



КОНЦЕПЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С.М. САЛЬМАНОВ¹, З.М. НАЗАРОВА², Ю.А. ЛЕОНИДОВА^{2,*}

¹ АО «Полиметалл УК»

², пр. Народного ополчения, г. Санкт-Петербург 198216, Россия

² ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Значительные перспективы для сохранности, бережного использования и устойчивого воспроизводства минерально-сырьевой базы (МСБ) горнодобывающего предприятия имеет разработка и внедрение в жизнь концепции жизненного цикла добываемого сырья. Для ее практической реализации необходима разработка системы теоретико-методологических, методических, аналитических, организационных процедур как со стороны государственных органов, так и со стороны научного сообщества и конечных недропользователей с концентрацией внимания на ответственности производителей.

Цель. Проведение детального анализа разработанных на сегодня теоретических концепций управления воспроизводством минерально-сырьевой базы (МСБ) горнодобывающих предприятий и оценка перспектив их использования.

Задачи: 1) анализ текущей ситуации процесса воспроизводства минерально-сырьевой базы; 2) изучение традиционных подходов к управлению воспроизводством минерально-сырьевых ресурсов; 3) оценка перспектив использования передовых концепций управления воспроизводством МСБ в горнодобывающей промышленности.

Материалы и методы исследования. Изучены публикации зарубежных и отечественных авторов в области устойчивого развития. Комплекс исследований включал анализ разработанных на сегодня теоретических концепций управления воспроизводством МСБ, группировку ключевых показателей для оценки устойчивости горнодобывающего предприятия, сравнение подходов к управлению воспроизводством МСБ и другие.

Результаты. Проанализированы особенности механистического подхода к управлению воспроизводством минерально-сырьевой базы, обозначены его ограничения и недостатки. Отдельное внимание уделено концепции, которая базируется на жизненном цикле рудника или шахты. Описаны возможности и перспективы использования методологии управления пропускной способностью минеральных ресурсов.

Заключение. Для перехода на современные концепции менеджменту горнодобывающих компаний необходимо изменить менталитет от сверхприбыльной валовой отработки месторождений к добыче полезных ископаемых с учетом баланса социальных, экологических и экономических норм.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база, воспроизводство, управление, жизненный цикл, рудник, переработка минерального сырья

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Сальманов С.М., Назарова З.М., Леонидова Ю.А. Концепции управления воспроизводством минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий и перспективы их применения в современных условиях. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2023;65(2):74—84. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-2-74-84>

Статья поступила в редакцию 11.04.2023

Принята к публикации 24.05.2023

Опубликована 25.05.2023

* Автор, ответственный за переписку

MANAGEMENT CONCEPTS FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES

SERGEI S. SALMANOV¹, ZINAIDA M. NAZAROVA², YULIYA A. LEONIDOVA^{2,*}

¹ JSC "Polymetal Management"

2, Narodnogo Opolcheniya ave., Saint-Petersburg 198216, Russia

² Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

ABSTRACT

Background. The development and implementation of the life cycle concepts of extracted raw materials seems promising for the sustainable development of mineral resources by a mining company. The practical implementation of such concepts requires a system of theoretical, methodological, analytical, and organizational procedures developed in close collaboration by state officials, researchers, and subsoil users with a particular focus on the responsibility of producers.

Aim. To carry out an analysis of the existing theoretical concepts for managing the mineral resource base of mining companies and to assess their implementation prospects. The following objectives were formulated: 1) to analyze the current situation in the field of reproduction of mineral resources; 2) to review the management approaches currently used to reproduce mineral resources; 3) to evaluate the prospects of modern concepts for the management of mineral resources in the mining industry.

Materials and methods of research. The authors analyzed the publications of foreign and domestic authors in the field of sustainable development. The complex of studies included an analysis of the theoretical concepts of management of reproduction of the mineral resource base developed to date, grouping of key indicators for assessing the sustainability of a mining enterprise, comparing approaches to management of reproduction of the mineral resource base and others.

Results. Specific features of the mechanistic approach to the management of mineral resources, as well as its limitations and drawbacks, were analyzed. Particular attention was paid to a concept of the life cycle of a mining plant. The possibilities and prospects of using a methodology of mineral resource capacity management are described.

Conclusions. The transition to modern concepts in the management of mining enterprises can be achieved under the condition of changing the existing orientation to super-profitable gross mining to that balancing social, environmental, and economic considerations.

