УДК 330.32

http://doi.org/10.21440/2307-2091-2025-3-129-136

Техногенная минерально-сырьевая база: формирование и использование

Борис Валерьевич ФРАНЦУЗОВ

Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Москва, Россия

Аннотация

Актуальность. Бесперебойное удовлетворение потребности в минеральном сырье требует наличия устойчивой минерально-сырьевой базы (МСБ). Некоторые потери устойчивости МСБ в современных условиях, связанные с истощением минеральных ресурсов и ухудшением качественных характеристик вновь открываемых месторождений полезных ископаемых, предполагают приоритетность использования техногенных минеральных образований в качестве источника ее развития, тем более, что объемы отходов горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств ежегодно возрастают, и содержание в них полезных компонентов становится сравнимым с природными месторождениями.

Цель исследования – обоснование основополагающих условий формирования ТМСБ и необходимости использования территориально-отраслевого подхода к ее освоению.

Методы исследования – системный подход, методы аналогий, обобщений, горизонтальный и вертикальный анализы, систематизация.

Результаты. Обоснована приоритетность привлечения техногенных минеральных образований для развития МСБ, уточнено понятие техногенного минерально-сырьевого потенциала и техногенной минерально-сырьевой базы (ТМСБ), а также их структура построения. В частности выявлено три вида прогнозных техногенных ресурсов, использование которых, во-первых, требует появление новых инновационных технологий либо изменение политики ценообразования, во-вторых, предполагает постановку более детализированных геологических исследований, в-третьих, предусматривает снятие либо послабления экологических ограничений. Доказана целесообразность рассмотрения попутных полезных ископаемых в составе ТМО, предложена классификация ТМСБ, включающая пять классификационных признаков: масштаб, вид полезных ископаемых, изученность, которая определяется как разведанная, оцененная, расчетная, измерение (натуральные и стоимостные единицы), экономическая обоснованность (детальная, предварительная, прогнозная).сформулированы основополагающие условия (принципы) формирования ТМСБ: комплексность, полнота, технологичность, экологичность, экономичность, достоверность. Рекомендовано обращение к территориально-отраслевому подходу при освоении МСБ, включающей ТМСБ, который способствует повышению эффективности предприятий отраслевой принадлежности, осуществляющих комплексное освоение минеральных ресурсов, при одновременном улучшении условий жизнедеятельности населения и повышения конкурентоспособности территории, в рамках которой осуществляется освоение МСБ.

Ключевые слова: техногенная минерально-сырьевая база, классификация, основополагающие принципы, развитие, территориально-отраслевой подход, ТПК, кластер.

Введение

Наибольшая доля использования природных ресурсов касается ресурсов недр, формирующих минерально-сырьевой потенциал. Еще в 1980-е гг. доля потребления минеральных ресурсов из общего количества потребления природных ресурсов составляла более 2/3 [1], а в составе национального богатства страны они, по данным [2], составляли более 80 %. Минерально-сырьевой потенциал (МСП), по определению А. Г. Емельянова, – это «способность ландшафтов аккумулировать или изменять (в течение геологических периодов) отдельные вещества или носители энергии, которые могут быть использованы для нужд общества (в качестве минералов, энергоносителей, строительных материалов и др.). Т. А. Игнатьева характеризует его как «совокупность реальных запасов природных и техногенных месторождений полезных ископаемых, а также потенциальных природных минеральных ресурсов, служащих основной для экстенсивного прироста запасов в процессе геологоразведочных работ и ранее разведанных запасов и техногенных минеральных образований, освоение которых становится экономически целесообразным при создании соответствующих условий, что характеризует интенсивный путь воспроизводства МСБ» [3].

Б. И. Беневольский рассматривает минерально-сырьевой потенциал как «созданную и развивающуюся минерально-сырьевую базу (МСБ), состоящую из совокуп-

✉
**

ности оцененных и выявленных в недрах страны прогнозных ресурсов и разведанных запасов твердых полезных ископаемых» [4]. В. П. Орлов характеризует МСП исходя из мировой и отечественной практики как «ресурсный потенциал, предполагающий наличие того или иного вида полезных ископаемых» [5]. В большинстве случаев авторы признают необходимость включения в состав МСП потенциальных ресурсов, в то же время лишь отдельные из них наряду с минеральными ресурсами объединяют в рамках потенциала и техногенные минеральные ресурсы.

