

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ВОСПОЛНЕНИЯ ДЕФИЦИТА ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
НА ОСНОВЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА***

© 2018 В.С. Дадыкин**

Принципиальная модель воспроизводства запасов месторождений полезных ископаемых исходит из того, что динамика системы использования и развития минерально-сырьевой базы обусловлена взаимодействием добывающей промышленности, сокращающей известные запасы, и геологоразведки, выявляющей новые месторождения. Потребление полезных ископаемых формирует спрос на их добычу, которая обеспечивается погашением эквивалентной массы запасов. Баланс в системе “потребление - добыча” определяется прямым и достаточно жестким воздействием экономических факторов. Превышение добычи над потреблением вызывает, как правило, падение цен на минерально-сырьевую продукцию и приводит к сокращению добычи (прежде всего на низкорентабельных месторождениях). Добыча при всех условиях истощает минерально-сырьевую базу и тем самым создает спрос на ее воспроизводство, который удовлетворяется геологоразведочными работами. Они обеспечивают получение прироста промышленных запасов из ранее выявленных запасов низких категорий (разведка). Подготовка объектов для разведочных работ осуществляется посредством проведения общих поисков и оценки запасов и прогнозных ресурсов.

Ключевые слова: геолого-экономический мониторинг, минерально-сырьевой потенциал, горнопромышленная зона, геологоразведочные работы, промышленно-сырьевой узел, промышленно-сырьевой объект.

Основные положения:

- ♦ с целью ликвидации существующего дисбаланса прироста запасов и их потребления необходимо разработать экономико-математическую модель, предназначенную для оценки уровня воспроизводства запасов месторождений;
- ♦ объекты недропользования - потенциальные источники восполнения дефицита запасов целесообразно классифицировать по уровню ликвидности, т.е. возможности быть оперативно задействованными в отраслях народного хозяйства;
- ♦ важнейшей задачей на ближайшую перспективу является развитие минерально-сырьевой базы (МСБ) за счет прогнозных объектов (и их ресурсов) в районах действующих горнодобывающих предприятий (ПСО, ПСУ и т.п.).

Введение

Результаты геолого-экономической оценки запасов находят свое отражение в геологоразведочных программах и основных итогах их выполнения. Общие затраты на выполнение общегосударственных программ определяются путем минимизации суммы частных затрат по отдельным территориям, что оценивалось на региональном уровне¹.

В современных экономических условиях пропорции между запасами и добычей, а также прогнозными ресурсами складываются в значительной мере стихийно при заметной

роли явлений саморазвития. Последствия нерегулируемого развития МСБ выражаются в появлении избыточных запасов и ресурсов, т.е. в длительном замораживании средств, затраченных на их обнаружение. Элементы последнего, кстати, заметно проявлялись также и в условиях централизованного планирования.

Методы

С целью ликвидации существующего дисбаланса между приростом запасов и их потреблением необходимо разработать эконо-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ молодым ученым (МК-1522.2018.5).

** Дадыкин Валерий Сергеевич, кандидат экономических наук, доцент Брянского государственного технического университета. E-mail: Dadykin88@bk.ru.

мико-математическую модель воспроизводства запасов МСБ.

Процедуру воспроизводства запасов месторождений предлагаем разделить на несколько этапов, характеризующихся определенными параметрами модели.

На первом этапе осуществляется расчет обеспеченности горнодобывающих предприятий (промышленно-сырьевых объектов - ПСО), промышленно-сырьевых узлов, геолого-экономических районов и т.д.

В рамках второго этапа происходит анализ способов покрытия дефицита запасов $A+B+C_1$ (см. таблицу).

Целесообразность освоения неактивных запасов, забалансовых запасов (за пределами проектных контуров), техногенных ресурсов требует специального экономического обоснования. Эти виды запасов и ресурсов могут рассматриваться в современной ситуации пока только как источники физической возможности удовлетворения потребности в минеральном сырье независимо от затрат на его получение, поскольку для освоения этих ресурсов потребуются: существенная реконструкция (расширение) рудников, разработка и внедрение новых технологий и т.д.