Keywords: mineral resource base, reproduction, management, life cycle, mine, mineral processing

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Salmanov S.S., Nazarova Z.M., Leonidova Yu.A. Management concepts for the sustainable development of mineral resources. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2023;65(2):74—84. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2023-65-2-74-84>

Manuscript received 11 April 2023

Accepted 24 May 2023

Published 25 May 2023

* Corresponding author

Минерально-сырьевой комплекс является фундаментом развития экономических систем, поскольку обеспечивает перерабатывающую промышленность сырьем, является поставщиком энергоресурсов. Продукция добывающего сектора составляет львиную долю транспортных перевозок, а наличие на территории государства значительных залежей различных полезных ископаемых способно привлечь международные инвестиции в его хозяйственный комплекс [6]. Наиболее очевидным вкладом горнодобывающего сектора в экономику являются фискальные и валютные поступления. Однако помимо этого он также способствует экономическому росту смежных отраслей, включая повышение спроса на местные товары и услуги, росту инвестиций в инфраструктуру совместного использования. Страны, успешно использующие минеральные ресурсы для развития, сочетают справедливые налоговые режимы — которые оптимизируют фискальные затраты на протяжении всего срока реализации проекта по разработке недр, сохраняя при этом возможность привлечения капитальных вложений, — с политикой, защищающей сообщества и окружающую среду, а также препятствующей распространению анклавного типа развития [3].

Не подлежит сомнению тот факт, что сырьевые минеральные ресурсы необходимы для развития промышленных секторов во всех цепочках создания стоимости. Они определяют качество жизни и технологический прогресс. Сегодня использование металлов и минералов в мире увеличивается благодаря передовому технологическому прогрессу и быстрому росту спроса в развивающихся странах. По оценкам экспертов в период с 2020 по 2040 г. объем мирового потребления полезных ископаемых может удвоиться.

В связи с этим растет обеспокоенность правительств и социальной общественности по поводу потенциальных ограничений в обеспечении минеральным сырьем в силу того, что во многих странах, являющихся традиционными поставщиками ресурсов, горнодобывающая отрасль испытывает определенные сложности. Причинами такого состояния являются изменения геологических характеристик обрабатываемых месторождений (связанные с труднодоступностью рудных тел и со снижением

качества руд), усложнения в законодательной базе недропользования и снижение производительности. В свою очередь, поставки минерального сырья из вторичных источников недостаточны для удовлетворения спроса обрабатывающих отраслей.

Все эти проблемы усугубляются в современных условиях экономической неопределенностью и сложившимся в отрасли контекстом, когда разрабатывать месторождения полезных ископаемых становится все труднее, капитальные вложения на освоение месторождений и затраты на эксплуатацию рудника растут, а эффективное управление рентабельностью отдельных активов затруднено [2].

Принимая во внимание, что доступ к минеральному сырью из первичных источников, то есть из месторождений полезных ископаемых, строго детерминирован широким спектром геологических, технологических, экономических, экологических, правовых и социальных факторов, в настоящее время существует необходимость в обосновании применения концептуальных подходов к управлению воспроизводством минерально-сырьевой базы (МСБ) стран, которые будут поддерживать адаптивность и гибкость ее использования, согласно требованиям времени, экономическим и экологическим условиям. Необходимость достижения обозначенной цели и предопределила выбор темы статьи.

Воспроизводству минерально-сырьевой базы в разных условиях и на примере разных стран и управлению данным процессом посвятили свои труды многие отечественные (М.И. Агошков, А.В. Душин, М.Н. Игнатъева, С.Я. Каганович, Э.М. Назарова, В.П. Орлов, Н.В. Пашкевич, В.Е. Стровский и др.) и зарубежные ученые (L.C. Gray, J.M. Hartwick, H. Hotelling, R.M. Solow и др.).

Ключевые аспекты обеспечения контрольно-надзорной деятельности в сфере недропользования, государственные подходы к управлению недрами нашли отражение в трудах В.Е. Макарова, В.В. Руднева, О.В. Ткачёвой, Е.С. Мелехина, Е.И. Панфилова, J.E. McGill, H.F.J. Theart, P. Kavina, J. Sary и др.

Различные аспекты управления минерально-сырьевой базой, связанные с передовым

опытом поиска и разведки месторождений, методами рационального управления рудниками, планированием горных работ и добычей полезных ископаемых, оптимизацией переработки добытых минерально-сырьевых ресурсов, исследованы в работах Я.В. Алексеева, Е.С. Заскинда, О.М. Конкиной, М. Henckens, F. Biermann, P. Driessen и др.