В то же время в современных условиях доказана приоритетность рассмотрения техногенных месторождений в качестве источника развития МСБ. Данный вывод согласуется с наличием выявленных тенденций:

– снижение устойчивости природной МСБ;

– упрочение техногенного минерально-сырьевого потенциала в связи с ростом объемов добычи полезных ископаемых;

– увеличение удельного веса открытого способа разработки месторождений и низкий уровень использования ТМО, не выходящий за границы 50 %.

Приоритетность использования ТМО в целях поддержания устойчивости МСБ, недопущения ее снижения подтверждают и результаты анализа концептуальных положений в части использования природных ресурсов, отраженные в работе [6]. Из сказанного следует необходимость исследования техногенного минерально-сырьевого потенциала, формирования его структуры и специфики освоения.

Результаты

Техногенный минерально-сырьевой потенциал по аналогии с природно-ресурсным потенциалом включает в себя доступную техногенную минерально-сырьевую базу (ТМСБ) и прогнозные техногенные ресурсы (рис. 1). В число прогнозных техногенных ресурсов входят:

$П_п^1$ – прогнозные техногенные ресурсы, которые для своего освоения требуют появления новых технологий переработки ТМО и (или) улучшения ценовой политики;

$П_п^2$ – прогнозные ресурсы, требующие для своего освоения снятия экологических ограничений;

$П_п^3$ – прогнозные ресурсы, введение которых в освоение требуют дополнительного геологического изучения.

Минерально-сырьевая база представляет собой – «совокупность полезных ископаемых и иных ресурсов недр, подготовленных для промышленного и иного хозяйственного применения». В интерпретации В. П. Орлова [7] «минерально-сырьевая база – это часть природного минерально-сырьевого потенциала, которая выявлена, оценена и учтена при проведении геологоразведочных работ. МСБ – эквивалент совокупности разведанных и предварительно оцененных запасов и прогнозных ресурсов, учтенных на определенную дату. В более узком смысле под МСБ понимают запасы, доступные для добычи на данный момент времени». В приведенном определении имеет место разночтение. Автор определяет МСБ как достоверные запасы и в то же время предлагает учитывать в составе МСБ прогнозные ресурсы. В работе [8] В. П. Орлов определяет МСБ как совокупность месторождений полезных ископаемых в недрах, он называет МСБ запасами, в зарубежной практике – резервами. Это выявленный геометризованный локальный участок недр (месторождение), детально и с высокой степенью надежности изученный (разведанный), участвующий в обеспеченности действующего предприятия и государства соответствующим видом сырья.

Полезные ископаемые, в свою очередь, – это содержащиеся в недрах природные минеральные образования неорганического или органического происхождения, которые находятся в твердом, жидком или газообразном состоянии, химический состав и физические свойства которых позволяют осуществлять их промышленное или иное хозяйственное использование в природном виде или после первичной обработки (очистка, обогащение) [9]. В природопользовании полезные ископаемые определяются как минеральные ресурсы. Их скопление среди горных пород называют рудным телом.

Полезные ископаемые, вовлеченные в сферу производства, формируют минеральное и топливно-энергетическое сырье.

Виды полезных ископаемых включают в себя:

– топливно-энергетическое сырье (нефть, газ, уголь, сланец, урановые руды);

– руды черных и легирующих металлов (Fe, Mu, Cr, Ti, V);

– цветные металлы (Cu, Pb, Zn, Sn, Al, Mg, Ni, Co, W, Mo, Hg, Bi);

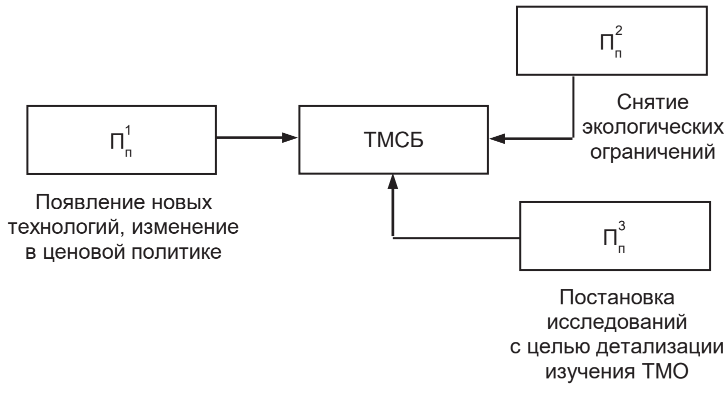

Рисунок 1. Составляющие техногенного минерально-сырьевого потенциала
Figure 1. Components of the technogenic mineral resource potential