В целом для промышленно-сырьевых узлов, геолого-экономических районов, субъектов РФ наиболее реальной альтернативой выработанным запасам еще достаточно длительное время будут являться запасы и ресурсы месторождений и прогнозируемых минерально-сырьевых объектов нераспределенного фонда недр.

Количество запасов, которое можно получить от указанных выше резервных месторождений для компенсации дефицита запасов действующего предприятия, рассчитывается по формуле

$$A \rightarrow Q_{A+B+C_1} = D + P_p(T_{пр} + T_{стр}), \quad (1)$$

где Q_{A+B+C_1} - количество запасов неразрабатываемых месторождений, потребное

для восполнения дефицита; D - "региональный" дефицит активных запасов; P_p - проектная (или наивысшая достигнутая) производительность; $T_{пр}$ - время проектирования добывающего предприятия(ий) на резервном месторождении (ях); $T_{стр}$ - время строительства предприятия.

Количество запасов, которое можно получить за счет разведываемых месторождений для компенсации дефицита действующего предприятия, рассчитывается по формуле

$$B \rightarrow Q_{C_1+C_2} = D + P_p(T_{пр} + T_{стр} + T_p), \quad (2)$$

где $Q_{C_1+C_2}$ - количество запасов разрабатываемых месторождений, необходимое для восполнения дефицита; T_p - время разведки (до проектирования и строительства горного предприятия).

Количество запасов, которое можно получить за счет забалансовых месторождений для компенсации дефицита действующего предприятия, рассчитывается по формуле

$$C \rightarrow Q_{C_2} = D + P_p(T_{пр} + T_{стр}), \quad (3)$$

где Q_{C_2} - количество запасов забалансовых месторождений, потребное для восполнения дефицита.

Количество запасов, которое можно получить за счет положительно оцененных объектов для компенсации дефицита действующего предприятия, рассчитывается по формуле

$$D \rightarrow Q_{C_2+P_1} = D + P_p(T_{пр} + T_{стр} + T_p + T_{лиц}), \quad (4)$$

где $T_{лиц}$ - время от завершения оценки до разведки.

Количество запасов, которое можно получить за счет перспективных прогнозных участков, предложенных для проведения ра-

Объекты недропользования - потенциальные источники восполнения дефицита запасов

Индекс	Вид объекта недропользования	Категория запасов (ресурсов)
A	Резервные разведанные месторождения	$A+B+C_1$
B	Разведываемые месторождения	$C_1 + C_2$
C	Забалансовые месторождения (и техногенные ресурсы)	C_2
D	Положительно оцененные объекты	$C_2 + P_1; P_1$
E	Перспективные прогнозные участки для проведения поисков и оценки	$P_1 + P_2; P_2; P_3$

бот последующей стадии для компенсации дефицита действующего предприятия, рассчитывается по формуле

$$E \rightarrow Q_{P_2+P_1} = D + P_p(T_{\text{пр}} + T_{\text{стр}} + T_p + T_{\text{лиц}} + T_{\text{п}} + T_o), \quad (5)$$

где T_o - соответственно, время проведения поисковых и оценочных работ; единицы измерения Q и D - тысячи тонн железного ископаемого (металла, оксида и т.п.); T - годы.

В промышленно-сырьевом узле, горно-промышленной зоне, горнопромышленном комплексе в течение периода, равного продолжительности реализации поискового проекта (1-3 года), должен создаваться такой задел объектов с ресурсами категории $C_2 + P_1$, получивших положительную геолого-экономическую оценку, который может рассчитывать на прирост запасов $A+B+C_1$ в объемах, способных восполнить дефицит разведанных (активных) запасов. Для территорий, сопоставимых с субъектами РФ или федеральными округами, следует предусматривать подготовку таких объектов в количествах, обеспечивающих превышение потребного прироста запасов. Величина этого превышения устанавливается с помощью эмпирического коэффициента подтверждаемости количества прогнозных объектов (с прогнозными ресурсами). Указанный коэффициент представляет собой отношение числа объектов, получивших положительную оценку ресурсов и рекомендации для продолжения геологоразведочных работ (ГРР), к общему числу объектов, изучавшихся на данной стадии геологоразведочных работ.