Отдавая должное достижениям ученых, необходимо отметить, что современное состояние системы недропользования в стране требует комплексного обновления подходов к управлению использованием и воспроизводством минерально-сырьевой базы, которые позволят оптимизировать выгоды от горнодобывающего сектора, обеспечить стабильность его доходов, что будет способствовать макроэкономической стабильности и развитию экономики страны.

С учетом вышеизложенного возникает необходимость проведения детального анализа разработанных на сегодня теоретических концепций управления воспроизводством минерально-сырьевой базы с точки зрения компаний недропользователей и оценке перспектив их использования в современных условиях.

Минерально-сырьевая база как объект исследования и постоянного анализа в связи с ее исчерпаемостью пережила многочисленные предложения по совершенствованию подходов к управлению ее воспроизводством. И хотя некоторые из них принесли положительные плоды, они, как правило, были сосредоточены на отдельных решениях и процедурных улучшениях, а не на системном подходе: как найти, добывать, перерабатывать и продавать минеральные ресурсы оптимальным и устойчивым образом. Кроме того, большинство подходов к совершенствованию управления воспроизводством МСБ не учитывают принципы комплексного использования полезных ископаемых и специфику соответствующих процессов.

Рассмотрим наиболее интересные концепции управления воспроизводством МСБ на горнодобывающих предприятиях более подробно.

Самой распространенной концепцией управления воспроизводством минерально-сырьевой базы является **механистическая**. Она опирается на теорию механистических и органических систем, разработанную Т. Бернсом и Г. Сталкером [11]. Суть данного подхода заключается в том, что полезные ископаемые следует добывать до тех пор, пока не исчерпается весь потенциал горной системы, на базе которой работает добывающее предприятие, то есть объектом воспроизводства по сути является не минерально-сырьевая база

в целом, а конкретный участок недр, который обрабатывает рудник. При этом в состав ключевых показателей воспроизводства, согласно данной концепции, входит эффективность добычи, а также темпы потребления добытых ресурсов. Показатели экологии, деградации окружающей среды, сопоставления расходов и получаемых выгод в данном подходе являются второстепенными.

Данная концепция широко применялась в СССР и сейчас активно используется в некоторых странах Азии и Африки [4].

Механистическая концепция управления воспроизводством минерально-сырьевой базы базируется на теории традиционного операционного менеджмента. Однако применение данной теории в сложных условиях горной промышленности ограничено рядом существенных недостатков.

Первым серьезным недостатком теории традиционного операционного менеджмента применительно к управлению горными работами является ее отношение к проблеме изменчивости качества сырья. Фактически придерживаясь цели добыть как можно больше и любыми средствами, данная теория выводит за «скобки» оценку качества сырья, которое поступает в технологическую цепочку ее переработки.

Во-вторых, вышеназванная теория основывается на предпосылке, что существующие в системе ограничения (геологическая сложность работ, безопасность, стоимость, негативное воздействие на окружающую среду) будут сохранять свое положение в цепочке создания стоимости достаточно долго, чтобы его можно было устранить или нивелировать на каком-то определенном этапе деятельности. А учитывая тот факт, что ограничения при отработке месторождений полезных ископаемых часто подвержены изменениям, что характерно для сложных горнодобывающих сред, применение принципов и методов минимизации их отрицательного влияния может быть ограниченным [8].

И, в-третьих, причинно-следственные связи, часто используемые в этой концепции в рамках управления воспроизводством минерально-сырьевой базы, четко показывают, как кажущиеся незначительными изменения или отклонения в начале цепочки создания стоимости добычи полезных ископаемых могут оказать значительное влияние на эффективность переработки на последующих этапах и в итоге на прибыльность горнодобывающих предприятий [7].

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что использование механистического подхода

к управлению воспроизводством минерально-сырьевой базы имеет серьезные ограничения, которые снижают его ценность, эффективность и применимость на практике. Связаны эти ограничения прежде всего с тем, что в центре внимания данного подхода находятся отдельные части системы (участки, шахты, рудники,), а не весь горнодобывающий комплекс в целом.

В таблице 1 представлены факторы, способствующие ограничению использования механистического подхода для управления воспроизводством минерально-сырьевой базы страны.