– благородные металлы (An, Ag, платиноиды);

– неметаллическое сырье (апатиты, фосфориты, калийные соли, асбест, сера, графит, алмазы, слюда, плавильный шпат, строительные материалы);

– вода (подземные и поверхностные воды).

В ряде случаев выделению подлежат редкие металлы, рассеянные элементы и радиоактивные металлы. По отношению к транспортным издержкам выделяют общераспространенные полезные ископаемые (песок, гравий, глина, строительный камень и др.) и локализованные (большинство видов минерального сырья). По степени освоенности выделяют традиционные полезные ископаемые и нетрадиционные (новые минеральные виды, ранее не вовлекаемые в производство). Очень многие полезные ископаемые были нетрадиционными, а затем перешли в разряд традиционных. В современных условиях техногенные месторождения являются ярким примером нетрадиционных полезных ископаемых. По важности для соблюдения национальной безопасности выделению подлежит группа стратегических видов минерального сырья (Cr, Mn, Ti, Ni, Co, Sn, V, Mo, W, платиноиды, редкоземельные элементы).

Перечень стратегических видов минерального сырья не остается постоянным, с течением времени он меняется. Месторождения полезных ископаемых могут быть коренные и россыпные, формирующиеся при выветривании коренных месторождений и воздействии на них ряда химических факторов. В зависимости от вида полезного ископаемого они подразделяются на рудные и нерудные. Рудные месторождения слагаются минеральными веществами, из которых в результате их переработки извлекаются металлы и полезные минералы. Важным аспектом для формирования МСБ является классификация запасов полезных ископаемых. Согласно [10], запасы месторождений классифицируются по степени изученности, разведанности и экономической значимости.

Результаты оценки МСБ свидетельствуют о ее богатстве и разнообразии, возможности удовлетворения потребности в минеральном сырье многие годы. Однако в последнее время появились признаки потери ее устойчивости: исчерпание и ухудшение качественных характеристик вновь открываемых месторождений полезных ископаемых. Считается, что до середины 1970-х гг. экстенсивный путь наращивания МСБ себя оправдывал, так как вновь открытые месторождения по своим качественным характеристикам не уступали погашаемым запасам. Однако со второй половины 1970-х гг. наблюдается снижение качества наращиваемых запасов, в результате в экономическом отношении новые объекты оказываются хуже предыдущих. Из-за интенсивной отработки разведанных запасов и снижения темпов их воспроизводства наблюдается истощение МСБ и ухудшение обеспеченности запасами действующих предприятий. Это относится к запасам апатитовых руд на Кольском полуострове, богатым медно-никелевым рудам в Норильском районе, россыпному золоту и платины в Якутии, Магаданской области, Сибири, на Урале, железным рудам и бокситам на Урале и др. Страдает обеспеченность собственной сырьевой базы медеплавильных заводов Урала, без достаточной сырьевой базы работают свинцово-цинковые рудники в Читинской области, Приморье, оловянные – в Хабаровской крае и др. [11].

