

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 504:502.64

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО

© 2024 г. В. Г. Заиканов^{1,*}, Т. Б. Минакова¹, Е. В. Булдакова¹

¹Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН,
Уланский пер., 13, стр. 2, Москва, 101000 Россия

*E-mail: v.zaikanov@mail.ru

Поступила в редакцию 23.01.2024 г.

После доработки 22.02.2024 г.

Принята к публикации 25.03.2024 г.

Проблема обращения с твердыми коммунальными отходами (ТКО) особенно актуальна в настоящее время в связи с ростом накопления их объемов пропорционально быстрому увеличению численности городского населения. Несмотря на усилия по разработке высокотехнологичной инфраструктуры обработки и утилизации отходов, значительная их часть по-прежнему подлежит захоронению на полигонах. В статье излагается методический подход к оценке территории субъектов РФ для научно-обоснованного размещения полигонов ТКО с использованием *Индекса благоприятности размещения полигонов ТКО*, определяемого на основе комплексного учета геоэкологических ограничений и социально-экономических условий и отражающего дифференциацию регионов на уровне субъектов РФ.

Ключевые слова: полигоны ТКО, индекс благоприятности размещения полигонов ТКО, геоэкологические условия и ограничения, социально-экономические условия, физико-географические области, субъекты РФ

DOI: 10.31857/S0869780924030089 EDN: SPHQWI

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на решение проблемы размещения твердых коммунальных отходов (ТКО) направлен федеральный проект “Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами”¹, реализуемый в рамках Госпрограммы “Охрана окружающей среды”² и Национального проекта “Экология”³. Целью этого проекта является создание современной высокотехнологичной инфраструктуры обработки и утилизации отходов [4].

Согласно национальным целям развития, к 2030 г. планируется обеспечить сортировку 100%

отходов и снизить объем их захоронения в 2 раза, увеличив при этом на 50% долю утилизируемых отходов. Кроме того, ожидается, что захоронению подлежат отходы, прошедшие предварительную сортировку. Несмотря на реализацию федеральных проектов обойтись без захоронения отходов пока не удастся. В настоящее время в России до 94% отходов подвергается захоронению именно на полигонах [7].

Под захоронением отходов понимается изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах⁴. Полигон ТКО рассматривается нами как комплекс тщательно спроектированных природоохранных сооружений, предназначенных для централизованного размещения отходов, предотвращающих попадание вредных веществ в окружающую среду, а также загрязнение атмосферы, почв, поверхностных и подземных вод. Выбор территории для

¹ Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами. https://www.mnr.gov.ru/activity/nr_ecology/federalnyy-proekt-kompleksnaya-sistema-obrashcheniya-s-tyverdyimi-kommunalnymi-otkhodami.

² Государственная программа Российской Федерации “Охрана окружающей среды” (утв. Постановлением Правительства РФ от 15.04.2014 № 326). <https://base.garant.ru/70643488/>.

³ Национальный проект “Экология” [Электронный ресурс] // Национальные проекты России. <https://национальные-проекты.рф/projects/ekologiya> (дата обращения: 12.11.2023).

⁴ Федеральный закон от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ (ред. от 04.08.2023) Об отходах производства и потребления (с изм. и доп. вступ. в силу с 01.10.2023) “Об отходах производства и потребления” [Электронный ресурс] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 14.11.2023).

оптимального размещения полигонов ТКО зависит от объемов и состава самих отходов, определяемых численностью городского населения, соответствием природных условий нормативным требованиям, соблюдением природоохранных технологий при строительстве и эксплуатации полигонов.

Цель исследования — разработка методического подхода к оценке территории субъектов РФ для научно-обоснованного размещения полигонов ТКО с учетом природных и социально-экономических условий регионов. Интегральная оценка территории субъектов РФ для оптимального размещения полигонов ТКО определяется *Индексом благоприятности размещения полигонов ТКО*, выраженным в баллах и рассчитанным индивидуально для каждого субъекта РФ.

ПРОБЛЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО

Оценка регионов РФ по геоэкологической благоприятности размещения полигонов ТКО является многоступенчатым процессом. Известно, что благоприятность размещения полигонов определяется не только природными факторами, но и социально-экономическими условиями.

Определение конкретного места строительства объектов размещения отходов должно в первую очередь осуществляться на основе специальных (геологических, гидрологических и иных) исследований (в ред. Федерального закона от 30.12.2008 N309 — ФЗ), нацеленных на выявление и оценку геоэкологических (природных) ограничений для размещения полигонов ТКО. В то же время Единые требования к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов⁵, действующие с 1.01.2021 г. и до 1.01.2027 г., указывают на необходимость при выборе места расположения таких объектов опираться на схемы потоков ТКО в соответствии с территориальной схемой обращения с отходами в целях обеспечения максимальной экономической эффективности их функционирования. Кроме того, размещение объектов переработки и захоронения ТКО в целях обеспечения эффективности транспортировки мусора должно осуществляться недалеко от источника их возникновения — населенных пунктов, и при условии обязательного проведения в полном объеме мероприятий по охране окружающей среды.

