ISSN 2411-3336; e-ISSN 2541-9404

ЗАПИСКИ ГОРНОГО ИНСТИТУТА
Journal of Mining Institute
Сайт журнала: pmi.spmi.ru



Обзорная статья *Экономика сырьевых отраслей*

Кадастровый учет техногенных минеральных образований в России: генезис и проблемы развития

В.В.Юрак[1,2,3]✉, **М.Н.Игнатьева**[2,4], **Б.В.Французов**[5]

[1] *Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*
[3] *Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург, Россия*
[4] *Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Россия*
[5] *Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Москва, Россия*

Как цитировать эту статью: Юрак В.В., Игнатьева М.Н., Французов Б.В. Кадастровый учет техногенных минеральных образований в России: генезис и проблемы развития // Записки Горного института. 2026. Т. 281. Вып. 1. С. 158-173. EDN BEFZXT

Аннотация
Проблема размещения на земной поверхности значительной массы накопленных отходов, среди которых основная доля принадлежит горно-промышленному комплексу и связанным с ним перерабатывающим производствам, делает актуальным совершенствование информационного обеспечения обращения с отходами. Целью исследования является обоснование и анализ материалов, характеризующих кадастровый учет техногенных минеральных образований (ТМО), и разработка мер, способствующих совершенствованию деятельности по разработке кадастров. Информационную базу исследования составили данные наукометрических баз данных, материалы научных отчетов и аналитических докладов, а также нормативно-правовые источники. Теоретико-методологическую и методическую базу исследования составили системный подход, а также методы структурного анализа, аналогий, обобщения и систематизации, сравнений и сопоставлений, группировки и логико-экономического анализа. В исследовательском фокусе находился период с 1920-х годов XX в. по настоящее время. Выявлена взаимосвязь между направлениями сбора информации для кадастров и классификационными признаками классификаций ТМО и техногенных месторождений (ТМ). В результате анализа классификаций ТМО, ТМ и объектов отрицательного воздействия на окружающую среду обоснованы базовые классификационные признаки, касающиеся отходов. Установлены эволюционные изменения в содержательном наполнении кадастров, обозначены этапы развития кадастрового учета в России. Доказана целесообразность расширения информационного массива за счет учета экологической ситуации территории, в границах которой расположено ТМО, минеральных ассоциаций с сульфатсодержащими рудами и их способности к окислению; а также за счет включения в состав информации экономических показателей, в частности в отношении ТМО – экономического ущерба. Обоснована целесообразность формирования восьми информационных блоков в составе кадастров, предложен алгоритм их построения. Сформулированы предложения по совершенствованию кадастрового учета ТМО, способствующие улучшению информационного обеспечения деятельности, связанной с их формированием и использованием.

Ключевые слова
кадастр; классификация; техногенные минеральные образования; техногенные месторождения; отходы; промышленные отходы; содержательное наполнение; алгоритм; информационное обеспечение

Финансирование
Отсутствует.

Поступила: 21.03.2026 ***Принята: 25.06.2026*** ***Онлайн: 14.10.2026*** ***Опубликована: 30.10.2026***

Введение

Серьезной проблемой современного этапа развития промышленности является наличие значительной массы отходов производства и потребления, которая оценивается экспертами в 80-100 млрд т [1-3]. При этом большую часть из них (97-98 %) составляют отходы горно-добывающего и связанных с ним перерабатывающих производств [4-6]. Негативным фактором является

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

постоянное нарастание массы техногенных минеральных образований (ТМО), что связано, с одной стороны, с ростом ежегодного объема формирования ТМО, с другой – с недостаточным уровнем их использования (не более 47-49 %) [7-9]. Увеличение объема образования ТМО определятся рядом факторов, среди которых рост удельного веса открытого способа разработки месторождений, недостаточная геологическая изученность и др. [10-12]. Наиболее значимым среди них является экстенсификация добычи полезных ископаемых [13-15]. Ряд причин обуславливает и низкий уровень использования ТМО. Считается, что в наибольшей степени этому способствуют несовершенство правового обеспечения процесса геологического изучения [16-18], лицензирования и эксплуатации техногенных месторождений [8, 19, 20], а также отсутствие полного спектра технологий переработки техногенного сырья [21-23]. В то же время не следует пренебрегать несовершенством информационного обеспечения, недостаточной информированностью как о состоянии техногенных образований, так и о возможной эколого-экономической эффективности их использования [8, 24, 25], наличии доступных экологически безопасных технологий [26-28] и т.д.

Отсутствие полной информации о ТМО во многом объясняется недостаточным вниманием к ним со стороны производственников и научной общественности [29-31], несмотря на то, что фундаментальные [32-34] и частные практико-ориентированные [35-37] исследования доказали негативное влияние техногенных массивов минерально-сырьевого комплекса. Как следует из анализа, выполненного авторами исследования [38], долгое время внимание к ним оставалось поверхностным, когда требование комплексного использования сырья, в том числе вовлечения техногенных месторождений в хозяйственный оборот, не реализовывалось [39, 40]. Постепенное упрочнение позиции ТМО, рассмотрение их в качестве источника расширения минерально-сырьевой базы (МСБ), недопущение потери устойчивости МСБ относится лишь к началу XXI в. [9, 41] (концепция чистого производства, концепция циркулярной экономики [42-44]). Из числа второстепенных объектов регулирования недропользования они переходят в разряд основных, приобретают все больший вес в качестве источника расширения МСБ, а преобладающим в их характеристике становится минерально-сырьевой аспект.

Рациональное использование ТМО требует постановки исследований, а также обобщения и систематизации информации, которая служит основой для принятия решений о целесообразности использования ТМО. Построение системы учета становится возможным благодаря разработке кадастров, в условиях горно-добывающих производств – кадастров ТМО и техногенных месторождений (ТМ). Таким образом, цель данного исследования заключается в обосновании и анализе материалов, характеризующих кадастровый учет техногенных минеральных образований, и разработке мер, способствующих совершенствованию кадастрового учета в России. Достижение данной цели потребовало постановки следующего перечня исследовательских задач:

• определить базовые классификационные признаки, касающиеся отходов, из анализа классификаций ТМО, ТМ и объектов отрицательного воздействия на окружающую среду;

• провести детальный обзор публикаций и нормативно-правовой базы становления кадастрового учета в России – определить этапы развития проблематики;

• выявить базовые тенденции и проблемы, требующие решения при совершенствовании кадастров ТМО и ТМ в России;

• разработать алгоритм составления кадастра ТМО и общую информационную структуру кадастров ТМО и ТМ, которая нивелирует выявленные проблемы и недостатки современного кадастрового учета.

Данные и методы

Информационные источники данного научного исследования были аккумулированы с учетом междисциплинарного характера проблематики обращения с ТМО и ТМ. Информационную базу сформировали публикации наукометрических баз данных РИНЦ (включающей исследования из баз данных Scopus и WoS) и ResearchGate, материалы научных отчетов, аналитических докладов, размещенные на портале Единой государственной информационной системы учета результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения (ЕГИСУ НИОКТР) и в фондах Свердловской областной научной библиотеки им. В.Г.Белинского (Екатеринбург) и Санкт-Петербургского горного университета императрицы

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Екатерины II, а также нормативно-правовые источники базы «Консультант Плюс». На этапе сбора данных применялась методология системного обзора [45] для снижения риска потери важных информационных источников.

Критерии включения в базу:

• исследуемая проблематика – по ключевым словам (кадастр, классификация, техногенные минеральные образования, техногенные месторождения, отходы, промышленные отходы, содержательное наполнение, алгоритм, информационное обеспечение, рекуперация, природопользование) и их английским вариантам перевода в разных интерпретациях и дополнениях (cadaster, classification, technogenic/man-made mineral formations, technogenic/man-made deposits, waste/tailings, industrial waste, content, algorithm, information support, mining, remanufacturing, reuse, recycling, environmental management, mineral resource base, circularity, disturbed, impact);

• временной период – 1900-2026 гг.;

• тип публикации – статья, отчет, диссертация, монография (книга/препринт);

• язык публикаций – русский и английский.

Для применения строгого и воспроизводимого подхода к сбору статей применялась методология Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) [24, 46]. Процесс формирования информационной базы текущего исследования отражен на рис.1.

В данной статье используются результаты теоретических и практических научных работ, реализованных с использованием совокупности разнообразных методов анализа. Так, в качестве основных при определении базовых классификационных признаков, касающихся отходов, используются методы структурного анализа, аналогий и группировки. Применение в рамках системного подхода методов обобщения и систематизации информационных источников позволили проанализировать и выявить эволюцию этапов становления кадастрового учета в России, а также предложить авторские алгоритм формирования кадастра ТМО и информационную структуру кадастров ТМО и ТМ, нивелирующую выявленные недостатки. При выявлении базовых трендов сложившегося кадастрового учета, а также проблем, требующих решения при совершенствовании кадастров ТМО и ТМ, были использованы логико-экономический анализ и методы сравнения и сопоставления. Совокупность указанных информационных источников и методов обеспечивает целостный анализ обозначенной проблематики.