Способствует истощению снижение финансирования геологоразведочных работ, что приводит к сокращению поискового задела, нерентабельности ряда месторождений, установленной в процессе переоценки, снижению уровня прироста запасов, снижению числа крупных месторождений в числе вновь открываемых месторождений. В этих условиях в расширении МСБ, недопущении падения ее устойчивости особую значимость приобретают техногенные минеральные образования (отходы горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств), образующиеся при добыче и переработке полезных ископаемых. Дело в том, что ни одно современное производство не обходится без отходов, при добыче же полезных ископаемых из недр на поверхность выдаются огромные массы горных пород (на единицу рудной массы от 1,1 до 6,7 – горных пород). В отходы попадает ряд ценных компонентов, особенно при обогатительном переделе, так как из многокомпонентных руд при переработке извлекается 1–2 компонента, а остальные поступают в отвалы обогатительных фабрик. Шлаки и шламы металлургических производств, зачастую представляющие собой промышленную ценность. Например, при переработке цветных металлов в отходы поступает до 10 % Cu и Zn, 30–35% S, 50 % Fe, 30–70 % Ag и Se, 40 % теллура, 20–60 % висмута, Mo, Te и др. Только в отходах Забайкальского края содержится 155 т Au, 935 т Ag, 74,3 тыс. т Sn, 10 тыс. т W, 24,3 тыс. т Mo, 133,5 тыс. т Pb, 192,3 тыс. т Zn, 7,4 тыс. т Cu, 85,7 тыс. т Zi, а еще кадмий, тантал, ниобий, бериллий, висмут и др. [12]. Учитывая рост добычи полезных ископаемых, рост удельного веса открытой разработки месторождений и низкий уровень использования отходов, следует ожидать лишь дальнейшего наращивания объема ценных компонентов в техногенном сырье [13].

Долгое время отходы не представляли промышленного интереса, и обращение с ними выливалось в проведение рекультивационных работ. Определенная практическая заинтересованность появилась лишь в 1980-е гг. после выхода постановления Государственного комитета по науке и технике СССР (ГКНТ СССР) от 14.03.1986 № 56 «Создание научных основ и методов повышения эффективности рационального комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых и охраны на 1986–1990 гг. и на период до 2000 года». Возникает некоторое оживление деятельности в области обращения с отходами производства, появляются методические рекомендации по использованию отходов угольной промышленности, применению шламов в качестве удобрений и т. д. Однако системность в использовании техногенного сырья и замене первичного сырья вторичным продолжает отсутствовать. В результате уровень использования отходов горнодобывающего и связанных с ним перерабатывающих производств оценивается лишь в 10–12 %.

В современных условиях за счет ТМ формируется вторичная (техногенная) МСБ, расширение ее возможно в т. ч. за счет забалансовых руд, которые при соответствующих условиях (изменение спроса, повышение цен, создание высокопроизводительной технологии и т. д.) переходят в разряд балансовых (рис. 2). Как следует из рис. 2, минерально-сырьевой потенциал формируется за счет природного и техногенного минерально-сырьевого