На основании данных таблицы 1 можно утверждать, что механистическая концепция управления воспроизводством МСБ не может эффективно работать в сложных горнодобывающих условиях. Фактически она культивирует воспроизводство МСБ, которое в долгосрочной перспективе дестабилизирует деятельность горнодобывающего предприятия и приведет к негативным экономическим результатам.

Более современным подходом к управлению воспроизводством минеральной базы страны является **концепция устойчивого развития горнодобывающей промышленности**, ориентированная на горнодобывающие предприятия. Она также называется «оценка жизненного цикла рудника». Данная концепция схожа с механистическим подходом, но ее главным отличием является то, что устойчивая добыча полезных ископаемых предполагает внедрение на этапе горных работ методов, которые приводят к экологическим и социальным улучшениям по сравнению с традиционными

подходами разработки ресурсов с целью снижения негативного воздействия при сохранении здоровья и безопасности работников и интересов заинтересованных сторон и сообществ [5].

В рамках управления воспроизводством минерально-сырьевой базы для оценки устойчивости горнодобывающего предприятия и возможностей улучшения как добычи сырья, так и экологической ситуации используется ряд ключевых показателей. Эти показатели, представленные в таблице 2, сгруппированы по фазам жизненного цикла рудника.

Показатели, приведенные в таблице 2, являются основными индикаторами, с помощью которых в настоящее время можно измерить устойчивость добычи полезных ископаемых. При рассмотрении разведки и строительства первой части жизненного цикла рудника количественная оценка устойчивости может быть рассчитана путем определения общей площади земли, необходимой для проекта и в конечном итоге нарушенной, а также различных уровней загрязнения. Чем меньше эти негативные воздействия, тем более устойчивым можно считать горнодобывающее предприятие [1].

Ограничением данного подхода к управлению воспроизводством минерально-сырьевой базы недропользователя является то, что, как и в механистической концепции, основное внимание уделяется горнодобывающей деятельности. Эффективность добычи, а также темпы потребления и восстановления добытых ресурсов признаются сторонниками данного подхода в качестве приоритетных

Таблица 1. Ограничения использования механистического подхода к системе управления воспроизводством минерально-сырьевой базы

Table 1. Limitations of the use of a mechanistic approach to the management system for the reproduction of the mineral resource base

Утверждения	Ограничения
Горнодобывающие системы разбиты на части	Только конечный продукт продается потребителю и только после этого генерируется доход
Характеристики сырья могут быть смешаны для получения средней смеси, которая не дестабилизирует последующие процессы	Характеристики сырья, такие как твердость, пористость, текстурные аспекты и т.д., не могут быть смешаны. Например, смесь твердых и мягких пород не даст смеси пород средней твердости
Мощность системы равна мощности минимального звена в системе.	Статистическая дисперсия в производительности отдельных ресурсов и зависимость между ресурсами в системе приводят к тому, что система работает ниже сбалансированного значения мощности
Исправление недостаточно эффективной части в системе улучшит производительность системы линейно	Если ограничение в системе не установлено с использованием принципов потока и платности продукции, велика вероятность того, что производительность ограничения не будет улучшена и, следовательно, производительность системы также не повысится, как ожидалось

Таблица 2. Ключевые показатели устойчивости и соответствующая им фаза жизни рудника
 Table 2. Key sustainability indicators and the corresponding phase of mine life

Разведка и разработка месторождений	Операции	Заккрытие и долгосрочный мониторинг
Требования к земле для разработки	Объем потребляемых материалов (вода, реагенты, топливо, использование растворителей)	Популяционное воздействие на индикаторные виды / Потеря биоразнообразия
Площадь разрешенных к разработке земель и нарушенных территорий	Объем образующихся отходов (камень, химикаты, вода)	Уровни загрязняющих веществ в воде и почве
Выбросы пыли	Объем восстановления/переработки материалов	Площадь стабилизированных и реконструированных земель / темпы восстановления
Шумовое загрязнение	Объем образовавшихся опасных и неопасных отходов	Восстановление растительности (количество посаженных деревьев и т.д.)
Склонность к эрозии почвы / оползням / землетрясениям	Скорость истощения ресурсов	Рекультивация
Площадь земли в чувствительных зонах	Уровень выбросов (загрязняющие вещества, парниковые газы)	Количество экологических инцидентов
Интенсивность перевозок (материалы и сотрудники)	Выбросы в атмосферу (пыль и т.д.), общее энергопотребление и процент использования возобновляемых источников энергии	Водные стоки после закрытия предприятия

направлений в отношении устойчивости горнорудной промышленности. Однако взаимосвязь между темпами добычи и рекуперации в значительной степени не учитывается. Возможности запуска замкнутого цикла использования материалов и циркулярной экономики в рамках данного подхода также не рассматриваются. За исключением некоторых моделей полного жизненного цикла, разработанных для конкретных металлов, кругооборот потребления не топливных минералов остается практически не исследованным.