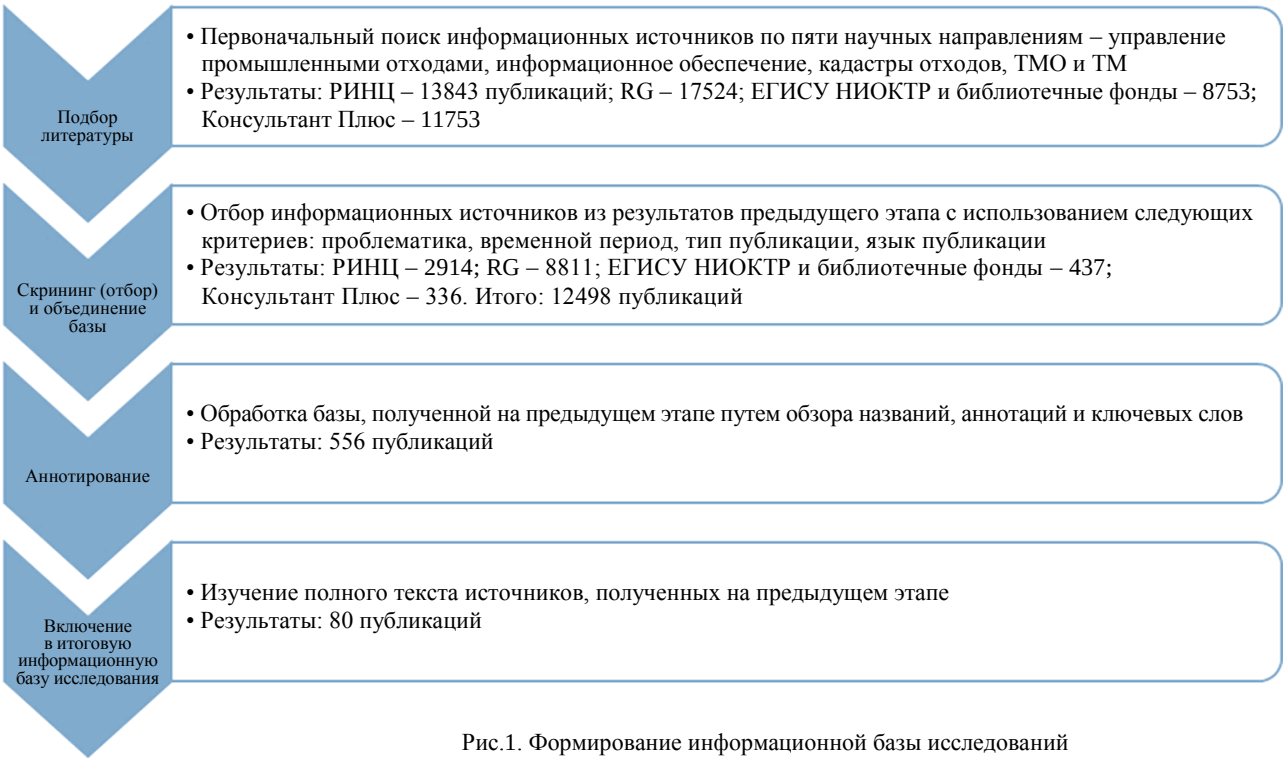


Рис.1. Формирование информационной базы исследований

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Обсуждение результатов

Выявление основных классификационных признаков, касающихся отходов, из классификаций ТМО, ТМ и объектов отрицательного воздействия на окружающую среду

Кадастр ТМО – это информационный ресурс, позволяющий принимать управленческие решения, который представляет собой систематизированный свод экономических, экологических, социальных, организационных, юридических и технических данных, характеризующих количество, качество и местоположение ТМО, а также состав и категорию недропользователей (по организационно-правовой форме). Полнота и достоверность сведений о ТМО, систематизированных в кадастрах, дает возможность инвесторам принимать наиболее обоснованные решения относительно освоения техногенных месторождений. Первоосновной разработки кадастров служат классификации ТМО и ТМ, классификационные признаки которых участвуют в построении базовой основы кадастров. Если кадастр – это свод информации, то классификация – это разделение объектов, явлений и понятий по классам, отделам, разделам в зависимости от их общих признаков. Классификация определяет основные направления сбора информации, идентифицируемые согласно классификационным признакам [47]. Тесно связана с разработкой кадастров паспортизация отходов, учитывая, что построение кадастров во многом зависит от информации в паспортах отходов (ТМО). Первые классификации ТМО и ТМ появились в 80-90-е гг. XX в. в период усиления внимания к техногенному сырью, рассматриваемому в качестве источника развития минерально-сырьевой базы, и касались горно-обогатительного и металлургического производства, а также строительного сырья (рис.2).

Так, анализ действующих кадастров ТМО, во-первых, позволил выявить ряд недостатков в их содержательном накоплении, во-вторых, показал отсутствие основополагающих признаков, определяющих условия формирования кадастров ТМО. Совокупность принципов формирования кадастров ТМО и/или ТМ, разработанных авторами данной статьи, приведены на рис.3. Основной перечень принципов касается создания кадастра как результата с выделением специфики, отражающей минерально-сырьевой и экологический аспекты ТМО или ТМ. Ряд принципов определяют условия создания кадастра (выбор показателей, обоснование натуральных единиц, период оценки и др.).



Рис.2. Взаимосвязь классификаций и кадастров ТМО и ТМ

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Записки Горного института. 2026. Т. 281. Вып. 1. С. 158-173
© В.В.Юрак, М.Н.Игнатьева, Б.В.Французов, 2026

<table>
<tr><td colspan="5">Принципы, характеризующие разработку кадастра, как результат</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Минерально-сырьевой аспект</td><td rowspan="2">Полнота, комплексность</td><td>Общие</td><td rowspan="2">Экологичность, токсичность</td><td rowspan="2">Экологический аспект</td></tr>
<tr><td>Целостность
Экономичность
Ресурсообеспеченность
Сохранность
Взаимодополняемость
Правомерность</td></tr>
<tr><td colspan="5">Преемственность, умеренность, достоверность, динамичность, прозрачность</td></tr>
<tr><td colspan="5">Принципы, характеризующие разработку кадастра, как процесс</td></tr>
</table>

Рис.3. Основополагающие принципы разработки кадастра ТМО

Разработанные основополагающие принципы характеризуют объекты ТМО одновременно и как возможные техногенные месторождения, и как объекты отрицательного воздействия на окружающую среду. Отсюда важнейшим принципом формирования кадастра является *целостность*, требующая полноты характеристики с позиции минерально-сырьевого аспекта в части рудных и нерудных полезных ископаемых. Отражение минерально-сырьевого аспекта предполагает реализацию принципа *комплексности* – исчерпывающей характеристики материалов ТМО, наличия полезных компонентов, подлежащих извлечению, а также горных пород с позиции возможности использования в виде попутных полезных ископаемых. Принцип *полноты* требует отражения всего перечня полезных компонентов с учетом возможных перспектив использования в будущем. Обязательным условием является оценка опасности ТМО для окружающей среды, что предопределяет реализацию принципа *токсичности*, учитывая что даже незначительные проценты токсичных компонентов повышают опасность ТМО. Принцип *экологичности* предполагает оценку не только текущего состояния, но и возможный прогноз отрицательного воздействия на окружающую среду при хранении ТМО. Одним из оцениваемых параметров в кадастрах выступают действующие или прогнозные для использования технологии. Принцип *технологичности* предусматривает характеристику ТМО с точки зрения наличия технологий их переработки. Детализация вещественного состава ТМО, его физико-механических, физико-химических характеристик дает возможность разрабатывать рекомендации по использованию технологий, опираясь на имеющийся практический опыт. Принцип *экономичности* проявляется в расчете нескольких эффектов при освоении ТМ (экономический, экологический, социальный, косвенный результат) при использовании как основного, так и попутных полезных ископаемых. На ранних стадиях оценки до подсчета запасов принцип экономичности предполагает определение экономического ущерба. Принцип *ресурсообеспеченности* получил свою реализацию в раскрытии информации, касающейся обеспеченности ресурсами процесса освоения ТМ – трудовыми, местными сырьевыми, инфраструктурой и т.д. Принцип *сохранности* требует отражения в кадастре информации о системе мониторинга, производственного контроля, системы защиты окружающей среды. Принцип *взаимодополняемости* отражает информацию о месторасположении ТМО, его размещении, транспортной доступности, категории земель, лесных насаждений, наличии водоемов, а также о природных условиях, касающихся рельефа, климата, влажности, тепла. Принцип *правомерности* требует наличия информации о документах на право землепользования, размещении ТМО и рекультивацию, наличия утвержденных предельно допустимых выбросов и сбросов, нормативов размещения отходов, заключения экологической экспертизы, установления санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и др.