⁵ Постановление Правительства РФ от 12.10.2020 № 1657 «Единые требования к объектам обработки, утилизации, обезвреживания, размещения твердых коммунальных отходов» [Электронный ресурс] //URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_365180/ (дата обращения: 12.11.2023).

Законодательно запрещается захоронение отходов в границах населенных пунктов, лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зон, а также водоохраных зон, на водосборных площадях подземных водных объектов, которые используются в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также в местах залегания полезных ископаемых и ведения горных работ в случаях, если возникает угроза загрязнения мест залегания полезных ископаемых и безопасности ведения горных работ (в ред. Федерального закона от 08.11.2008 N196-ФЗ).

Таким образом, в настоящее время в нормативно-законодательной базе существует достаточно много как природных, так и социально-экономических ограничений для размещения полигонов ТКО. Для планирования размещения подобных объектов в масштабах страны, в частности с целью регулирования инвестиционных потоков, возникает еще дополнительная проблема — совмещение оценок геоэкологических ограничений с социально-экономическими в силу несоответствия границ природной пространственной дифференциации территории РФ с политико-административным делением, в соответствии с которым собирается и накапливается вся социально-экономическая информация о регионах, в том числе и об объемах и составе ТКО. Поэтому задача интегральной оценки территории для размещения полигонов ТКО на уровне субъектов РФ — многоступенчатая, и решалась она в несколько этапов.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БЛАГОПРИЯТНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ СУБЪЕКТОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО

На первом этапе исследования выявлялись природные особенности территории России. В качестве базового источника информации о природной дифференциации территории РФ было выбрано физико-географическое районирование России с соответствующей картой, выполненной в масштабе 1 : 15 000 000 (2004 г.). Учитывались ее комплексность, необходимая детальность и обоснованность выделенных территориальных единиц. Оцениваемой единицей районирования принята территория ранга физико-географическая область, которых, согласно районированию, насчитывается 71 в пределах территории России. Природная неоднородность в значительной степени определяет и неоднородность геоэкологических условий, развитие экзогенных и эндогенных процессов в пределах физико-географических областей. В качестве критерия выбора вида геоэкологических процессов принимается максимальная площадь их распространения в пределах конкретной физико-географической области.

Исключение составляет сейсмическая опасность. При интенсивности сейсмических

воздействий (фоновой сейсмичности) более 6 баллов считалось, что воздействие в зависимости от силы землетрясения и местоположения его эпицентра распространяется на площадь региона.

Оценка рельефа каждой физико-географической области проводилась по двум типам: горному и равнинному, причем в расчетах учитывался преобладающий по площади тип. В нескольких областях процентное соотношение горного и равнинного типов рельефа оказывалось примерно равным. В этих случаях учитывались оба типа рельефа. Критерий оценки горного рельефа — средняя крутизна поверхности рельефа, а равнинного — густота расчленения территории эрозионной сетью.

К экзогенным геологическим процессам (ЭГП), оказывающим негативное влияние на участок размещения полигона отходов, были отнесены: суффозионно-карстовые, заболачивание и затопление (сезонное и периодическое). Также учитывались территории, имеющие в геологическом строении близкое залегание к поверхности регионального водоупора, сложенного глинистыми и суглинистыми отложениями. В качестве примеров можно привести региональный водоупор юрских глин для лесной зоны Европейской части России или сплошное распространение многолетнемерзлых пород, являющихся тоже мощным водоупором. Следует отметить также появившийся и активно развивающийся процесс опустынивания и сопутствующий ему процесс засоления почв. Однако последний имеет широкое распространение только в отдельных регионах.

Объекты размещения ТКО, расположенные на территориях с высоким уровнем подземных вод, должны быть спроектированы и сооружены таким образом, чтобы расстояние от нижнего уровня размещаемых отходов до уровня вод составляло не менее 2 м (п. 25 Постановления Правительства РФ⁵).

В зависимости от сочетания характерных для каждой физико-географической области процессов проводилась балльная оценка благоприятности геоэкологических условий для размещения полигонов ТКО (чем меньше оценка геоэкологических ограничений, тем условия более благоприятны). Ее основой стали нормативные документы (см. сноски 4, 5) с соответствующими требованиями к объектам ТКО, экспертная оценка приоритетности геоэкологических факторов применительно к каждой территории, а также накопленный практический опыт, полученный при изучении модельных объектов полигонов ТКО. Баллы приоритетности корректировались экономическими показателями, например, удорожание строительства полигона при наличии ограничивающего фактора, природных условий строительства и др.

В итоге взвешенные баллы с учетом площади распространения геоэкологических ограничений в пределах физико-географических областей отражают оценку их природной благоприятности для размещения полигонов ТКО. Такой подход обеспечил большую дифференциацию оценочного показателя (O_j) физико-географических областей, определяемого по выражению:

$$O_j = \sum_{i=1}^n V_{ij} \times S_{ij}, \quad (1)$$

где j — физико-географическая область; i — вид геоэкологических условий и процессов; V_{ij} — балл оценки и S_{ij} — доля площади распространения i -го вида геоэкологических условий и процессов [%], от площади j -й физико-географической области.