Вторым важным ограничением концепции устойчивого развития горнодобывающей промышленности является отсутствие связи между работой по сокращению экологического следа от горнодобывающей деятельности и разработкой техногенных месторождений, а также вторичного использования минерального сырья.

Отдельного внимания заслуживает концепция, которая появилась около 30 лет назад и называется **методологией управления пропускной способностью минеральных ресурсов (MRTM)**. MRTM использует системный подход к процессу воспроизводства минерально-сырьевой базы и управлению горнодобывающими предприятиями, что приносит более высокие результаты по сравнению с механистическим подходом [10]. Все три измерения MRTM, а именно: физический

поток, платность продукта (денежная стоимость продукта, на которую влияют объем, качество и постоянство качества продукта) и логическое измерение принятия решений содержат элементы теории ограничений (системный подход) (рис. 1).

MRTM фокусируется на обеспечении рентабельности имеющихся запасов минерально-сырьевых ресурсов, а не на традиционной перспективе «затраты или мощности». Обеспечение высокой отдачи от добываемых ресурсов позволит аккумулировать денежные средства для дальнейших разработок, разведок и открытий новых месторождений полезных ископаемых.

MRTM сосредоточена на:

- минимизации истощения и размывания запасов в цепочке создания стоимости добычи;
- синхронизации потока ресурсов с использованием принципов теории ограничений (ТОС) для определения ресурсов, ограниченных по мощности (CCR).

MRTM применяет атрибуты рентабельности запасов и принципы потоков ТОС к цепочке создания стоимости добычи комплексным образом, обращаясь к физическим и нефизическим характеристикам для минимизации изменчивости. Важно отметить, что благодаря тому, что MRTM сосредотачивается на оптимальной прибыли до вычета



Рис. 1. Измерения MRTM
Fig. 1. MRTM measurements

процентов и налогов (EBIT), начиная от месторождения до товарного продукта, это позволяет значительно повысить эффективность добычи при оптимальных эксплуатационных и капитальных затратах.

Данная оптимизированная концепция к управлению воспроизводством минерально-сырьевых ресурсов, сфокусированная на устойчивой EBIT для предприятия, позволяет решить четыре ключевые проблемы, связанные с истощением запасов. К ним относятся:

1. Потери ценных минералов/продукта в процессе выемки и переработки руды на различных этапах цепочки создания стоимости начиная от планирования горных работ на участке до складирования готовой продукции.

2. Потери продукции из-за неэффективной переработки на фабрике (обогащение), которые приводят к низкому извлечению/выходу продукции. Засорение продукта отходами или некачественными химическими элементами, которые ухудшают содержание ценных металлов/

минералов в продукте и снижают его продажную стоимость: т.е. более высокое и более низкое содержание концентрата в продукте и соответствующая разница в цене продажи продукта между двумя вариантами.

3. Отсутствие вариантов цен на продукцию высшего качества, связанное со стабильными и предсказуемыми сортами в контексте спецификаций заказчика (если таковые имеются) из-за плохого контроля качества продукции.

4. Использование нишевых рынков продукции (если таковые имеются) из-за недостатков в системе контроля качества.

В таблице 3 представлено сравнение традиционных подходов к управлению воспроизводством минерально-сырьевой базы страны (механистический, жизненный цикл шахты) с MRTM.

На сегодня для целей управления воспроизводством минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий в разработке находится **концепция устойчивой добычи полезных ископаемых**. Суть данной концепции заключается

Таблица 3. Сравнение традиционных подходов и MRTM к управлению воспроизводством минерально-сырьевой базы
Table 3. Comparison of traditional approaches and MRTM to the management of reproduction of the mineral resource base