Основополагающие принципы кадастровой оценки – преемственность, умеренность, достоверность, прозрачность, динамичность. Учет принципа *преемственности* предусматривает анализ и использование показателей, рекомендуемых в имеющихся классификациях ТМО и ТМ. В свою очередь, принцип *умеренности* требует оптимизации количества показателей. Количество показателей, характеризующих параметры кадастров не должно быть излишним (исключение

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

малозначимых показателей, являющихся к тому же трудоемкими для оценки), но и не должно быть необоснованно кратким. Требование *достоверности* проявляется в использовании показателей, имеющих место в открытой печати, что к тому же обеспечивает прозрачность информации кадастров. Принцип достоверности требует как можно меньшего обращения к аналогам и экспертным оценкам, страдающим субъективностью мнений экспертов. Принцип *динамичности* предусматривает постоянное пополнение информации кадастров, отражение временной динамики, а также расширение учитываемых показателей или отказ от действующих.

Обобщение и анализ информационных источников о техногенных минеральных образованиях [48-50], техногенных месторождениях [51-53] и объектах отрицательного воздействия на окружающую среду показал, что наиболее приемлемыми для обоснования направлений сбора материала для составления паспортов отходов и, соответственно, кадастров, являются те из них, которые достаточно полно характеризуют техногенные месторождения и техногенные минеральные образования. Для обеспечения содержательного наполнения кадастров предлагается сбор информации в разрезе следующих основных классификационных признаков, касающихся отходов: материальная субстанция (вещественная и энергетическая); агрегатное состояние; химический состав; генезис (происхождение); стадия образования горно-металлургического производства (рудные склады и отвалы горных пород – вскрышные и вмещающие); хвосты и шламы, образующиеся при обогащении; шлаки и кеки, формирующиеся при металлургическом переделе; карьерные, фабричные и другие виды газов, образующиеся при добычных работах и обогащении; возможность извлечения полезных компонентов (либо целесообразно в настоящее время, либо намечается на ближайшие 10-20 лет, потому отходы подлежат сохранению); целесообразность использования; направления использования (предназначенные для извлечения полезных компонентов, производства стройматериалов, закладки горных выработок, использования в химической промышленности, сельском хозяйстве и т.д.); возможность использования (используемые и неиспользуемые – агрессивные, ядовитые, токсичные, способные к самостоятельному горению, в том числе подлежащие захоронению); возможность использования для рекультивации (пригодные, непригодные) и др.

Обзор публикаций и нормативно-правовой базы становления кадастрового учета в России

I этап (*1920 – 1990-е годы*). *Предварительный этап кадастрового учета ТМО*. Началом составления кадастров считают 20-е годы XX столетия, когда был составлен первый кадастр земельных ресурсов. Позже (1930 – 1950-е годы) необходимость их формирования отрицалась, и лишь позднее пришло осознание важности разработки этих документов.

Стимулом для составления кадастров ТМО послужили постановления Правительства, принятые в 1980-е годы, хотя сбор и обобщение данных по отходам выполнялись в Украинском филиале Научно-исследовательского института планирования и нормативов при Госплане СССР еще в 1960-е годы, а с 1974 г. деятельность по составлению кадастров горно-промышленных отходов стала приобретать еще большую масштабность. Пионерами в разработке кадастров выступили Институт проблем комплексного освоения недр АН СССР, Донецкий политехнический институт, Ждановский металлургический институт, Ленинградский горный институт, Ворошиловградский филиал института экономики промышленности АН СССР и др.[1]

Впервые источники попутных продуктов добычи и отходов производства были отражены в кадастре – классификаторе строительного минерального сырья УССР – наряду с информацией о месторождениях основного минерального сырья [54]. Кадастр строительного минерального сырья объединял информацию двух отдельных источников – природных месторождений глинистого минерального сырья и источников попутной продукции добычи и отходов производства. Характеристика попутных полезных ископаемых и отходов отражала источники вторичного сырья, местоположение, виды горной породы, запасы, площади отвалохранилищ. Приводились химико-технологические свойства вторичного сырья, технико-экономические показатели, рекомендуемые технологии переработки ТМО, которые были включены в единую систему кадастрового учета и оценки наравне с первичным природным сырьем. В последующем для отходов стали создаваться самостоятельные кадастры. Так, в 1984 г. сотрудниками Совета по изучению производственных

[1] О необходимости формирования общегосударственного банка данных использования вторичных ресурсов и отходов производства. Препринт доклада ИЭП АН УССР. Донецк: ИЭП АН УССР, 1986. 36 с.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

сил при АН Казахской ССР и институтов «Джезказган» – «НИИцветмет» был разработан кадастр ресурсов отходов производства цветной металлургии Казахстана.

В конце XX в. появились методические рекомендации по оценке эффективности освоения техногенных месторождений, а также ряд отраслевых методик, определяющих порядок кадастрового учета отходов, в том числе отраслевая методика кадастрового учета отходов горно-обогатительного и металлургического производства предприятий цветной металлургии[2], а также отраслевые методические указания по созданию и ведению отраслевого свода сведений о вторичных материальных ресурсах[3]. Методика определяла основные принципы учета, оценки и практического использования отходов горно-обогатительного и металлургического производства предприятий цветной металлургии, порядок построения единой системы учета минеральных и техногенных ресурсов цветных металлов. Большое внимание в кадастре уделялось экономическому аспекту, что позволяло рассматривать его как экономический кадастр отходов. Порядок разработки экономического кадастра предполагал использование исходных и расчетных показателей. Приведенные данные свидетельствуют об ориентации учета на конечные экономические результаты использования отходов, что в практической деятельности не имело широкого распространения из-за невысокой рентабельности освоения ТМ. Разрабатываемый кадастр не получил распространения.

Практическую работу по разработке кадастров ТМО в эти годы в Мурманской обл. выполняли Мурманская геологоразведочная экспедиция и Горный институт Кольского филиала АН СССР [55]. С 1986 по 1989 гг. Горный институт КФ АН СССР проводил исследования по проблеме кадастрового учета и возможности освоения техногенного сырья в Мурманской обл. [56]. В качестве основы кадастра использовались данные паспортов отходов горно-добывающих и перерабатывающих производств, разработанные Северо-Западным производственным геологическим объединением «Севзапгеология» в 1984 г. Эти краткие сведения позволили оценить потенциал техногенного сырья, уровень его использования и влияния на окружающую среду [57, 58]. Подобные исследования по оценке возможности использования отходов горно-добывающего производства на Урале в Свердловской обл. выполнялись в 1987 г. под руководством Е.П.Смирнова. Однако в 1990-е годы развития эти исследования не получили, проблема отходов и их инвентаризация отошла на второй план. На этом предварительный этап кадастрового учета ТМО закончился.

II этап (*1990-2006*). *Организация кадастрового учета ТМО и ТМ*. Следующий этап сопровождается принятием первых законодательных документов, регулирующих организацию кадастрового учета. В 1992 г. был принят федеральный закон «О недрах», а необходимость ведения государственных кадастров природных ресурсов, обеспечивающих учет и социально-экономическую оценку, получила отражение в следующих документах:

• Распоряжение Заместителя председателя Совета Министров Правительства РФ от 07.05.1993 г. № 58-рз «О совершенствовании количественного и качественного учета природных ресурсов»;

• Приказ Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов от 27.05.1993 г. № 103 «Об обеспечении проведения эксперимента по совершенствованию учета и социально-экономической оценке природно-ресурсного потенциала»;

• Указ Президента РФ от 04.02.1994 г. № 236 «О государственной стратегии РФ по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития» (отражено требование создания кадастров природных ресурсов).

В результате активизировалась работа по разработке кадастров на региональном уровне (Вологодская, Владимирская, Калужская, Ярославская, Свердловская, Костромская и другие области). В ряде регионов были приняты соответствующие программы (Курская обл., Красноярский край и др.). В 1993 г. в новой государственной программе «Экологическая безопасность России» появилась задача создания банка данных техногенных месторождений (БДТМ) по регионам. В Мурманской обл. к составлению БД был привлечен Горный институт. На основе кадастровой информации такая база данных была создана, все данные в ней группировались в одиннадцати

[2] Отраслевая методика кадастрового учёта отходов горно-обогатительного и металлургического производств предприятий цветной металлургии. М.: Министерство цветной металлургии СССР, 1987. 99 с.

[3] Отраслевые методические указания по созданию и ведению отраслевого свода сведений о вторичных материальных ресурсах. М.: Министерство цветной металлургии СССР, 1988. 74 с.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

таблицах: одна таблица с общими и 10 таблиц с индивидуальными показателями. Новая верстка БД позволила подробно охарактеризовать каждое ТМ. В последующей редакции БД содержала уже 22 таблицы. Впоследствии в рамках госзадания № 0226-2018-0001 в Горном институте КНЦ РАН была выполнена работа по пополнению кадастра техногенных образований Кольского горно-промышленного региона [55].

