердых бытовых отходов с системой рециркуляции фильтрата // *Теоретическая и прикладная экология*. 2013. № 1. С. 13–16. doi: 10.25750/1995-4301-2013-1-013-016
9. Кантор Г.Я., Сырчина Н.В., Ашихмина Т.Я. Моделирование углеродного баланса полигонов твердых коммунальных отходов // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 1. С. 198–204. doi: 10.25750/1995-4301-2022-1-198-204
10. Челябинова Е.Ю., Курбатова А.И. Современные подходы к проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов твердых коммунальных отходов // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2018. № 7 (73). С. 35–38. doi: 10.23670/IRJ.2018.73.7.006
11. Письмо Минэкономразвития России № 35312-ПК/Д03 и от 28 сентября 2023 г. «О доведении показателей прогноза социально-экономического развития Российской Федерации, используемых в целях ценообразования на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу» [Электронный ресурс] https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/pismo_minekonomrazvitiya_rossii_35312_pkd03i_ot_28_sentyabrya_2023.html?ysclid=lod916c8uz834586072 (Дата обращения: 30.06.2023).
12. Чудакова А.В. Правовые и экологические аспекты предоставления земельных участков под полигоны ТБО // *Науки о Земле: вчера, сегодня, завтра: материалы IV Международной научной конференции, Казань, 20–23 мая 2018 года*. Казань: Изд-во ООО «Издательство Молодой ученый», 2018. С. 6–9.
2. Sereda T.G., Fayzrakhmanov R.A., Kostarev S.N. High-tech technologies in the design of artificial waste storage ecosystems. Perm: PNRPU, 2006. 290 p. (in Russian).
3. Gubar E.V., Tupicina O.V. Development of financial and economic models of MSW treatment facilities on the territory of the Volga Federal District // *Actual problems of subsoil use: tezisy докладov uchastnikov XIX Mezhdunarodnogo foruma-konkursa studentov i molodykh uchenykh, Sankt-Peterburg, 21–27 maya 2023 goda*. Sankt-Peterburg: Izd-vo Sankt-Peterburgskogo gornogo universiteta, 2023. P. 393–395 (in Russian).
4. Bykov D.E., Tupicina O.V., Chertes K.L. Reclamation of an array of organo-mineral waste. Samara: Samara State Technical University, 2007. 118 p. (in Russian).
5. Sereda T.G., Kostarev S.N., Kochinov Yu.A., Kochinova T.V. Modeling of resource-saving treatment of solid municipal waste // *Housing and communal infrastructure*. 2023. No. 1 (24). P. 95–104 (in Russian). doi: 10.36622/VSTU.2023.24.1.011
6. 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 // *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2016. No. 3 (59). P. 182–184 (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. Justification of potential risks of placing a landfill of solid municipal waste // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 4. P. 72–79 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-4-072-079
8. Voronkova T.B., Chudinov S.Yu. Theoretical aspects of the water balance of landfills for solid household waste disposal with a filtrate recycling system // *Theoretical and Applied Ecology*. 2013. No. 1. P. 13–16 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2013-1-013-016
9. Kantor G.Ya., Syrchina N.V., Ashikhmina T.Ya. Carbon balance modeling 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
10. Chelyadinova E.Yu., Kurbatova A.I. Modern approaches to designing, operation, and reconstruction // *International Journal of Science and Research*. 2018. No. 7 (73). P. 35–38 (in Russian). doi: 10.23670/IRJ.2018.73.7.006
11. Letter of the Ministry of Economic Development of Russia No. 35312-PK/D03i dated September 28, 2023 “On the communication of forecast indicators for the socio-economic development of the Russian Federation, used for pricing purposes for products supplied under the state defense order” [Internet resource] https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/pismo_minekonomrazvitiya_rossii_35312_pkd03i_ot_28_sentyabrya_2023.html?ysclid=lod916c8uz834586072 (Accessed: 30.06.2023).
12. Chudakova A.V. Legal and environmental aspects of the provision of land plots for landfills // *Earth Sciences: yesterday, today, tomorrow: materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Kazan, 20–23 maya 2018 goda*. Kazan: Izd-vo ООО “Izdatelstvo Molodoy uchenyy”, 2018. P. 6–9 (in Russian).

References

1. Tupicina O.V., Chertes K.L., Bykov D.E. Development of natural and man-made systems of urban industrial agglomerations. Samara: As Gard Publishing House LLC, 2014. 336 p. (in Russian).