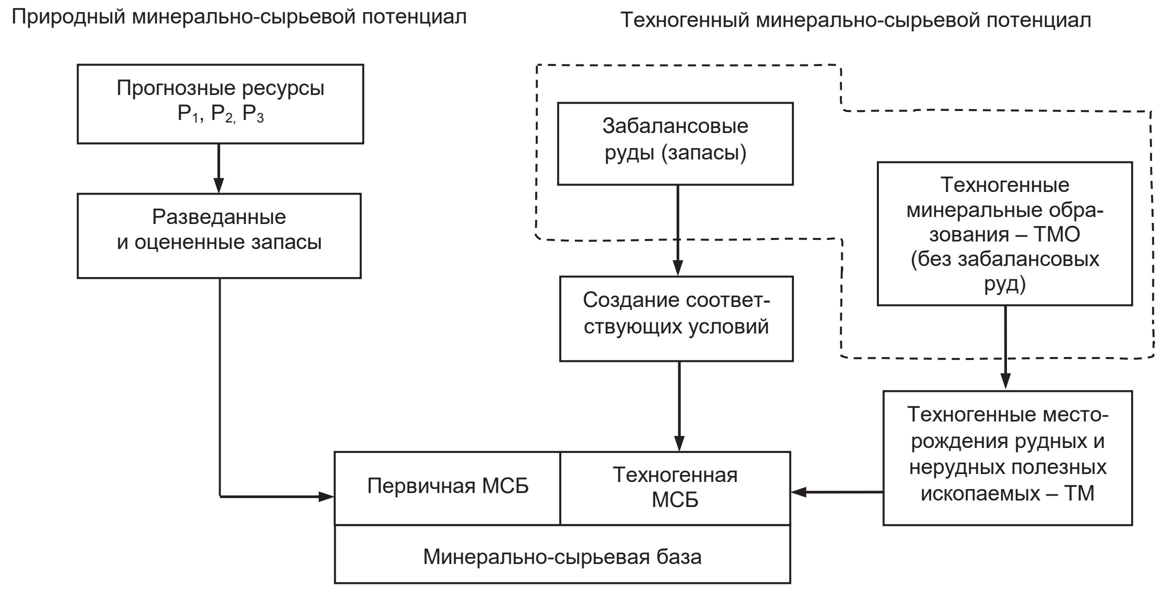

Рисунок 2. Структура минерально-сырьевого потенциала
Figure 2. Structure of mineral resource potential

Таблица 1. Классификация ФБУ «ГКЗ» попутных полезных ископаемых и компонентов
Table 1. Classification of associated minerals and components by the Federal State Budgetary Institution "State Reserves Committee"

Группа	Состав
I	Самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные полезные ископаемые
II	Попутные компоненты, образующие собственные минералы
III	Примеси в минералах основных и попутных компонентов

потенциала и определяется как способность природных и техногенных минеральных ресурсов удовлетворять потребность в минеральном сырье при современном развитии производительных сил и в будущем. Техногенный МСП отражает способность техногенных минеральных ресурсов (доступных в виде техногенных месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых (ТМСБ) и прогнозных – в виде ТМО) удовлетворять потребность в минеральном сырье в современных условиях и в будущем.

Техногенная МСБ, формируемая за счет ТМ и перехода забалансовых в балансовые запасы, представляет собой часть ТМО, изученных и оцененных, доступных для использования в целях удовлетворения потребности в минеральном сырье при современном развитии производственных сил и в будущем. Отдельного рассмотрения требуют попутные полезные ископаемые, которые одними исследователями включаются в число отходов, другими – нет. Отказ включения попутных веществ в состав отходов в 1980-е гг., вероятно, был связан с тем, что использование вскрышных и вмещающих пород для получения попутной продукции фактически означало наличие месторождений общераспространенных полезных ископаемых с утвержденными балансовыми запасами. Следует отметить, что исследование попутных полезных ископаемых при оценке месторождений по основному полезному ископаемому являлось обязательным требованием при геологическом изучении недр. В ряде случаев привлечение к использованию нерудного сырья (попутные полезные ископаемые) делает экономически эффективным освоение месторождения. Согласно классификации ФБУ «Государственная комиссия по запасам (ГКЗ)», попутные полезные ископаемые и компоненты подразделяются на три группы (табл. 1).

I группа – самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные полезные ископаемые. В эту группу входят вскрышные породы, почвенно-растительный слой, торф, сапропель, болотные фосфаты и карбонаты, подземные воды, пригодные для водоснабжения.

Ко II группе относятся попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые накапливаются в процессе обогащения основного компонента и могут быть выделены в самостоятельные концентраты или промпродукты.

К III группе относятся примеси в минералах основных и попутных компонентов при обогащении и переработке руд, они могут накапливаться в промежуточных или конечных продуктах, что создает предпосылки для их извлечения.

Считаем целесообразным включение в состав техногенных ресурсов попутных полезных ископаемых. Сохранение потребительских свойств дает техногенным ресурсам возможность вторичного включения в производственный процесс и удовлетворения материальных потребностей человека. Позднее, как следует из анализа, ситуация изменилась, хотя и в 1980-е гг. были исследова-

Таблица 2. Классификационные признаки ТМСБ
Table 2. Classification features of TMRB

Классификационный признак	Характеристика ТМСБ
Масштаб	Мировая, страновая, региональная, локальная
Вид полезного ископаемого	Угольная, медная, строительные материалы
Изученность	Разведанная, оцененная, расчетная
Измерение	Натуральная, стоимостная
Экономическая обоснованность	Детальная, предварительная, прогнозная

Комплексность	Оценка всего перечня полезных компонентов, содержащихся в ТМО
Полнота	Включение в ТМСБ балансовых запасов всех техногенных месторождений, в том числе нерудных полезных ископаемых
Технологичность	Полнота исследования вещественного состава, позволяющая обосновать выбор технологии переработки ТМО
Экологичность	Оценка ТМО с позиции источника отрицательного воздействия на окружающую среду
Экономичность	Использование эколого-экономического подхода к оценке ТМ
Достоверность	Детализация геологической изученности, обеспечивающая повышение достоверности получаемой информации