Сфера	Традиционный подход	MRTM
Геология	Отбираются составные пробы (метод усреднения) руды, согласованные с ограничениями добычи	Руда и отходы отбираются на основе поведения потока и платежеспособности материала при последующей переработке
	Получаются средние прогнозы содержания и объема	Устанавливаются нормы для конкретной зоны (геологические, технологические, экономические)
	Рассчитываются средние показатели эффективности переработки	Рассчитываются коэффициенты эффективности для конкретной зоны (включая эффекты засорения, разубоживания)
	К данным применяются усредненные модифицирующие коэффициенты, основанные на исторических показателях / передовой практике	Фактор риска / показатель для каждой зоны используется как весовой коэффициент (сложность добычи/переработки)
	Существующие методы переносятся на новые участки добычи	
Горнодобывающая промышленность, производство, переработка. Физические активы. Управление	Потребности в ресурсах (оборудование, расходные материалы, рабочая сила) рассчитываются на основе балансировки мощностей, включая фиксированные коэффициенты (лучшие практики)	Потребности в ресурсах рассчитываются на основе характеристик каждой зоны и платежеспособности готовой продукции по всей цепочке создания стоимости
	Используются средние коэффициенты загрузки и эффективности добычи	Разрабатываются данные по зонам, платежеспособности продукции.
	К данным применяются корректирующие/модифицирующие коэффициенты, основанные на исторических данных	Коэффициент риска / показатель для каждой зоны используются в качестве весового коэффициента (показатель сложности добычи)

в том, что она охватывает весь жизненный цикл минерального сырья начиная от момента открытия и отработки месторождения, а затем предполагает возвращение в циркулярную экономику путем переработки или повторного использования [13]. Отличительной чертой концепции жизненного цикла добываемого сырья от той, которая фокусируется на жизненном цикле рудника, является то, что последняя рассматривает только добычу и переработку. Если подходы, ориентированные на добычу и переработку полезных ископаемых, могут включать в себя лишь некоторые метрики воспроизводства, то концепция жизненного цикла минерального сырья охватывает различные переменные, которые позволяют учитывать больше этапов его жизни, и на этом основании могут быть определены перспективы воспроизводства и факторы, влияющие на устойчивость эколого-экономических систем в целом [12].

Данная концепция включает базовые показатели воздействия на окружающую среду, связанные с жизненным циклом горнодобывающего предприятия (в области нарушения земель, использования ресурсов, производства продукции

и рекультивации отработанных месторождений), а также индикаторы, необходимые для оценки циркулярности полного жизненного цикла соответствующих продуктов, включая производство товаров, уровень потребления на этапе использования и, наконец, сбор и повторное применение добытого материала [15]. Использование всех этих показателей для оценки перспектив воспроизводства минерально-сырьевой базы в будущем позволит получить более целостное представление о потреблении минералов в обществе без ущерба для стратегических ориентиров, используемых в настоящее время промышленными организациями и законодательными органами.

Ожидается, что переход от подходов, ориентированных на горные работы, к концепции, сосредоточенной на жизненном цикле минеральных ресурсов, будет облегчен благодаря исследованиям и технологическому прогрессу [9]. В то же время улучшение кругооборота добываемых ресурсов зависит от системных разработок, которые являются гораздо более сложными. Например, переработка, ориентированная на продукт, представляется потенциальным средством для увеличения

объемов повторного использования сложных электронных отходов, но инфраструктура и мощности переработки в настоящее время не созданы для реализации этого процесса в промышленном масштабе [14].

Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. На сегодняшний день в науке и практике существуют различные подходы к управлению процессами восстановления минерально-сырьевой базы страны. Некоторые из них опираются на упрощенную модель максимального использования потенциала разрабатываемых недр, другие предполагают более комплексный подход к решению данного вопроса, который учитывает экологические, экономические, территориальные аспекты.

Однако современные вызовы времени свидетельствуют о том, что концепции и традиционные практики воспроизводства минерально-сырьевой базы горнодобывающего предприятия не могут адекватно обслуживать сложные горнодобывающие системы, поскольку они по большей части основаны на механистической логике мышления. В связи с этим особую популярность на сегодняшний день приобрела методология управления пропускной способностью минеральных ресурсов, опирающаяся на три измерения: технологические возможности производства, платежеспособность продукции и логическое принятие решений.

Также значительные перспективы и потенциал имеет разрабатываемая на сегодня концепция жизненного цикла добываемого минерального сырья, которая охватывает весь жизненный цикл добытого материала. Переход к этой концепции позволит не только снизить основные экологические последствия, связанные с увеличением темпов добычи, нарушением земель, выработкой недр и закрытием предприятий, но и продлить срок отработки существующих запасов и ресурсов полезных ископаемых.