Повышение интереса к техногенным минеральным образованиям в Свердловской обл. предопределило постановление Правительства Свердловской области № 84-ПП от 23.03.93 г. «О паспортизации техногенных месторождений на территории Свердловской области», указ № 1 губернатора Свердловской области от 09.01.96 г. «О мерах по организации переработки техногенных образований», а также разработка специальной программы «Переработка техногенных месторождений Свердловской области», которая в 1996 г. была утверждена Правительством РФ и получила статус президентской. Из-за проблем с финансированием в 2000 г. работа над программой была остановлена.

В 2000 г. вышло Постановление Правительства РФ № 818 от 26.10.2000 г. «О порядке ведения государственного кадастра отходов и проведения паспортизации опасных отходов». Проведена паспортизация опасных отходов[4], опасность которых устанавливалась согласно приказу Министерства природных ресурсов России от 15.06.2001 г. № 511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей среды». Расширилась практика разработки отраслевых и региональных кадастров, ярким подтверждением которой служит выполнение исследований в 1997-2000 гг. на территории Свердловской обл. коллективом ученых (С.И.Мормиль, В.Л.Сальников, Л.А.Амосов и др.) техногенных месторождений Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. Результатом исследований явились систематизация разрозненных материалов по ТМО и ТМ, формирование БД, паспортизация и кадастровая оценка техногенных месторождений Свердловской обл. [52]. Информационная база была сформирована путем сбора и систематизации архивных, фондовых и опубликованных материалов, отчетов по формам 2-ТП (отходы), 71-ТП, 5-гр, паспортов хвостохранилищ и других материалов. Были рассмотрены основные направления использования ТМО, приведен обзор существующих и перспективных технологий переработки ТМО и выполнена оценка воздействия ТМО на окружающую среду [52]. По состоянию на 2000 г. в Свердловской обл. было учтено 66 отходообразующих предприятия горнодобывающего, металлургического, обогатительного, энергетического и химического комплексов, 188 самостоятельных техногенных минеральных объектов, по которым была сформирована информационная база данных. Дальнейшие исследования отражены в работах Г.Г.Хасановой [50, 59].

В этот же период, согласно распоряжениям региональных властей, был разработан кадастр ТМО и ТМ в Мурманской[5], Московской обл.[6], Москве[7] и других регионах. В Забайкальском научно-исследовательском институте по результатам исследований, проведенных в 1994-1997 гг. во главе с Ю.Харитоновым, было разработано методическое руководство по экспрессному анализу, оценке и созданию компьютеризированного кадастра техногенного сырья для старейших горнорудных районов России [8].

Сводный кадастр отходов производства и потребления Москвы, разработанный согласно постановлению Правительства Москвы от 14.10.2003 г. № 865-ПП[9], включает классификационный каталог отходов производства и потребления Москвы, БД об отходах производства и потребления, БД о технологиях использования и обезвреживания, реестр объектов размещения отходов.

[4] Постановление Правительства РФ от 26.10.2000 № 818 «О порядке ведения государственного кадастра отходов и проведения паспортизации опасных отходов».

[5] Кадастр отходов горно-металлургического производства Мурманской области (по состоянию на 01.01.2000). Апатиты; Мурманск: Горный институт КНЦ РАН, 2000. 104 с.

[6] Постановление Правительства Московской области от 02.10.2009 N 802/41 «Об утверждении порядка ведения кадастра отходов Московской области».

[7] Постановление Правительства Москвы от 14.10.2003 № 865-ПП «О Сводном кадастре отходов производства и потребления города Москвы».

[8] *Харитонов Ю.Ф.* Методическое руководство по экспрессному анализу, оценке и созданию компьютеризированного кадастра техногенного сырья для старейших горнорудных районов России. Отчет по теме 241 за 1994-1997 гг. филиала ЗАБНИИ (г. Чита).

[9] Постановление Правительства Москвы от 14.10.2003 № 865-ПП «О Сводном кадастре отходов производства и потребления города Москвы».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Сотрудниками института промышленной экологии УрО РАН были обоснованы подходы к формированию кадастра отходов производства и потребления с целью управления отходами для Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) [60]. Предполагаемый кадастр предусматривал ведение девяти информационных блоков, в которых приводятся данные о происхождении ТМО, местоположении, параметрах формирования, способах хранения, средствах защиты, организации контроля, видах деятельности предприятия, наличии лимитов и разрешений, видах деятельности по обращению с ТМО, установках переработки, технологиях переработки, наличии паспортов опасных отходов. Особенностью информации кадастра является краткость характеристик ТМО, поскольку она касается отходов потребления. Информацию об отходах производства и потребления предоставляло управление по технологическому и экологическому надзору Федеральной службы по ЯНАО, специально уполномоченные органы исполнительной власти ЯНАО и администрации муниципальных образований. Полученная информация касалась в основном крупных промышленных муниципальных образований, где налажена система документального учета и контроля потоков отходов от крупных промышленных предприятий, т.е. уровень ее достоверности недостаточен из-за отсутствия информации от средних и малых предприятий.

III этап (*2007 г. – настоящее время*). *Совершенствование кадастрового учета*. Наиболее важным считается период 2007-2019 гг., определяющийся как основной, в течение которого были утверждены обновленные порядки кадастрового учета отходов[10], проведения паспортизации отходов I-IV классов[11], оценки опасности отходов, выполняемой согласно Федеральному классификационному каталогу, утвержденному приказом Росприроднадзора РФ от 22.05.2007 г. № 242[12]. Для данного периода характерны совершенствование кадастрового учета, обоснование содержательного наполнения кадастров. В Свердловской обл. порядок ведения Кадастра был утвержден постановлением Правительства Свердловской области 23.10.2007 г. № 1036-ПП «Об утверждении порядка ведения Свердловского областного кадастра отходов производства и потребления». Обобщением, систематизацией материалов, формированием и ведением кадастра занимается Центр экологического мониторинга и контроля, действующий при Министерстве природных ресурсов и экологии Свердловской обл. Кадастр содержит четыре раздела: БД об отходах; реестр объектов размещения отходов, расположенных на территории Свердловской обл.; БД о юридических лицах и индивидуальных предпринимателях, осуществляющих деятельность по обезвреживанию и размещению отходов I-IV классов опасности; БД о технологиях (установках) по использованию и обезвреживанию отходов [61]. Содержание Кадастра Свердловской обл. в целом согласуется с утвержденным порядком ведения кадастра[13] (см. таблицу).

Данные областного кадастра подлежат постоянному обновлению, их перечень со временем расширяется. Предоставляемые сведения отражаются в установленных формах. На 2013 г. было зарегистрировано 967 объектов размещения отходов, из них 511 промышленных и сельскохозяйственных, 456 – коммунальных. Площадь, занятая отходами, составила 175 тыс. га.

Близким по содержанию к Свердловскому областному кадастру является кадастр отходов Московской обл.[14], который включает реестр отходов обработки, утилизации, обезвреживания и размещения отходов; банк данных об отходах, включающих сведения о происхождении, количестве, свойствах и классе опасности отходов; сведения о технологиях утилизации и обезвреживания отходов различных видов; перечень индивидуальных предпринимателей и юридических лиц, в результате хозяйственной или иной деятельности которых образуются отходы, включая сведения о зданиях, сооружениях и помещениях, при эксплуатации которых осуществляется деятельность по обращению с отходами.

[10] Приказ Минприроды России от 30.09.2011 № 792 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов».

[11] Постановление Правительства РФ от 16.08.2013 № 712 «О порядке проведения паспортизации отходов I-IV классов опасности».

[12] Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов».

[13] Приказ Минприроды России от 30.09.2011 № 792 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов».