Рисунок 3. Основополагающие условия формирования техногенной МСБ
Figure 3. Fundamental conditions for the formation of technogenic MRB

тели, которые считали обоснованным включение в состав отходов продуктов, получаемых при добыче и обогащении полезных ископаемых, которые не являются целью данного производственного процесса и могут быть использованы после дополнительной доработки в качестве материалов, сырья для последующей переработки или в виде готовой продукции. Понятие «попутная продукция» дано авторами в работе как сырье, которое может попутно добываться вместе с основными полезными ископаемыми. Для добывающей промышленности она характеризуется как попутная, а для перерабатывающих производств – как побочная. В горном производстве попутным является полезное ископаемое, добываемое параллельно с добычей основного полезного ископаемого, из которого изготавливается различная продукция. Таким образом, техногенные месторождения, входящие в техногенную минерально-сырьевую базу, касаются как рудных, так и нерудных полезных ископаемых. Тогда определение техногенной МСБ в определении автора – это совокупность техногенных месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых и ранее разведанных запасов, использование которых становится возможным при снятии экологических ограничений либо улучшении ситуации с ценообразованием и наличием технологий.

В целом вырисовывается следующая схема распределения природных ресурсов от добычи до конечной продукции. Во-первых, природно-сырьевые ресурсы подразделяются на две группы: готовая продукция и остатки природно-сырьевых ресурсов. Последняя подразделяется на три группы: часть возвращается в основное производство в виде вторичного сырья, вторая часть – использование для производства неосновной продукции (попутной продукции), третья часть – неиспользуемые ТМО, складируемые в отвалы. Они могут передаваться другим субъектам и там использоваться как вторичное сырье.

В табл. 2 приведены классификационные признаки ТМСБ, которые позволяют формировать наиболее обоснованную систему мер по обеспечению устойчивости МСБ, развиваемой за счет ТМСБ.

Базовой основой формирования ТМСБ следует считать разработанные авторами основополагающие условия (рис. 3).

Учет разработанных автором принципов дает возможность формировать ТМСБ, включающую в себя техногенные месторождения рудника и нерудных (попутных) полезных ископаемых, с достоверной геологической изученностью, в том числе физико-механических и физико-химических свойств, позволяющих осуществлять выбор наиболее приемлемой инновационной технологии переработки ТМО. Получает свою оценку и экологический аспект, характеризующий ТМ с позиции экологической опасности для окружающей среды, для всех реципиентов, воспринимающих отрицательное воздействие. Обязательным условием формирования ТМСБ является оценка эколого-экономической эффективности их освоения, которая приобретает все большую детальность с ростом уровня достоверности геологической информации об объекте.

Освоение МСБ, включающей ТМСБ, требует использования территориально-отраслевого подхода, предполагающего повышение эффективности предприятий отраслевой принадлежности при реализации политики комплексного использования минеральных ресурсов, и улучшения условий жизнедеятельности населения территории, в рамках которой осуществляется освоение МСБ, а также повышение конкурентоспособности последней. Данный подход предполагает создание новых форм территориальной организации в советский период – территориально-производственных комплексов (ТПК), в рыночных условиях – кластеров минерально-сырьевой специализации. Отечественные ученые считают, что ТПК представляют собой предшественников современных кластеров и считают возможным перенос всех признаков образования ТПК на понятие «кластер» [14,15]. Считается, что все ТПК имеют очертания кластеров.

Заключение

Техногенная минерально-сырьевая база является составной частью МСБ, она представляет собой приоритетный источник развития МСБ. Ее формирование должно отвечать основополагающим принципам, сформулированным автором. Успешное освоение ТМСБ, в свою очередь, требует использования территориально-отраслевого подхода, который предусматривает создание новых форм территориальной организации.