Для применения современных концепций управления воспроизводством минерально-сырьевой базы горнодобывающих предприятий необходимо создать ряд условий. Активное участие в этом процессе должно проявить государство, научное сообщество и компании-недропользователи.

Со стороны государства необходимо разработать законодательные акты, стимулирующие разработку техногенных месторождений и переработку вторичного сырья, включая выделение государственных субсидий и налоговых преференций, разработать мероприятия по повышению качества сбора и утилизации отработанных минеральных ресурсов посредством развития новых мощностей переработки.

Научно-технологическое обеспечение развития минерально-сырьевой базы предусматривает техническое перевооружение геолого-разведочного, добычного, перерабатывающего производств на основе внедрения современных технологий, которое позволит вовлекать в отработку месторождения с низким качеством исходного материала, повышать извлечение полезного компонента из трудноперерабатываемого сырья.

Для перехода на современные концепции менеджмента горнодобывающих компаний необходимо изменить менталитет от сверхприбыльной валовой отработки месторождений к добыче полезных ископаемых с учетом баланса социальных, экологических и экономических норм. Компании-недропользователи, используя стимулирующие меры от государства и научные разработки, получают возможность рентабельно отрабатывать новые источники запасов минерального сырья, продлить жизненный срок отработки природных месторождений, что позволит обеспечить социальную стабильность в регионах с истощающейся минерально-сырьевой базой и получить временной задел для поиска новых месторождений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анисимова А.Б.* Полезные ископаемые: от воспроизводства к капиталу // *Экономический анализ: теория и практика.* 2022. № 5. С. 947—959.
2. *Бодрова Е.В.* Проблема воспроизводства минерально-сырьевой базы РФ: поиски решения // *Каспийский регион: политика, экономика, культура.* 2022. № 1 (70). С. 57—68.
3. *Кузина Е.С.* Анализ основных проблем воспроизводства минерально-сырьевой базы России // *Наука России: цели и задачи: Сборник научных трудов по материалам XIX международной научной конференции.* Екатеринбург: Научно-издательский центр «Л-Журнал». 2020. С. 74—77.
4. *Кузина Е.С.* Экономические проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы России // *Научно-аналитический журнал. Наука и практика Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова.* 2022. Т. 14. № 4(48). С. 67—72.
5. *Кузнецова Е.В., Дадыкин В.С.* Моделирование системы управления минерально-сырьевым комплексом

- региона с использованием принципа обратной связи // Информатизация и связь. 2021. № 2. С. 134—138.
6. Пономарева К.В., Рыжова Л.П. Проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы России и пути их решения // Финансовая экономика. 2021. № 5. С. 80—85.
 7. Сальманов С.М. Организационно-экономический механизм управления воспроизводством минерально-сырьевой базы // Modern Economy Success. 2022. № 6. С. 213—219.
 8. Alozie A.Ch. Sustainable management of mineral resource active regions: a participatory framework for the application of systems thinking. Great Britain: Imperial College London, 2019. 156 p.
 9. Bleischwitz R. Mineral resources in the age of climate adaptation and resilience // Journal of industrial ecology. 2020. Vol. 24. No. 2. P. 291—299.
 10. Gorman M.R. A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral // Resources, conservation, and recycling. 2018. Vol. 137. P. 281—291.
 11. Hidayat T. Policy on mineral resource management in the good governance perspective // IOP conference series. Materials science and engineering. 2019. Vol. 478. P. 17—23.
 12. Maconachie R. The extractive industries, mineral sector reform and post-conflict reconstruction in developing countries // The extractive industries and society. 2016. Vol. 3. Iss. 2. P. 313—319.
 13. Prilukov A.N. Effective mineral resources management: emergence and development of scientific ideas and conceptions // International multidisciplinary scientific geoconference. 17th Conference. Bulgaria. 2017. P. 53—269.
 14. Spooren J. Near-zero-waste processing of low-grade, complex primary ores and secondary raw materials in Europe: technology development trends // Resources, conservation, and recycling. 2020. Vol. 160. P. 77—83.
 15. Underground space, the legal governance of a critical resource in circular economy // Resources policy. 2021. Vol. 73. P. 89—94.