Поскольку отдельные участки территории субъектов могут оказаться в разных физико-географических областях, следует рассматривать их отдельно и, как в отношении природной благоприятности, так и социально-экономических условий. Последние связаны с ожидаемыми годовыми объемами отходов, определяемыми по нормативам⁶, численностью городского населения, количеством городов, их размещением относительно друг друга и границ физико-географических областей и с другими особенностями таких территорий.

Перенос результатов средневзвешенной балльной оценки природной благоприятности соответствующей физико-географической области на территорию субъекта осуществляется традиционным способом с учетом доли ее площади в общей площади субъекта. В итоге Индекс геоэкологической благоприятности размещения полигонов ТКО на территории субъекта (O_m) определяется по выражению:

$$O_m = \sum_{j=1}^n O_j \times S_{jm} \times kl_{jm}, \quad (2)$$

где m — территория субъекта, S_{jm} — доля площади m -го субъекта в j -й физико-географической области [%], kl_{jm} — корректирующий коэффициент нормативных объемов отходов, определяемый в зависимости от распределения городского населения в пределах участка субъекта в j -й физико-географической области и расчетных площадей для их размещения.

Таким образом в предлагаемом подходе учитывается не только структура площадей с различными значениями оценки геоэкологических ограничений, но и размещение, и характеристики городов каждого субъекта — основных источников накопления ТКО. При этом наименьшее значение индекса соответствует большей благоприятности территории.

⁵ СП 502.1325800.2021. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ. <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/448/SP-502.pdf>.

Таблица 1. Основные характеристики Республики Башкортостан и Иркутской области

Показатели	Субъекты РФ	
	Республика Башкортостан	Иркутская область
Общая площадь, км ²	143600	774846
Физико-географические области в пределах субъектов РФ (номера см. на рис. 1, 2)	8 – лесная, 9 – лесостепная, 10 – степная, 17 – южно-уральская	31 – таежная, 33 – островная лесостепь, 36 – саянская, 38 – байкальская, 40 – северобайкальская
Основные геоэкологические ограничения	6 видов; из них приоритетные: сложный рельеф и отсутствие водоупора	5 видов; из них приоритетные: сложный рельеф и сейсмическая опасность
Численность всего населения субъекта, тыс. чел.	4077.6	2344.0
Количество ГО, городов и поселков городского типа (пгт)	9 ГО, 12 городов, 2 пгт	10 ГО, 12 городов, 44 пгт и рабочих поселков
Численность городского населения, тыс. чел.	2542.4	1817.2
Доля городского населения, учтенного в расчетах, %	99.8	98.8
Доля городского населения от общего населения субъекта, %	62.4	77.5
Доля городских земель от площади субъекта, %	1.8	0.3
Средняя плотность городского населения в субъекте/городах, чел./км ²	17.8/892.8	2.3/726.6
Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием общего пользования на 1000 км/км ²	323	33
Нормативный годовой объем образованного ТКО, тыс. т	497.3	394.0
Количество существующих мусорных полигонов/из них полигонов ТКО	33/19	25/22
Нормативная потребность в площадях для полигонов ТКО, га	337.0	401.5
Основные виды экономической деятельности, структура внутреннего регионального продукта (ВРП)	Промышленный сектор, сфера торговли, строительство и сельское хозяйство (по объему валовой продукции сельского хозяйства занимает 7 место в РФ)	Добыча полезных ископаемых (31%), обрабатывающие производства (11%), транспортировка и хранение (8%)
Доля ВРП субъекта от совокупного объема ВРП всех субъектов России	>1.7% (2021 г.)	1.6% (2021 г.)
Индекс социального благополучия*	2.99	2.91

* Индекс социального благополучия (1 квартал 2022 г.). ТОП-35: <http://civilfund.ru/mat/143>, дата обращения 21.11.2023 г.

Поэтапный подход к оценке благоприятности территории субъектов для размещения полигонов ТКО представлен на примере Республики Башкортостан и Иркутской области, существенно различающихся как по природным, так и по социально-экономическим условиям, учитываемым при обосновании размещения полигонов ТКО.

ОЦЕНКА БЛАГОПРИЯТНОСТИ ТЕРРИТОРИИ МОДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО

Республика Башкортостан относится к Приволжскому федеральному округу. По площади регион занимает 27-е место в России. Территория республики достаточно освоена в хозяйственном отношении, плотность населения составляет 28.4 чел./км² при средней по России 8.3 чел./км². В городах республики проживает 62.4% населения; наиболее крупные из 21 города – Уфа, Стерлитамак, Салават, Нефтекамск, Октябрьский.