[14] Приказ Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

Сравнение порядка ведения кадастра отходов

Содержание государственного кадастра отходов	Содержание кадастра отходов производства и потребления Свердловской обл.
Федеральный классификационный каталог отходов для определения класса опасности отходов[15]	Свидетельство о классе опасности отходов для окружающей природной среды
Государственный реестр объектов размещения отходов (название, назначение, местонахождение, сведения о воздействии на окружающую среду, сведения о юридическом или физическом лице, эксплуатирующем объект и др.)	Блок размещения отходов. Информация из утвержденной формы «Характеристика объектов размещения отходов», наименование территории расположения объекта, юридический адрес, географические координаты, ближайший водный объект, ближайший населенный пункт, регистрация в государственном реестре. Блок данных о юридических лицах и индивидуальных предпринимателях, осуществляющих деятельность по обращению с отходами
БД об отходах и технологиях использования и обезвреживания отходов различных видов: код отходов по ФККО, агрегатное состояние, состав и происхождение, химический состав и залегание горных пород, отходы переработки, используемые технологии, расход материалов, производимая продукция, наличие заключения экологической государственной экспертизы в части технологии	Блок данных об отходах производства и потребления содержит сведения из формы «Характеристика объектов размещения отходов». Свидетельство о классе опасности отхода: агрегатное состояние, pH, влажность, растворимость в воде, летучесть, компонентный состав, образование, класс опасности, опасные свойства, состояние объекта, наличие документа на землепользование, наличие проекта, заключение гидрогеологов, заключение экологической государственной экспертизы, учет предельно допустимых выбросов и сбросов, согласование проекта, год начала и окончания функционирования объекта, емкость, масштаб, размер СЗЗ, наличие контроля, система защиты, оборудование, система мониторинга, наличие отходов, движение отходов. Блок данных о технологиях (установках) по использованию и обезвреживанию отходов: данные о действующих технологиях, общие сведения, производимая продукция, вторичные отходы, сведения о разработанных и прошедших экологическую государственную экспертизу технологиях

Еще одним источником информации об отходах ТМ является государственный кадастр месторождений и проявлений полезных ископаемых, с ответственным оператором в лице Роснедр [62]. Учету подлежат ТМ, запасы которых утверждены Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых и поставлены на Государственный баланс запасов полезных ископаемых. Для учета изученности и освоения ТМ в структуре Роснедр (Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П.Карпинского) за 2012-2022 гг. была составлена интерактивная карта техногенных объектов основных видов рудных и нерудных полезных ископаемых РФ, содержащая сведения о значительном количестве техногенных объектов и источниках их формирования. В результате была собрана информация по 1607 объектам, выявлено техногенных месторождений и проявлений – 96, спецотвалов в составе месторождений – 252, техногенных образований – 1259.

Выявление базовых тенденций и проблем, требующих решения при совершенствовании кадастров ТМО и ТМ в РФ

Анализ содержания кадастров отходов показывает следующие аспекты:

• все основные классификационные признаки, получившие отражение в классификациях ТМО, учтены в кадастрах;

• в кадастрах отражена структура, заложенная Приказом Минприроды России от 30.09.2011 г. № 792 «Об утверждении порядка ведения государственного кадастра отходов»;

• параметры ТМО, отраженные в кадастрах, не всегда сопоставимы, что затрудняет проведение анализа;

• в недостаточной мере отражен экологический аспект. Качественная оценка силы отрицательного воздействия на окружающую среду весьма субъективна. Более того, отсутствие информации об экологической ситуации в месте размещения ТМО не позволяет получить достоверную оценку экономического ущерба, который подлежит предотвращению при переработке ТМО;

[15] Распоряжение Министерства экологии и природопользования Московской области от 25.01.2016 № 41-РМ «Об утверждении Порядка ведения кадастра отходов Московской области».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

• требует дополнения информация, характеризующая ТМО в части их хранения. В частности, необходимо выделение минеральных ассоциаций и выявление характера окисления сульфидов. Первоочередными объектами, физико-химические свойства которых подлежат оценке, выступают пирит, халькопирит, петландит, сфалерит, галенит, пирротин, блеклые руды. Скорость окисления и срок хранения позволят принимать наиболее обоснованные решения относительно вклада денежных средств в использовании ТМО. Срок хранения служит важнейшим фактором и в отношении вскрышных пород, которые постепенно разрушаются, теряют полезные физико-механические свойства;

• отсутствует информация об экономических показателях, отражающих эффективность освоения ТМ при выполнении разведочных работ, или иных экономических показателях, согласующихся с характером оценки на соответствующих этапах геологоразведочных работ. Учитывая экологический аспект, анализ эффективности отработки ТМ предполагает эколого-экономический подход, который предусматривает оценку предотвращаемого экономического ущерба, обусловленного экологическими последствиями, а в отдельных случаях и предотвращаемого ущерба, обусловленного отрицательными социальными последствиями. Отказ от экономических обоснований в кадастрах мотивируется отсутствием и недостаточной достоверностью информации, необходимой для их выполнения;

• недостаток информации или наличие обрывочной информации, которая к тому же зачастую носит противоречивый характер и требует проверки. Особые трудности по сбору информации связаны с объектами, формирование которых закончено. На начало 2023 г. в реестре насчитывалось 528 объектов накопленного экологического вреда на территории России [63-65].

Разработка алгоритма верстки кадастра ТМО и общей информационной структуры кадастров ТМО и ТМ, которая нивелирует выявленные проблемы и недостатки существующего кадастрового учета

Российская и зарубежная практика информационного обеспечения ТМО, несмотря на важность, крайне мало освещена в публикациях. Следует констатировать, что анализ информационного обеспечения ТМО за рубежом [66, 67] очень тесно связан с практикой внедрения принципов циркулярной экономики [68-70] на всех уровнях управления – страновом [71, 72], региональном [73, 74] и локальном [75], а также с освещением вопросов достижений научно-технического прогресса в области переработки ТМО и освоения ТМ [76-78]. Особое место уделяется исследованию социо-экологических аспектов ТМО и рисков от освоения ТМ [74]. Достаточно фрагментарно освещается проблематика отражения информации о ТМО и ТМ в государственных и корпоративных информационных системах [73, 74].

С учетом анализа литературы по проблематике и описанных дополнительных рекомендаций по сбору информации структура содержания кадастра ТМО будет включать в себя восемь блоков. Увеличение количества блоков по сравнению с рекомендациями[16] будет способствовать объединению более сопоставимой информации.

Содержание кадастра ТМО:

1. Сведения о пользователе (служебная характеристика; форма собственности; наличие лицензии на недропользование; хранение отходов; наличие заключения государственной экологической экспертизы; наличие заключения гидрогеологов; наличие проекта рекультивации; наличие проекта на геологическое изучение ТМО; проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение; наличие паспорта ТМО).

2. Сведения о типе ТМО и его месторасположении (принадлежность ТМО к отрасли производства; принадлежность к отходообразующим предприятиям; образование ТМО по технологическим стадиях производственной цепи; тип ТМО; возраст объекта (срок хранения); объем отходов; землеотвод под расположение ТМО (площадь); тип земель; ценность земель; собственники земель; количество накопленных отходов; номенклатура листов, географические координаты; прочие данные о районе объекта (удаленность от центра, транспортная доступность, обеспеченность рабочей силой и т.д.).

[16] Приказ Минприроды России от 30.09.2011 № 792 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов».

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

3. Формирование ТМО (наличие контроля за хранением и движением ТМО; оборудование объекта; наличие согласованной программы мониторинга; наличие производственного контроля; система мониторинга; форма хранилища; мощность хранилища; обводненность хранилища).

4. Характеристика ТМО (коренное месторождение; основной тип вмещающих пород; минеральный состав ТМО; химический состав ТМО; основные и попутные компоненты в ТМО; вредные примеси; физико-механические свойства; гранулометрический состав ТМО; минеральные ассоциации по характеру окисления сульфида (при наличии сульфидо-содержащих руд).

5. Сведения о ТМО как источника отрицательного воздействия на окружающую среду (класс опасности; концентрация вредных примесей; степень опасности антропогенного воздействия; состояние экологической ситуации на территории расположения ТМО; экономичность технологии переработки ТМО).

6. Сведения о технологиях (наличие/отсутствие технологии переработки ТМО; соответствие технологии параметрам наилучших доступных технологий; изученность физико-химических свойств, физико-механических свойств ТМО).

7. Экономическое обоснование (оценка экономического ущерба).

8. Сведения о возможности использования (возможное направление использования; техногенные показатели; возможная товарная продукция; возможные потребители продукции; горнотехнические условия разработки; гидрогеологические условия разработки; основные сведения использования ТМО или аналогичных ТМ).