Объем предварительно оцененных запасов и прогнозных ресурсов, который необходимо реализовать в процессе воспроизводства МСБ с целью восполнения дефицита активных запасов, может быть определен формулой

$$(C_2 + P_{1,2,3}) \rightarrow \frac{D + qt}{k_1 k_2 k_3}, \quad (6)$$

где D - расчетная величина дефицита разведанных (активных) запасов; $C_2 + P_{1,2,3}$ - предварительно оцененные запасы и прогнозные ресурсы перспективных объектов; $k_1 k_2 k_3$ - коэффициенты подтверж-

даемости количества прогнозных объектов (с прогнозными ресурсами) на стадиях ГРР; t - период от начала геологоразведочных работ до начала эксплуатации месторождения; q - фактическое или прогнозируемое ежегодное погашение запасов на действующем месторождении (ПСР) в рамках ГПЗ и т.п.

На второй стадии, сообразуясь с перспективностью металлогенических провинций, структурно-металлогенических зон, рудных районов и т.п., определяются перспективные площади, на которых в результате геологоразведочных работ соответствующих стадий возможна реализация прогнозных ресурсов в необходимых объемах. При этом во внимание могут приниматься прогнозные участки и площади с неутвержденными на федеральном уровне прогнозными ресурсами, но рекомендованными экспертами к включению в Федеральную и территориальные программы воспроизводства МСБ. Важное значение имеют сведения о ценных попутных компонентах, эффективное извлечение которых из руд прогнозируемых месторождений может стать определяющим фактором в установлении приоритетов.

Результаты

В результате выполненных исследований подготовлено методическое обоснование геолого-экономического зонирования территории Республики Саха (Якутия) и оценки стоимости затрат на геологоразведочные работы, выполнен перевод прогнозных ресурсов в разведанные запасы с учетом основных геолого-промышленных типов месторождений, осуществлен расчет минерально-сырьевого потенциала запасов и прогнозных ресурсов основных видов полезных ископаемых Республики Саха (Якутия), проведена актуализация табличных и графических данных для подготовки обновленной геолого-экономической карты Республики Саха (Якутия).

Инвестиционный потенциал освоения минерально-сырьевой базы основных полезных ископаемых республики на ближайшие 8-10 лет оценивается в размере 11,7 млрд долл. США. В структуре инвестиционного потенциала освоения минерально-сырьевой базы республики преобладают углеводородное сырье (54%), алмазы (30%), золото, серебро, полиметаллы (6%), уголь (5%). В

административно-территориальном отношении наиболее высокий потенциал имеют Ленский, Мирнинский, Алданский, Вилюйский, Сунтарский, Оленекский, Томпонский, Усть-Янский, Оймяконский, Нюрбинский, Верхоянский, Анабарский районы и территория, подчиненная г. Нерюнгри.

Обсуждение

Объемы геологоразведочных работ для воспроизводства МСБ могут устанавливаться, в свою очередь, также в несколько этапов (стадий). В общем случае объемы опережающих ГРП, обеспечивающих восполнение дефицита разведанных (активных) запасов в потребном количестве и к необходимому сроку, определяются исходя из известного на момент прогнозирования состояния предварительно оцененных запасов и прогнозных ресурсов $C_2 + P_1, P_2, P_3$.

На первой стадии необходимо рассчитать объем предварительно оцененных запасов и прогнозных ресурсов, который следует реализовать в процессе воспроизводства МСБ для восполнения дефицита активных запасов. Процедура начинается с анализа фонда прогнозных ресурсов на предмет оценки возможности создания на его базе адекватного фонда разведанных запасов. Для дальнейших расчетов необходимо, чтобы соотношения объектов для оценки и поисков предусматривались близкими к оптимальным соотношениям, теоретически полученным в работах А.И. Кривцова, А.Г. Харченкова, И.А. Неженского и других исследователей². Показатели следует корректировать с учетом соотношений, которые сложились в регионах с наиболее успешными результатами ГРП на аналогичные виды полезных ископаемых за прошлые годы.