Местоположение республики на стыке Европы и Азии в переходной полосе от Восточно-Европейской равнины к Уральским горам и от них к Западно-Сибирской равнине, определяет многообразие природных условий и ресурсов. Территория охватывает несколько существенно различающихся по геологическому строению зон, каждой из которых соответствует свой богатый набор полезных ископаемых. На территории Республики Башкортостан известно более 3 тыс. месторождений шестидесяти видов минерального сырья. В западной части республики в пределах Русской платформы находятся месторождения нефти и газа, в восточной части в пределах Центрально-Уральского поднятия сосредоточены месторождения медно-колчеданных, железных и марганцевых руд, а также месторождения рудного и россыпного золота [2]. Более 40% площади республики занимают леса. Здесь существует 229 особо охраняемых природных территорий и уникальных природных объектов, в том числе на Уфимском плато встречаются карстовые источники, а вблизи городов Стерлитамак, Ишимбай и Салават, вдоль р. Белая – горы Шиханы, которые представляют останки коралловых рифов пермского периода, – источник добычи соды.

К основным ограничениям размещения полигонов ТКО в отдельных районах степной зоны относится отсутствие водоупорных пород, а в горной части республики есть опасность в сейсмическом плане, а также возможно проявление карстовых процессов.

Города – основной источник образования ТКО, поэтому выбор варианта размещения полигонов ТКО зависит не только от геоэкологических ограничений, но и от условий расселения. Распространение городских поселений по территории республики неравномерно, большая часть их сосредоточена в центральной равнинной части.

Именно эти две группы факторов: геоэкологические ограничения и характер распределения населения служили основой для оценки благоприятности территории субъекта для размещения полигонов ТКО.

Иркутская область находится в юго-восточной части Сибирского федерального округа и по площади занимает шестое место в России. Основная часть территории области имеет плоскогорный рельеф с незначительным уклоном к северу и северо-западу. Территория области охватывает юг Среднесибирского плоскогорья и бассейны верхних течений Ангары, Лены и Нижней Тунгуски. На юго-западе в ее пределы вклиниваются горные массивы Восточного Саяна, на востоке – Приморский и Байкальский хребты, Становое и Патомское нагорья. Последнее представляет собой древнюю возвышенность, покрытую тайгой и заболоченными речными долинами. Особенностью территории является высокая сейсмичность, которая должна учитываться при возведении промышленных и гражданских сооружений, что ведет к удорожанию строительно-монтажных работ. Северная и северо-восточная части территории характеризуются повсеместным распространением многолетнемерзлых пород, отдельные участки которых встречаются и в южных районах области. Таким образом, для данной территории приоритетными геоэкологическими ограничениями являются по площади – горный рельеф, а по опасности – проявление сейсмической опасности и наличие мерзлых толщ пород.

Для Иркутской области характерно весьма неравномерное расселение населения. Территория богата минеральными ресурсами. Разрабатываются три месторождения угля, известны три золотопромышленных района. Область обладает значительными запасами редких металлов: ниобия (65% общероссийских запасов); тантала (45%); лития (50%), рубидия, цезия, бериллия и др.

Исторически плотное заселение долины р. Ангара было связано с добычей и обработкой полезных ископаемых. Заселение Патомского нагорья связано с многочисленными месторождениями россыпного и рудного золота, а – Лено-Ангарского плато в центральной части области связано со строительством БАМ [1].

Для сравнения природных и социально-экономических особенностей рассматриваемых субъектов основные их характеристики приведены в табл. 1.

При превышении площади Иркутской обл. над территорией второго субъекта в 5 раз городское население здесь меньше в 1.4 раза. В этих регионах преобладает городское население. В Башкирии находится 4 города с населением превышающих 100 тыс. человек, в Иркутской обл. – 3. Плотность городского населения в Иркутской обл. почти в 8 раз ниже, чем в Башкортостане,