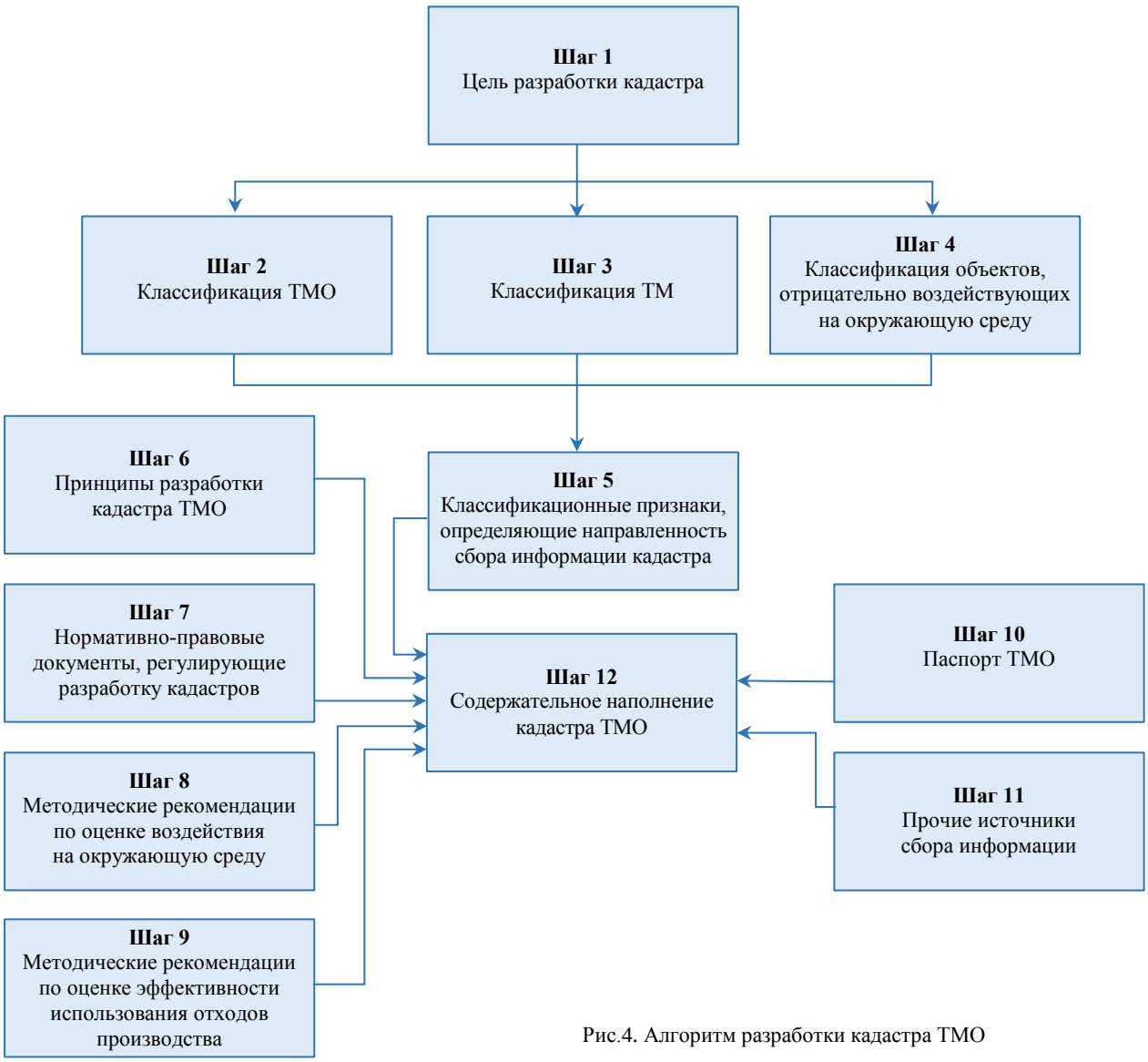


Рис.4. Алгоритм разработки кадастра ТМО

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

В кадастрах ТМ добавляется раздел, касающийся запасов техногенного месторождения, а в числе экономических характеристик рассматриваются результаты эколого-экономической эффективности освоения ТМ, в том числе коммерческий эффект, а также экологический, социальный и косвенный результаты, получаемые вследствие переработки ТМО. На рис.4 отражен порядок разработки кадастра ТМО, предусматривающий наряду с содержательным наполнением кадастра учет основополагающих принципов разработки кадастра, ряд нормативных и правовых документов, регулирующих этот процесс, а также методических рекомендаций по оценке воздействия на окружающую среду и оценку экономического ущерба и эффективности освоения ТМ (для кадастров ТМ).

Последовательность разработки кадастра ТМО определяют следующие шаги:

• Шаг 1 – обоснование цели разработки кадастра.

• Шаги 2-4 – анализ квалификационных признаков классификаций техногенных месторождений и проявлений, техногенных минеральных образований и объектов отрицательного воздействия на окружающую среду.

• Шаг 5 – систематизация классификационных признаков, определяющих направленность сбора информации для кадастра.

• Шаг 6 – осознание сущности основополагающих принципов разработки ТМО и их учет.

• Шаг 7 – систематизация и учет при разработке кадастра нормативно-правовых документов.

• Шаг 8 – учет методик по оценке отрицательного воздействия на окружающую среду техногенных минеральных образований.

• Шаг 9 – учет методик по оценке экономического ущерба.

• Шаг 10 – обобщение информации паспортов ТМО.

• Шаг 11 – прочие источники информации.

• Шаг 12 – разработка кадастра ТМО.

Заключение

В исследовании обоснован отбор информационных материалов, характеризующих кадастровый учет техногенных минеральных образований и техногенных месторождений, на базе методологии системного обзора M.Petticrew и H.Roberts и стандарта PRISMA. На основе проведенного анализа информационных источников были предложены меры, способствующие совершенствованию деятельности по кадастровому учету в стране, главным образом за счет интеграции информационных блоков, характеризующих экологический и экономический аспекта ТМО. Доказана необходимость расширения информационных характеристик ТМО в экологическом аспекте, добавление характеристики экологической ситуации о месте размещения ТМО, а также об экологических последствиях и условиях хранения ТМО (срок хранения, выделение минеральных ассоциаций и выявление характера окисления сульфидов), и в экономическом аспекте – добавление оценки экономического ущерба. В кадастрах ТМ предлагается добавить раздел, касающийся запасов техногенного месторождения, а в числе экономических характеристик рассматривать результаты эколого-экономической эффективности освоения ТМ, в том числе коммерческий эффект, а также экологический, социальный и косвенный результаты, получаемые вследствие переработки ТМО. Расширение содержательного наполнения кадастра ТМО и предложенный алгоритм его разработки способствуют совершенствованию информации, обеспечивающей деятельность по управлению ТМО и росту числа инвесторов, вкладывающих средства в их использование, благодаря получению наиболее полной информации, соответствующей фактическому состоянию отходов горно-добывающего и связанных с ним перерабатывающих производств. Апробация предлагаемого алгоритма построения кадастра ТМО и ТМ является направлением дальнейших исследований авторов по данной проблематике.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Jawadand S., Randive K.* A Sustainable Approach to Transforming Mining Waste into Value-Added Products // Innovations in Sustainable Mining. Springer, 2021. P. 1-20. DOI: 10.1007/978-3-030-73796-2_1

2. *Andreychuk Yu., Vanyo N., Ivanov Ye. et al.* Technogenic (man-made) mineral deposit «Novovolynske Technogenic»: state, development technology and environmental impact assessment // Ecologycal Sciences. 2025. № 2 (59). С. 9-16. DOI: 10.32846/2306-9716/2025.eco.2-59.1

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

3. *Rosenbaum M.S., McMillan A.A., Powell J.H. et al*. Classification of artificial (man-made) ground // Engineering Geology. 2003. Vol. 69. Iss. 3-4. P. 399-409. DOI: 10.1016/S0013-7952(02)00282-X

4. *Michurin S.V., Kazbulatova G.M., Elizareva E.N., Gilmutdinova R.A.* Mining Waste in the Southern Urals as a Source of Minerals // The Open Chemical Engineering Journal. 2025. Vol. 19. № e18741231367503. DOI: 10.2174/0118741231367503250304065802

5. *Dino G.A., Cavallo A., Rossetti P. et al.* Towards Sustainable Mining: Exploiting Raw Materials from Extractive Waste Facilities // Sustainability. 2020. Vol. 12. Iss. 6. № 2383. DOI: 10.3390/su12062383

6. *Чжао Жонань, Ли Цзюньфэн, Мэн Хуэй, Чэнь Чуан.* Мониторинг оседания земной поверхности в районах добычи полезных ископаемых с помощью метода радарной интерферометрии с временной когерентной точкой TCPInSAR // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2025. № 5. С. 73-84 (in English). DOI: 10.21440/0536-1028-2025-5-73-84

7. *Комарова О.Г.* Инструментарий организационно-экономического механизма освоения техногенных месторождений: Автореф. дис. … канд. экон. наук. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2025. 23 с.

8. *Кузнецова Е.А., Мишенин М.В., Филимонова И.В. и др.* Техногенные месторождения как объект недропользования // Маркшейдерия и недропользование. 2025. Т. 25. № 1. С. 5-15. DOI: 10.56195/2079-3332-2025-25-1-5-15

9. *Пашкевич Н.В., Хлопонина В.С., Поздняков Н.А., Аверичева А.А.* Анализ проблем воспроизводства минерально-сырьевой базы дефицитных стратегических полезных ископаемых // Записки Горного института. 2024. Т. 270. С. 1004-1023.