В плановой экономике такой формой формирования минерально-сырьевой специализации выступили территориально-производственные комплексы, в рыночных условиях – кластеры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азроянц Э. А. Экономика и хозяйственный механизм геологоразведочного производства. М.: Недра,1984. 188 с.
2. Дорошенко Ю. А. Экономический потенциал территории. СПб: Химия, 1997. 237 с.
3. Игнатьева Т. А. Методический инструментарий формирования системы платности при воспроизводстве минерально-сырьевой базы: дис. ... канд. экон. наук. Екатеринбург, 2011. 194 с.
4. Беневольский Б. И. Минерально-сырьевой потенциал – базовый элемент экономического суверенитета национальной безопасности России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 5. С. 50–59. https://elibrary.ru/umbvzz
5. Орлов В. П. Минерально-сырьевая база России в условиях глобализации мировой экономики // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2000. № 5-6. С. 3–5.
6. Игнатьева М. Н., Дроздова И. В., Комарова О. Г., Перегон И. В. Решение проблемы отходов с позиции концептуальных положений по использованию природных ресурсов // Известия УГГУ. 2024. Вып. 1 (73). С. 137–146. http://doi.org/10.21440/2307-2091-2024-1-137-146
7. Орлов В. П. Проблемы оценки воспроизводства минерально-сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 3. С. 2–5.
8. Орлов В. П. Сырьевой сектор экономики в условиях модернизации // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 1. С. 3–10.
9. ГОСТ Р 59071–2020. Охрана окружающей среды. Недра. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2020. 12 с.
10. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: утв. приказом МПР РФ от 11.12.2006 № 278. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
11. Литвиненко В. С. Возможности минерально-сырьевого потенциала России // Записки Горного института. Приложение. 2002. № 11. С. 1–12.
12. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / М. А. Комаров [и др.]. М.; Алматы, 2003. 204 с.
13. Игнатьева М. Н., Юрак В. В., Стровский В. Е., Иванов А. Н., Комарова О. Г. Использование техногенных минеральных образований: современное состояние, выявленные тенденции // Экология и промышленность России. 2024. Т. 28. № 8. С. 60–66. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-8-60-66
14. Дроздова Н. В. Территориально-производственные комплексы и региональные кластеры: преемственность и перспективы развития // Ярославский педагогический вестник. 2011. № 3. Т. 1. Гуманитарные науки. С. 125–129.
15. Лаврикова Ю. Г. Кластеры: стратегия формирования и развития в экономическом пространстве региона. Екатеринбург: ИЭ УрО РАН 2008. 232 с.

Статья поступила в редакцию 01 июля 2025 года

UDC 330.32 http://doi.org/10.21440/2307-2091-2025-3-129-136

Technogenic mineral resource base: formation and use

Boris Valer'evich FRANTSUZOV

Ministry of Natural Resources and the Environment of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract

Relevance. Uninterrupted satisfaction of the demand for mineral raw materials requires the presence of a stable mineral resource base (MRB). Some losses in the stability of the MRB in modern conditions, associated with the depletion of mineral resources and the deterioration of the quality characteristics of newly discovered mineral deposits, suggest the priority of using technogenic mineral formations as a source of its development, especially since the volumes of waste from mining and related processing industries are increasing annually, and the content of useful components in them are becoming comparable to natural deposits.

The purpose of the study is to substantiate the fundamental conditions for the formation of TMRB and the need to use a territorial-industry approach to its development.

Research methods. A systems approach, methods of analogies, generalizations, horizontal and vertical analysis, systematization.

Results. The priority of attracting technogenic mineral formations for the development of MRB is substantiated, the concept of technogenic mineral resource potential and technogenic mineral resource base (TMRB), as well as their structure, is clarified. In particular, three types of predicted technogenic resources are identified, the use of which, firstly, requires the emergence of new innovative technologies or a change in pricing policy, secondly, involves setting up more detailed geological studies, and thirdly, provides for the lifting or loosening of environmental restrictions. The expediency of considering associated minerals as part of the TMF has been proven, a classification of TMRB has been proposed, including five classification features: scale, type of minerals, study, which is defined as explored, estimated, calculated, measurement (natural and value units), economic feasibility (detailed, preliminary, forecast). The fundamental conditions (principles) of the formation of TMRB have been formulated: complexity, completeness, manufacturability, environmental friendliness, cost-effectiveness, reliability. It is recommended to turn to the territorial-industry approach in the development of MRB, including TMRB, which contributes to increasing the efficiency of enterprises of the industry affiliation, carrying out the integrated development of mineral resources, while simultaneously improving the living conditions of the population and increasing the competitiveness of the territory within which the development of MRB is carried out.