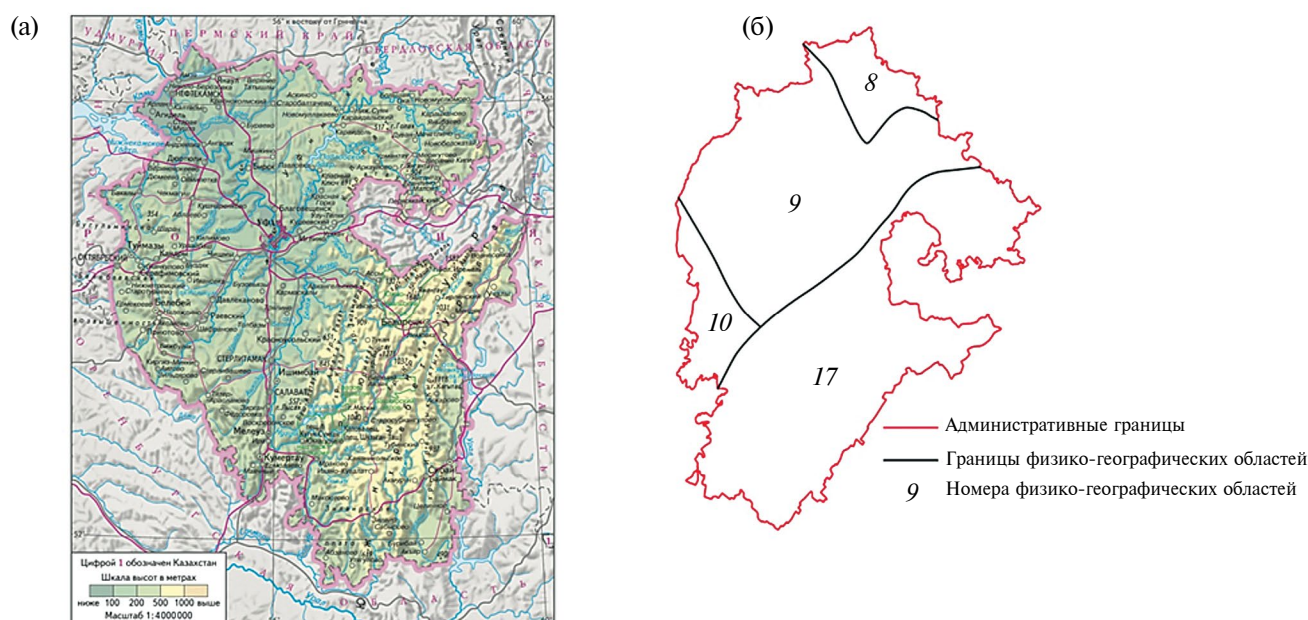


Рис. 1. Физическая карта (а) и границы физико-географических областей (б) Республики Башкортостан (см. табл. 1).

что объясняется разницей в площадях субъектов и преобладанием малых по площади поселков (средняя площадь городов и поселков 36.8 км^2) при средней площади города в республике 106 км^2 . Значения показателя плотности населения на городских землях по субъектам близки.

В соответствии с расселением городского населения распределяются нормативные годовые объемы отходов. По данным субъектам эти цифры соответствуют проценту городского населения в каждой физико-географической области. Так, в Башкортостане максимальный объем отходов образуется в пределах лесостепной области, а в Иркутской — в долине р. Ангара, где сосредоточено более 60% городского населения, и этот объем, как и число городских жителей в 10 раз больше, чем на побережье оз. Байкал. Однако в летний сезон эта величина будет здесь больше за счет высокой рекреационной нагрузки.

Интересно отметить, что соотношение величин нормативных площадей полигонов [3] различается по этим двум районам только в 3 раза. Это подтверждается и расчетами в целом по субъектам, где соотношение величин потребности в площадях для полигонов отходов, рассчитанное по нормативам, обратное относительно общей численности населения в субъектах, что объясняется преобладанием более крупных по населению городов в Башкортостане и рассредоточением населения в малочисленных поселках Иркутской обл.

Территория Башкортостана находится в пределах лесной, лесостепной, степной и горной южно-уральской физико-географических областей (рис. 1). Территория Иркутской обл. находится в пределах пяти физико-географических областей

(рис. 2). Распределение площадей субъектов, расположенных в разных физико-географических областях, представлено в табл. 2.

Сравнение оценочных показателей геоэкологических ограничений свидетельствует о большой их дифференциации по физико-географическим областям: они изменяются в 2.7 раза в республике и в 2.9 раза в области. Учет этого показателя особенно важен в пределах степной области Башкортостана и Патомского нагорья в Иркутской обл. Интересно, что оценка геоэкологических ограничений с учетом их площадного распространения по физико-географическим областям Республики Башкортостан снизилась на 3%, а Иркутской области — возросла на 30%. Такие различия указывают на роль площадей в проводимой оценке.

Общая оценка благоприятности территории субъектов для размещения полигонов ТКО устанавливается с помощью коэффициента kl , отражающего социально-экономические особенности территории (см. ф. (2)).

В итоге наилучшие условия оказались для городов лесной и степной областей Башкортостана с относительно низкой долей городского населения, хотя значения оценки геоэкологических ограничений в лесостепной области более, чем в 2 раза ниже, чем в степной из-за отсутствия водопора в последней. В Иркутской обл. более благоприятная ситуация характерна для поселков, расположенных в саянской и северобайкальской физико-географических областях.

Индекс благоприятности территории субъектов для размещения полигонов ТКО оценивается в баллах с учетом социально-экономических условий и изменяется от максимального значения