10. *Быкова М.В., Малюхин Д.М.* Оценка потенциала техногенных почвогрунтов на основе осадка сточных вод для рекультивации нарушенных земель горнодобывающей промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 9. С. 36-52. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_9_0_36

11. *Hryhoriev Yu., Shvets Ye., Joukov S. et al.* Enhancing the adaptability of a mining complex in a dynamic environment by utilizing the technology for the development of a man-made deposit with a mobile ore preparation complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. Vol. 1348. № 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/1348/1/012007

12. *Baibatsha A.B., Shaiyakhmet T.K., Bashilova E.S., Fedotenko N.A.* Geomechanical assessment of mineral deposits based on 3D modeling // Eurasian Mining. 2024. N 1. P. 28-32. DOI: 10.17580/em.2024.01.07

13. *Lebedev A., Cherepovitsyn A.* Waste Management during the Production Drilling Stage in the Oil and Gas Sector: A Feasibility Study // Resources. 2024. Vol. 13. Iss. 2. № 26. DOI: 10.3390/resources13020026

14. *Ракишев Б.Р.* Минеральное сырье – материально-технологическая база научно-технического прогресса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 1. С. 168-180. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_1_0_168

15. *Лигоцкий Д.Н., Аргимбаева К.В.* Технология посекционного формирования техногенного месторождения с последующей отработкой гидравлическим экскаватором «обратная лопата» // Устойчивое развитие горных территорий. 2024. Т. 16. № 1. С. 111-121 (in English). DOI: 10.21177/1998-4502-2024-16-1-111-121

16. *Французов Б.В., Иванов А.Н., Стровский В.Е., Юрак В.В.* Технологическое обеспечение процесса переработки техногенно-минеральных образований // Известия Уральского государственного горного университета. 2025. № 1 (77). С. 129-135 (in English). DOI: 10.21440/2307-2091-2025-1-129-135

17. *Mayes W.M., Hull S.L., Gomes H.I.* From linear economy legacies to circular economy resources: Maximising the multifaceted values of legacy mineral wastes // Circular Economy and Sustainability. Elsevier, 2022. Vol. 1. Management and Policy. P. 409-431. DOI: 10.1016/B978-0-12-819817-9.00009-0

18. *Полянская И.Г., Юрак В.В.* Сбалансированность природопользования региона: оценка методом динамических нормативов // Экономика региона. 2018. Т. 14. № 3. С. 851-869. DOI: 10.17059/2018-3-12

19. *Petlovanyi M., Kuzmenko O., Lozynskyi V. et al.* Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine // Mining of Mineral Deposits. 2019. Vol. 13. Iss. 1. P. 24-38. DOI: 10.33271/mining13.01.024

20. *Басова И.А., Прохоров Д.О., Пьянков С.В.* О создании реестра техногенных минеральных образований // Вестник СГУГиТ. 2021. Т. 26. № 6. С. 107-116. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-6-107-116

21. *Srivastava A., Singh A.K., Meshram A.* Underlying advances in rare earth elements recovery from waste: A comprehensive review // Journal of Environmental Chemical Engineering. 2026. Vol. 14. Iss. 1. № 120957. DOI: 10.1016/j.jece.2025.120957

22. *Kongar-Syuryun C.B., Aleksakhin A.V., Eliseeva E.N. et al.* Modern Technologies Providing a Full Cycle of Geo-Resources Development // Resources. 2023. Vol. 12. Iss. 4. № 50. DOI: 10.3390/resources12040050

23. *Пашкевич М.А., Евдокимова М.Е.* Тонкодисперсные отходы титанового производства как добавка для изготовления строительных материалов // Экология и промышленность России. 2025. Т. 29. № 2. С. 19-23. DOI: 10.18412/1816-0395-2025-2-19-23

24. *Concari A., Kok G., Martens P.* Recycling behaviour: Mapping knowledge domain through bibliometrics and text mining // Journal of Environmental Management. 2022. Vol. 303. № 114160. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114160

25. *Modak N.M., Sinha S., Ghosh D.* A review on remanufacturing, reuse, and recycling in supply chain – Exploring the evolution of information technology over two decades // International Journal of Information Management Data Insights. 2023. Vol. 3. Iss. 1. № 100160. DOI: 10.1016/j.jjimei.2023.100160

26. *Ляшенко В.И., Хоменко О.Е., Голик В.И.* Развитие природоохранных и ресурсосберегающих технологий подземной добычи руд в энергонарушенных массивах // Горные науки и технологии. 2020. Т. 5. № 2. С. 104-118. DOI: 10.17073/2500-0632-2020-2-104-118

27. *Голик В.И., Разоренов Ю.И., Валиев Н.Г., Гаврина О.А.* Экологически чистые геотехнологии выщелачивания металлов из твердых и жидких отходов обогащения полиметаллического сырья // Горные науки и технологии. 2024. Т. 9. № 3. С. 271-282. DOI: 10.17073/2500-0632-2023-11-184

28. *Растанина Н.К., Голубев Д.А., Каюмов Н.А. и др.* Влияние добычи оловорудного сырья на речной сток малых рек горнопромышленных районов // Горные науки и технологии. 2025. Т. 10. № 4. С. 369-378. DOI: 10.17073/2500-0632-2025-04-392

29. *Растанина Н.К., Колобанов К.А.* Воздействие техногенного пылевого загрязнения на экосферу и здоровье человека закрытого горного предприятия Приамурья // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 1. С. 16-22. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-1-16-22

30. *Митракова Н.В., Хайрулина Е.А., Перевощикова А.А. и др.* Химико-экологические свойства почв и индекс NDVI на рекультивированных сернистоугольных отвалах бореальной зоны // Горные науки и технологии. 2024. Т. 9. № 4. С. 406-419. DOI: 10.17073/2500-0632-2024-04-206

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

31. *Зверева В.П., Фролов К.Р., Лысенко А.И.* Химические реакции и условия минералообразования на хвостохранилищах Дальнего Востока России // Горные науки и технологии. 2021. Т. 6. № 3. С. 181-191. DOI: 10.17073/2500-0632-2021-3-181-191

32. *Durucan S., Korre A., Munoz-Melendez G.* Mining life cycle modelling: a cradle-to-gate approach to environmental management in the minerals industry // Journal of Cleaner Production. 2006. Vol. 14. Iss. 12-13. P. 1057-1070. DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.12.021

33. *Каунг П.А., Исаков А.Е., Панфилов И.А. и др.* Принципы формирования экологически безопасного и экономически эффективного устойчивого освоения георесурсов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2024. № 7-1. С. 159-175. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_71_0_159

34. *Zabaikin I.V., Lunkin A.N., Lunkin D.A.* Disposal of Mining Waste and its Impact on the Environment // Ecological Engineering and Environmental Technology. 2022. Vol. 23. Iss. 3. P. 7-14. DOI: 10.12912/27197050/147142

35. *Данилов А.С., Кремчеев Э.А., Лозовая А.С., Гайдак В.О.* Мониторинг загрязнения почв Мончегорска: причины и последствия // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2025. № 9. С. 53-66. DOI: 10.25018/0236_1493_2025_9_0_53

36. *Нуреев Р.Р., Пашкевич М.А., Харько П.А.* Оценка воздействия отходов обогащения медных руд на поверхностные и подземные воды // Геология и геофизика Юга России. 2022. Т. 12. № 4. С. 169-179. DOI: 10.46698/VNC.2022.37.95.013

37. *Rodríguez-Pacheco R., García G., Caparrós-Ríos A.V. et al.* Mineralogy, Geochemistry and Environmental Hazards of Different Types of Mining Waste from a Former Mediterranean Metal Mining Area // Land. 2023. Vol. 12. Iss. 2. № 499. DOI: 10.3390/land12020499

38. *Игнатьева М.Н., Дроздова И.В., Комарова О.Г., Перегон И.В.* Решение проблемы отходов с позиции концептуальных положений по использованию природных ресурсов // Известия Уральского государственного горного университета. 2024. № 1 (73). С. 137-146 (in English). DOI: 10.21440/2307-2091-2024-1-137-146

39. *Lausberg E., Brugger J., Ram R. et al.* Wasting the Risk, or Risking the Waste? Understanding the trends of critical raw material loss into waste streams during copper and aluminium processing // Resources, Conservation and Recycling. 2026. Vol. 228. № 108803. DOI: 10.1016/j.resconrec.2026.108803

40. *Череповицын А.Е., Дорожкина И.П., Гусева Т.В., Бурвикова Ю.Н.* Проблемы и институциональные основы развития отрасли редкоземельных металлов в России // Цветные металлы. 2024. № 8. С. 58-69. DOI: 10.17580/tsm.2024.08.09

41. *Боярко Г.Ю., Болсуновская Л.М.* Минерально-сырьевая база кобальта России: состояние, возможности развития // Горные науки и технологии. 2025. Т. 10. № 2. С. 118-147. DOI: 10.17073/2500-0632-2025-02-368

42. *Лицзюань Чжан, Пономаренко Т.В., Сидоров Д.В.* Оценка чистых угольных технологий с применением технологии улавливания, утилизации и хранения углерода в угольной промышленности Китая // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2024. № 2. С. 105-128. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_2_0_105

43. *Nouairi J., Andrejkovičová S., Karoui O. et al.* Valorization of Pb-Zn Mine Waste in Metakaolin-Based Geopolymers: A Circular Approach for Waste Reuse and Methylene Blue Removal // Recycling. 2026. Vol. 11. Iss. 6. № 106. DOI: 10.3390/recycling11060106

44. *Lawrence N.* Circular MRO Framework for Mining: A Digital Architecture for Resource and Carbon Reduction // Environmental and Earth Sciences Proceedings. 2026. Vol. 42. Iss. 1. № 6. DOI: 10.3390/eesp2026042006

45. *Petticrew M., Roberts H.* Systematic Reviews in the Social Sciences. A Practical Guide. Blackwell, 2006. 354 p.