Keywords: technogenic mineral resource base, classification, fundamental principles, development, territorial-industry approach, territorial industrial complex, cluster.

REFERENCES

1. Azroyants E. A. 1984, Economy and Economic Mechanism of Geological Exploration Production. Moscow, 188 p. (*In Russ.*)
2. Doroshenko Yu. A. 1997, Economic Potential of the Territory. St. Petersburg, 237 p. (*In Russ.*)
3. Ignatyeva T. A. 2011, MEthodological Tools for the Formation of a Payment System for the Reproduction of Mineral Resources, PhD thesis. Ekaterinburg, 194 p. (*In Russ.*)
4. Benevolsky B. I. 2015, Mineral Resource Potential – a Base Element of the Economic Sovereignty and National Security of Russia. *Mineral'nyye Resursy Rossii. Ekonomika I Upravleniye* [Mineral Resources of Russia. Economy and Management], no. 5, pp. 50–59. (*In Russ.*) https://elibrary.ru/umbvzz
5. Orlov V. P. 2000, Mineral and Raw Material Base of Russia in the Context of Globalization of the World Economy. *Mineral'nyye Resursy Rossii. Ekonomika I Upravleniye* [Mineral Resources of Russia. Economy and Management], no. 5-6, pp. 3–5. (*In Russ.*)
6. Ignatyeva M. N., Drozdova I. V., Komarova O. G., Peregon I. V. 2024, Solving the Waste Problem from the Standpoint of Conceptual Provisions on the Use of Natural Resources. *Izvestiya Ural'skogo Gosudarstvennogo Gornogo Universiteta* [News of the Ural State Mining University], issue 1 (73), pp. 137–146. (*In Russ.*) http://doi.org/10.21440/2307-2091-2024-1-137-146
7. Orlov V. P. 2010, Problems of Assessing the Reproduction of the Mineral Resource Base. *Mineral'nyye Resursy Rossii. Ekonomika I Upravleniye* [Mineral Resources of Russia. Economy and Management], no. 3, pp. 2–5. (*In Russ.*)
8. Orlov V. P. 2010, Raw Materials Sector of the Economy in the Conditions of Modernization. *Mineral'nyye Resursy Rossii. Ekonomika I Upravleniye* [Mineral Resources of Russia. Economy and Management], no. 1, pp. 3–10. (*In Russ.*)
9. 2020, Gost R 59071–2020. Environmental Protection. Subsoil. Terms and Definitions. Moscow, 12 p. (*In Russ.*)
10. 2006, Classification of Reserves and Forecast Resources of Solid Minerals: Approved by Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation Dated 11.12.2006 no. 278. Access From the Reference and Legal System "Consultantplus". (*In Russ.*)
11. Litvinenko V. S. 2002, Scope of Mineral and Raw Materials Potential of Russia. *Zapiski Gornogo Instituta* [Notes of the Mining Institute]. Application, no. 11, pp. 1–12. (*In Russ.*)
12. Komarov M. A. [et al.]. 2003, Technogenic Mineral Resources. Moscow, 204 p. (*In Russ.*)

✉
**

13. Ignatieva M. N., Yurak V. V., Strovsky V. E., Ivanov A. N., Komarova O. G. 2024, Use of Technogenic Mineral Formations: Current State, Identified Trends. *Ekologiya I Promyshlennost' Rossii* [Ecology and Industry of Russia], vol. 28, no. 8, pp. 60–66. (*In Russ.*) https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-8-60-66

14. Drozdova N.V. 2011, Territorial-production Complexes and Regional Clusters: Continuity and Development Prospects. *Yaroslavskiy Pedagogicheskiy Vestnik* [Yaroslavl Pedagogical Bulletin], no. 3, vol. 1. Humanities, pp. 125–129. (*In Russ.*)

15. Lavrikova Yu.G. 2008, Clusters: Strategy of Formation and Development in the Economic Space of the Region. Ekaterinburg, 232 p. (*In Russ.*)

The article was received on July 01, 2025