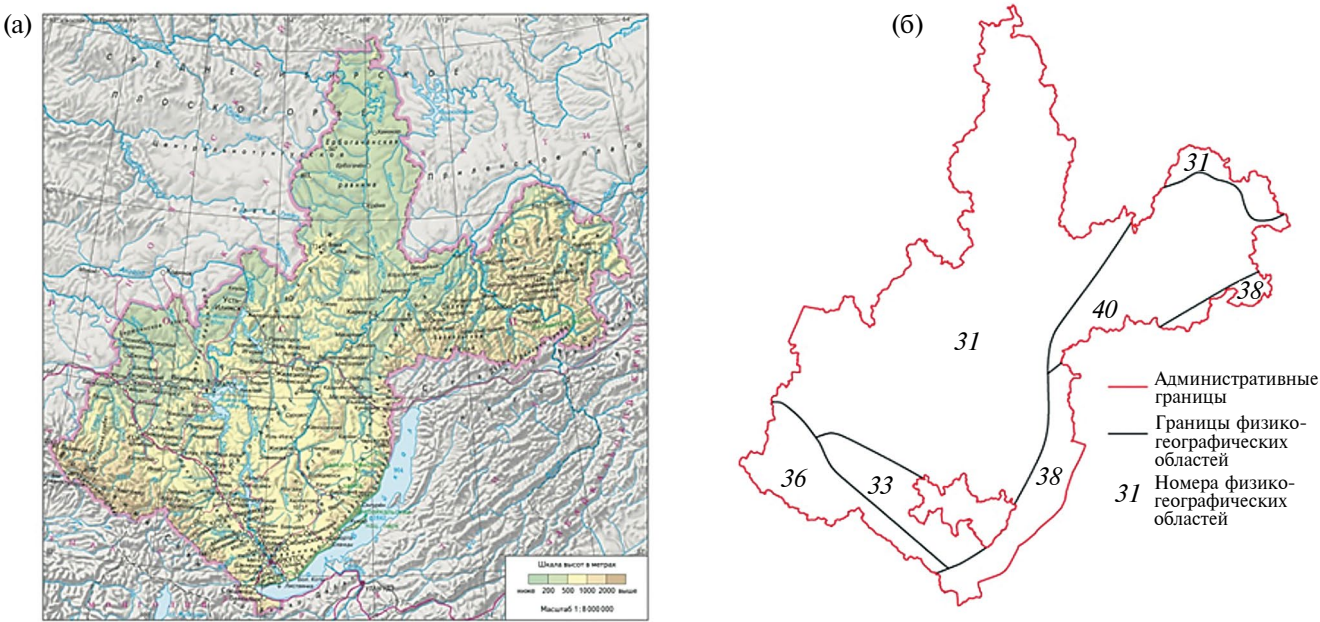


Рис. 2. Физическая карта (а) и границы физико-географических областей (б) Иркутской области (см. табл. 1)

Таблица 2. Примеры оценки благоприятности территорий субъекта для размещения полигонов ТКО

Физико-географическая область	Оценка геоэкологических ограничений в физико-географических областях, O_j , балл	Доля площади субъекта в j-й физико-географической области, %	Плотность городского населения, чел./км ²	Значения k_l	Индивидуальная оценка геоэкологической и социально-экономической благоприятности размещения полигонов ТКО по физико-географическим областям в субъектах, O_m , балл
Республика Башкортостан					
8 – лесная	5.0	5	24.1	1.32	0.33
9 – лесостепная	3.5	40	31.3	1.56	2.19
10 – степная	9.5	5	16.0	1.10	0.53
17 – южно-уральская	8.5	50	1.9	1.19	5.06
Суммарные/средневзвешенные оценки	–/6.60	100/–	–/17.8		–/8.11
Иркутская область					
31 – таежная	13.5	60	1.1	1.03	8.38
33 – островная лесостепь	5.7	10	14.9	2.07	1.24
36 – саянская	6.5	8	0.01	1.00	0.50
38 – байкальская	5.0	7	2.1	1.20	0.42
40 – северобайкальская	14.5	15	0.2	1.00	2.21
Суммарные/средневзвешенные оценки	–/9.00	100/–	–/2.3		–/12.75



Рис. 3. Индекс благоприятности размещения полигонов ТКО субъектов РФ.

к минимальному в Башкортостане в ~15 раз в Иркутской обл. – в ~20 раз (см. табл. 2). С учетом размещения населения, нормативными объемами отходов и площадями их размещения Индекс по субъектам существенно изменился, особенно в Иркутской обл.

Анализ результатов показал, что зависимость между оценками благоприятности размещения ТКО с некоторыми показателями не выявлена. Так, значения плотности населения в рассматриваемых примерах существенно различаются даже при близких значениях долей городского населения и площадей. Не отмечается прямая зависимость Индекса благоприятности территорий для размещения полигонов ТКО с экспертной балльной оценкой геоэкологических ограничений в физико-географических областях. С одной стороны, это связано с высокой генерализацией учитываемых ограничений и большой дифференциацией распределения площадей субъекта в физико-географических областях, с другой, подчеркивает важность учета социально-экономических условий при выборе мест размещения полигонов ТКО.

Высокая корреляция отмечена между нормативными объемами ТКО в физико-географических областях и kl ($r = 0.81$), а также с показателями площадей нормативно-необходимых для размещения ТКО в физико-географических областях и ($r = 0.95$).

ОЦЕНКА БЛАГОПРИЯТНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ СУБЪЕКТОВ РОССИИ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНОВ ТКО

Территориальная дифференциация результатов оценки представлена на рис. 3. Значения рассчитанного индекса изменяются в диапазоне от 2.7 до 14.9 баллов при среднем значении 6.8 балла. *Наименьшие значения индекса соответствуют наилучшим благоприятности условий для размещения полигонов ТКО в регионе, т.е. дополнительных затрат для их строительства и эксплуатации не потребуется.*

В итоге половина субъектов характеризуется относительно благоприятными геоэкологическими условиями для размещения полигонов ТКО. В основном это субъекты ЦФО, СЗФО (кроме северных), ПФО и ДВФО. Лучшими показателями отличаются области, находящиеся на границе лесной и лесостепной зон (рис. 4). Высокие показатели, отражающие максимальную неблагоприятность получены для регионов Сибирского ФО и Дальнего Востока, для которых характерны такие геоэкологические ограничения как наличие толщ многолетнемерзлых пород, горный рельеф, заболачивание и сейсмичность (рис. 5). Для регионов Дальнего Востока характерно исключение из числа благоприятных площадей сезонного затопления.