46. *Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G.* Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement // Plos Medicine. 2009. Vol. 6 (7). № e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097

47. *Mudd G.* The Resources Cycle: Key Sustainability Issues for the Mining of Metals and Minerals // Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Academic Press, 2021. P. 607-620. DOI: 10.1016/B978-0-08-102908-4.00035-7

48. *Гуменик И.Л., Матвеев А.С., Панасенко А.И.* Классификация техногенных формирований при открытых горных работах // Горный журнал. 1988. № 12. С. 53-54.

49. *Каплунов Д.Р., Юков В.А.* О классификации техногенных образований пустых пород и некондиционных руд при подземной разработке месторождений полезных ископаемых // Маркшейдерский вестник. 2008. № 1 (63). С. 21-24.

50. *Хасанова Г.Г.* Методические принципы кадастровой оценки техногенных минеральных образований Среднего Урала: Автореф. дис. … канд. геол.-минерал. наук. Екатеринбург: Уральская государственная горно-геологическая академия, 2003. 23 с.

51. *Илимбетов А.Ф., Рыльникова М.В., Радченко Д.Н.* Разработка технологии формирования и комплексного освоения техногенных месторождений на основе отходов переработки руд // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 4. С. 247-256.

52. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду / Под ред. Ю.А.Боровкова. Екатеринбург: НИА-Природа, 2002. 206 с.

53. *Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б.* Классификация техногенных месторождений: основные категории и понятия // Горный журнал. 1989. № 12. С. 6-9.

54. *Педан М.П., Мищенко В.С.* Комплексное использование минеральных ресурсов. Киев: Наукова думка, 1981. 272 с.

55. *Гилярова А.А.* О кадастре техногенных образований Кольского горнопромышленного района // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 45. Ч. 5. С. 32-35. DOI: 10.18411/lj-09-2018-93

56. *Архипов А.В., Решетняк С.П.* Техногенные месторождения. Разработка и формирование. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2017. 175 с.

57. Рациональное использование вторичных минеральных ресурсов в условиях экологизации и внедрения наилучших доступных технологий / Под ред. Ф.Д. Ларичкина, В.А. Кныша. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2019. 252 с. DOI: 10.37614/978.5.91137.417.4

58. *Юрак В.В., Малышев А.Н., Завьялов С.С.* Обзор новых дистанционных способов экологического мониторинга // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 11-1. С. 51-67. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_111_0_51

59. *Хасанова Г.Г.* Кадастровая оценка техногенно-минеральных объектов Среднего Урала // Известия вузов. Горный журнал. 2003. № 4. С. 130-136.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0

60. *Манжуров И.Л., Екидин А.А., Овчинников С.М. и др.* Подходы к формированию регионального кадастра отходов производства и потребления с целью управления отходами на территории ЯНАО // Проблемы региональной экологии. 2009. № 2. С. 221-231.

61. *Орлова О.Н., Бобина Н.А.* О формировании и ведении Свердловского областного кадастра отходов производства и потребления // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2013. № 4. С. 45-47.

62. *Пшеченкова Е.П., Гуров С.Д., Самсонов А.А.* Современное состояние учета и геологической изученности техногенных объектов минерального сырья // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2023. № 4 (183). С. 17-21.

63. *Уланов А.Ю., Бахмин В.И., Коробова О.С.* О совершенствовании системы обращения с отходами недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2020. № 6. С. 48-55. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-6-0-48-55

64. *Соловьева А.С., Пичугин Е.А.* К вопросу необходимости ранжирования объектов, включенных в государственный реестр объектов накопленного вреда окружающей среде // Астраханский вестник экологического образования. 2022. № 5 (71). С. 14-20. DOI: 10.36698/2304-5957-2022-5-14-20

65. *Дегтярев С.А., Болтыров В.Б., Прокопьева А.А., Шайхутдинова М.М.* Обоснование системы инвентаризации объектов накопленного вреда окружающей среде (на примере Левихинского рудника) // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2023. № 12-1. С. 31-43. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_121_0_31

66. *Haoxuan Yu, Zahidi I., Chow Ming Fai et al.* Mineral waste recycling, sustainable chemical engineering, and circular economy // Results in Engineering. 2024. Vol. 21. № 101865. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.101865

67. *Whitworth A.J., Forbes E., Verster I. et al.* Review on advances in mineral processing technologies suitable for critical metal recovery from mining and processing wastes // Cleaner Engineering and Technology. 2022. Vol. 7. № 100451. DOI: 10.1016/j.clet.2022.100451

68. *Kinnunen P., Karhu M., Yli-Rantala E. et al.* A review of circular economy strategies for mine tailings // Cleaner Engineering and Technology. 2022. Vol. 8. № 100499. DOI: 10.1016/j.clet.2022.100499

69. *Makhathini T.P., Bwapwa J.K., Mtsweni S.* Various Options for Mining and Metallurgical Waste in the Circular Economy: A Review // Sustainability. 2023. Vol. 15. Iss. 3. № 2518. DOI: 10.3390/su15032518

70. *Araujo F.S.M., Taborda-Llano I., Nunes E.B., Santos R.M.* Recycling and Reuse of Mine Tailings: A Review of Advancements and Their Implications // Geosciences. 2022. Vol. 12. Iss. 9. № 319. DOI: 10.3390/geosciences12090319

71. *Deshpande V.P., Shekdar A.V.* Sustainable waste management in the Indian mining industry // Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy. 2005. Vol. 23. Iss. 4. P. 343-355. DOI: 10.1177/0734242X05056994

72. *Kalisz S., Kibort K., Mioduska J. et al.* Waste management in the mining industry of metals ores, coal, oil and natural gas – A review // Journal of Environmental Management. 2022. Vol. 304. № 114239. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.114239

73. *Toktar M., Koshen B.M., Teberdiev D.M. et al.* Land use management in the use of Kokzhon wastelands based on IoT application // International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology. 2022. Vol. 18. Iss. 3. P. 277-286. DOI: 10.1504/IJARGE.2022.124649

74. *Cacciuttolo C., Cano D., Custodio M.* Socio-Environmental Risks Linked with Mine Tailings Chemical Composition: Promoting Responsible and Safe Mine Tailings Management Considering Copper and Gold Mining Experiences from Chile and Peru // Toxics. 2023. Vol. 11. Iss. 5. № 462. DOI: 10.3390/toxics11050462

75. *Lèbre É., Corder G., Golev A.* The Role of the Mining Industry in a Circular Economy: A Framework for Resource Management at the Mine Site Level // Journal of Industrial Ecology. 2017. Vol. 21. Iss. 3. P. 662-672. DOI: 10.1111/jiec.12596

76. *Ghazi A.B., Jamshidi-Zanjani A., Nejati H.* Utilization of copper mine tailings as a partial substitute for cement in concrete construction // Construction and Building Materials. 2022. Vol. 317. № 125921. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125921

77. *Xiang He, Zuhua Yuhua, Shaker Qaidi et al.* Mine tailings-based geopolymers: A comprehensive review // Ceramics International. 2022. Vol. 48. Iss. 17. P. 24192-24212. DOI: 10.1016/j.ceramint.2022.05.345

78. *Zhang Xiaolong, Zhang Shiyu, Liu Hui, Zhao Yingliang.* Disposal of mine tailings via geopolymerization // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 284. № 124756. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124756

***Авторы*: Вера Васильевна Юрак,** *д-р экон. наук, профессор* (*Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, Санкт-Петербург, Россия*), *научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории* (*Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*), *главный научный сотрудник* (*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, Екатеринбург, Россия*), *yurak_vv@pers.spmi.ru, https://orcid.org/0000-0003-1529-3865*, **Маргарита Николаевна Игнатьева,** *д-р экон. наук, профессор* (*Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*), *ведущий научный сотрудник* (*Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Россия*), *https://orcid.org/0000-0001-9014-905X*, **Борис Валерьевич Французов,** *заместитель директора департамента* (*Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Москва, Россия*), *https://orcid.org/0009-0009-3453-109X*.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья опубликована в открытом доступе по лицензии CC BY 4.0