REFERENCES

1. Anisimova A.B. Minerals: from reproduction to capital // Economic analysis: theory and practice. 2022. No. 5. P. 947—959.
2. Bodrova E.V. The problem of reproduction of the mineral resource base of the Russian Federation: the search for a solution // The Caspian region: politics, economics, culture. 2022. No. 1(70). P. 57—68.
3. Kuzina E.S. Analysis of the main problems of reproduction of the mineral resource base of Russia // Science of Russia: Goals and objectives. Collection of scientific papers based on the materials of the XIX International Scientific Conference. Yekaterinburg: Scientific Publishing Center "L-Journal". 2020. P. 74—77.
4. Kuzina E.S. Economic problems of reproduction of the mineral resource base of Russia // Scientific and analytical journal Science and Practice of the Plekhanov Russian University of Economics. 2022. Vol. 14. No. 4(48). P. 67—72.
5. Kuznetsova E.V., Dadykin V.S. Modeling of the management system of the mineral resource complex of the region using the feedback principle // Informatization and communication. 2021. No. 2. P. 134—138.
6. Ponomareva K.V., Ryzhova L.P. Problems reproduction of the mineral resource base of Russia and ways to solve them // Financial Economics. 2021. No. 5. P. 80—85.
7. Salmanov S.M. Organizational and economic mechanism of management of the mineral resource base reproduction // modern economics success. 2022. No. 6. P. 213—219.
8. Alozie A.Ch. Sustainable management of mineral resource active regions: a participatory framework for the application of systems thinking. Great Britain: Imperial College London, 2019. 156 p.
9. Bleischwitz R. Mineral resources in the age of climate adaptation and resilience // Journal of industrial ecology. 2020. Vol. 24. No. 2. P. 291—299.
10. Gorman M.R. A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral // Resources, conservation, and recycling. 2018. Vol. 137. P. 281—291.
11. Hidayat T. Policy on mineral resource management in the good governance perspective // IOP conference series. Materials science and engineering. 2019. Vol. 478. P. 17—23.
12. Maconachie R. The extractive industries, mineral sector reform and post-conflict reconstruction in developing countries // The extractive industries and society. 2016. Vol. 3. Iss. 2. P. 313—319.
13. Prilukov A.N. Effective mineral resources management: emergence and development of scientific ideas and conceptions // International multidisciplinary scientific geoconference. 17th Conference. Bulgaria. 2017. P. 53—269.
14. Spooren J. Near-zero-waste processing of low-grade, complex primary ores and secondary raw materials in Europe: technology development trends // Resources, conservation, and recycling. 2020. Vol. 160. P. 77—83.
15. Underground space, the legal governance of a critical resource in circular economy // Resources policy. 2021. Vol. 73. P. 89—94.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Сальманов С.М. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Назарова З.М. — подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Леонидова Ю.А. — подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Sergei S. Salmanov — developed the concept and prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Zinaida M. Nazarova — prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

Yuliya A. Leonidova — prepared text of the article, finally approved the published version of the article and agree to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Сальманов Сергей Миншакирович — кандидат экономических наук, директор дирекции бюджетирования, аналитического контроля и отчетности АО «Полиметалл УК»,
2, пр. Народного ополчения, г. Санкт-Петербург 198216, Россия
e-mail: Salmanov@polymetal.ru
SPIN-код: 5268-9080

Sergey M. Salmanov — Cand. of Sci. (Econ.), Director of the Directorate of Budgeting, Analytical Control and Reporting of JSC Polymetal management.
2, Narodnogo Opolcheniya ave., Saint-Petersburg 198216, Russia
e-mail: Salmanov@polymetal.ru
SPIN-code: 5268-9080

Назарова Зинаида Михайловна — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой производственного и финансового менеджмента ФГБОУ ВО «Российский государственный геолого-разведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия
e-mail: nazarovazm@mgri.ru
тел.: + 7 (495) 255-15-10 (доб. 2142)
SPIN-код: 4447-0660

Zinaida M. Nazarova — Dr. of Sci. (Econ.), Prof., Head of the Department of Production and Financial Management of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: nazarovazm@mgri.ru
tel.: + 7 (495) 255-15-10 (ext. 2142)
SPIN-code: 4447-0660

Леонидова Юлия Анатольевна — кандидат экономических наук, доцент кафедры производственного и финансового менеджмента ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»,
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия
e-mail: leonidovaya@mgri.ru
тел.: + 7 (495) 255-15-10 (доб. 2078)
SPIN-код: 9869-6281

Yuliya A. Leonidova — Cand. of Sci. (Econ.), Assoc. Prof. of the Department of Production and Financial Management of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: leonidovaya@mgri.ru
tel.: + 7 (495) 255-15-10 (ext. 2078)
SPIN-code: 9869-6281

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author