Рис. 4. Топ-10 регионов РФ с минимальными значениями Индекса благоприятности условий для размещения полигонов ТКО.

Учитывая численность городского населения, рассчитывался нормативный объем накапливаемых коммунальных отходов⁷. Среди регионов максимальный фактический годовой объем ТКО (по данным официальной статистики – Росприроднадзор, 2021) получен для московского региона, включающего Москву и Московскую область, на втором месте – Свердловская область, замыкает рейтинг лидеры Красноярский край. Интересно, что при соотношении этих значений с рассчитанным Индексом благоприятности размещения полигонов ТКО выделяются: Свердловская область, Краснодарский край и Ростовская область. Для этих регионов характерны существенные ограничения для размещения полигонов ТКО (рис. 6).

Для большинства регионов РФ характерно превышение фактического годового объема ТКО (2021 г.) над нормативным более чем в 2 раза, что помимо негативных экологических последствий приведет к значительным финансовым издержкам за сверхлимитное размещение отходов⁶. В то же время региональные нормативы вводятся из расчета реализации проекта “Комплексного обращения...”¹. Благодаря системным мерам государственной поддержки в стране появляется все больше новых мощностей по обработке и утилизации ТКО.

Учитывая, что объем производимых ТКО пропорционален количеству населения (в основном городского) в субъектах, были проанализированы

данные о плотности населения и доле городского населения. Сопоставление этих показателей с ожидаемыми объемами ТКО показало отсутствие прямой связи между ними, так как плотность населения связана не только с численностью населения, но и с площадью территории их проживания.

По данным аналитических отчетов экспертов [5], наблюдается прямая зависимость между количеством сгенерированных ТКО и уровнем жизни в регионах, рассчитываемого, как отношение среднемесячной зарплаты к стоимости потребительской корзины (минимальной стоимости жизни). Сопоставление данных рейтинга субъектов РФ по Индексу социального благополучия с опубликованными данными по производству ТКО на душу населения, позволяет отметить, что для Амурской области и Ямало-Ненецкого АО прослеживается четкая связь между этими показателями. Так, Амурская область в 2022 г. стала лидером по генерации бытового мусора со средним показателем 652.4 кг на человека [6], т.е. чем выше индекс социального благополучия, тем больше потенциальный объем коммунальных отходов.

Темпы роста образования бытовых отходов во многом зависят от уровня и структуры потребления, наличия необходимой инфраструктуры, а также степени экологической ответственности потребителей и могут отличаться в несколько раз в регионах.

Известно, что не все ТКО попадают на полигоны, часть из них подвергается вторичной переработке. Поэтому сам рост генерации бытовых отходов не обязательно сопряжен с увеличением экологического ущерба и дополнительной нагрузкой на регионы. При интеграции подходов экономики замкнутого цикла в российскую практику обращения с отходами следует ожидать, что большая часть отходов будет перерабатываться и вовлекаться в повторный оборот. Однако в 2022 г. из 45.9 млн т произведенных ТКО на утилизацию было отправлено всего 6.6%. Причем сжигание мусора теперь также приравнивается к утилизации. Несмотря на то что большинство ТКО относятся к наименее опасным IV и V классам, огромные объемы такого разнородного по составу мусора при неправильном размещении и отсутствии утилизации наносят огромный ущерб окружающей среде и человеку – поэтому разработка методов и подходов к размещению полигонов ТКО для сортированных отходов является актуальной и первоочередной задачей на пути сохранения окружающей природной среды и устойчивого развития экономики и общества. Для урбанизированных районов планируется дальнейшее повышение темпов рециркуляции и снижение объемов захоронения отходов.

⁷ Постановление Правительства РФ № 758 от 29.06.2018 г.

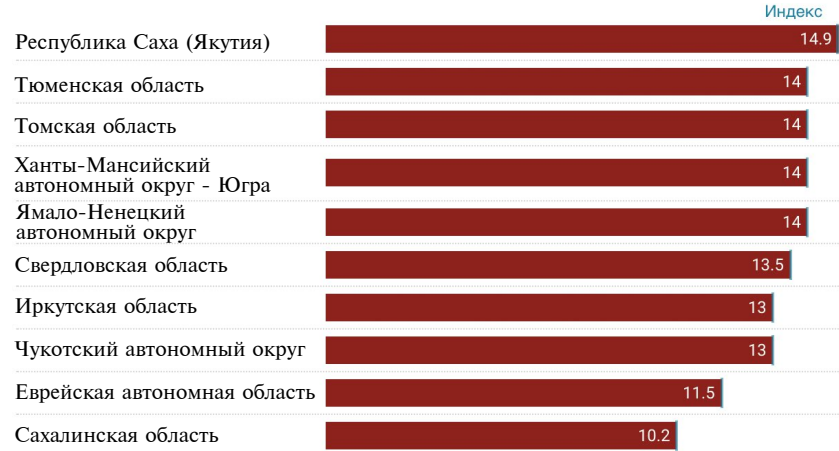


Рис. 5. Топ-10 регионов РФ с максимальными значениями Индекса благоприятности условий для размещения полигонов ТКО.



Рис. 6. Топ-10 регионов по распределению нормируемого годового объема ТКО и показатель Индекса благоприятности размещения полигонов ТКО.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненной оценки позволяют судить о благоприятности условий регионов для размещения на их территории полигонов ТКО, представить различия в сложности их строительства из-за наличия негативных геоэкологических факторов и социально-экономических условий субъектов. Учет в комплексной оценке таких показателей, как количество городов и численность городского населения, региональные нормы сбора ТКО, удорожание строительства полигона при наличии различных геоэкологических ограничений, ценность занимаемых полигоном земель и др., обеспечивает интегральную оценку существующих региональных различий, которые необходимо учитывать при планировании размещения полигонов ТКО, это позволит прогнозировать объем выделения средств на реализацию

Федерального проекта “Комплексная система обращения с твердыми коммунальными отходами”.

Предложенный многоступенчатый подход к оценке благоприятности размещения полигонов ТКО позволяет комплексно оценить основные ограничения как природные, так и социально-экономические на единой методической основе на федеральном уровне. Полученные количественные оценки территории субъектов, выраженные Индексом благоприятности размещения полигонов ТКО, рассчитанным в баллах, могут быть использованы при принятии эффективных решений в области управления отходами.

Исследования проведены в ходе выполнения государственного задания ИГЭ РАН по теме НИР № гос. регистрации 122022400104-2 при частичной финансовой поддержке РНФ, (проект № 22-17-00045).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бояркин В.М., Бояркин И.В. География Иркутской области. 7-е изд., перераб. и доп. Иркутск: Сарма, 2011. 255 с.
2. Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ООО ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
3. Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления. Госкомэкология РФ, 1999 г. <https://www.solidwaste.ru/i/news/30019/1999.pdf>
4. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами. Ч. 2: учебное пособие / Е.А. Васильева. СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. 80 с.
5. Третьякова Е.А., Шимановский Д.В. Социальное благополучие и эколого-экономическая динамика: аналитическая модель // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1. С. 146–154. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42942040>.
6. <https://tass.ru/ekonomika/18518801> [Электронный ресурс] (дата обращения 23.11.2023).
7. <https://vyvoz.ru> [Электронный ресурс] (дата обращения 23.11.2023).

METHODOLOGICAL BASES FOR ASSESSING GEOENVIRONMENTAL AND SOCIOECONOMIC CONDITIONS OF OPTIMAL ALLOCATION OF MSW LANDFILLS

V. G. Zaikanov^{a, #}, T. B. Minakova^a, E. V. Buldakova^a

^a*Sergeev Institute of Environmental Geoscience, Russian Academy of Sciences,*

Ulansky per. 13, str. 2, Moscow, 101000 Russia

[#]*E-mail: v.zaikanov@mail.ru*

The issues of solid municipal waste (MSW) management are very urgent now due to the increasing accumulation of MSW amount along with rapidly rising urban population. Despite all the efforts undertaken for developing a high-tech infrastructure for waste treatment and disposal, a significant part of it is still disposed to landfills. The index of favorability for the MSW landfill allocation is determined on the basis of a comprehensive account of geoecological constraints and socioeconomic conditions; it reflects the regional differentiation between the administrative subjects of the Russian Federation. The suggested approach to assessing the subjects' territory for the scientifically grounded placement of MSW landfills contributes to solving the problem of effective waste management.

Keywords: *MSW landfills, the index of favorable placement of MSW landfills, geoecological conditions and restrictions, socioeconomic conditions, physical and geographical areas, subjects of the Russian Federation*

REFERENCES

1. Boyarkin, V.M., Boyarkin, I.V. [Geography of the Irkutsk region]. Irkutsk, Sarma Publ., 2011, 255 p. (in Russian)
2. Puchkov, V.N. [Geology of the Urals and the CisUrals areas (acute issues in stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 2010, 280 p. (in Russian)
3. Collection of specific indices in production and consumption waste generation. Goskomekologiya RF, 1999. <https://www.solidwaste.ru/i/news/30019/1999.pdf> (in Russian)
4. [Technology of solid municipal waste management. Part 2: textbook]. E. A. Vasilyeva. St. Petersburg, SHTE SPbGUPTD, 2021. 80 p. (in Russian)
5. Tretyakova, E.A., Shimanovskii, D.V. [Social well-being and ecological and economic dynamics: an analytical model]. *Problemy prognozirovaniya*, 2020, no. 1, pp. 146–154. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42942040>. (in Russian)
6. <https://tass.ru/ekonomika/18518801> [Electronic resource] (accessed 11.23.2023) (in Russian)
7. <https://vyvoz.ru> [Electronic resource] (accessed 11.01.2024). (in Russian)