В зависимости от источников восполнения дефицита разведанных (активных) запасов величина дефицита может корректироваться по фактическому или ожидаемому погашению на конкретных месторождениях, горнодобывающих предприятиях, в горнопромышленных зонах, субъектах РФ и федеральных округах на тот период, в течение которого будет производиться подготовка разведанных запасов, восполняющих дефицит. Этот период согласно расчетам может длиться от 1 года до 10 лет:

♦ разведка, в процессе которой запасы C_2 будут переведены в запасы более высоких категорий, осуществляется в течение 1-2 лет;

♦ реализация запасов промышленных категорий на объектах с ресурсами категории P_1 потребует порядка 2-5 лет;

♦ то же на объектах с ресурсами P_2 потребует не менее 5 лет;

♦ то же в применении к прогнозным площадям с ресурсами P_3 осуществляется минимум 10 лет.

С учетом проектирования и строительства новых предприятий на выявленных и разведанных месторождениях сроки от начала геологоразведочных работ до начала разработки могут составить для прогнозных объектов с ресурсами P_1 около 5 лет, P_2 - 7 и P_3 - 10 лет.

Указанные сроки, безусловно, снижают инвестиционную активность по вложению средств в создание МСБ и, соответственно, предприятий минерально-сырьевого комплекса в новых, зачастую неосвоенных районах. Поэтому важнейшей задачей на ближайшую перспективу является развитие МСБ за счет прогнозных объектов (и их ресурсов) в районах действующих горнодобывающих предприятий (ПСО, ПСУ и т.п.).

В новых, а тем более неосвоенных районах интерес могут представлять месторождения остродефицитного сырья либо уникальные по запасам и качеству руд месторождения высоколиквидных или стратегических видов полезных ископаемых.

Необходимость в проведении ГРП по воспроизводству МСБ может возникнуть и при отсутствии "абсолютного" дефицита, но при существенном истощении "поискового задела" - объектов с прогнозными ресурсами $C_2 + P_1, P_1$ и P_2 . "Существенным" следует считать, по-видимому, такое истощение, когда поисковые и оценочные работы на объектах "истощенного поискового задела" априори не могут привести к локализации (к формированию в результате ГРП) месторождений, разведанные запасы которых способны в полной или существенной мере восполнить отработанные ресурсы.

Заключение

Подводя итоги, отметим, что предложенная модель восполнения дефицита запасов

МСБ на основе минерально-сырьевого потенциала позволяет выполнить технико-экономическое обоснование работ по воспроизводству МСБ, поэтапно раскрывает сущность проводимых работ и градацию выявляемых запасов и прогнозных ресурсов по уровню ликвидности. Практическая апробация модели выполнена на территории Республики Саха (Якутия).

Минерально-сырьевой потенциал Республики Саха (Якутия) при всех негативных тенденциях последних лет остается исключительно высоким и при гармоничном развитии может обеспечить потребности экономики региона и России в целом во многих видах полезных ископаемых. Основными проблемами минерально-сырьевого комплекса являются наращивание темпов и объемов промышленного освоения, воспроизводства МСБ, а также повышение степени переработки сырья и комплексности его использования. Важ-

нейшая задача - увеличение размеров инвестиций на проведение поисковых и геолого-разведочных работ.

¹ См.: Мелехин Е.С., Дудиков М.В. Правовые меры привлечения инвестиций в воспроизводство минерально-сырьевой базы страны // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2016. № 1-2. С. 80-82; Скрябин Р.А., Акифьева А.Д., Гиль В.А. Опыт государственной экспертизы подсчета запасов твердых полезных ископаемых и ТЭО кондиций, выполненных с использованием геостатистических методов // Разведка и охрана недр. 2016. № 8. С. 56-58.

² См.: Вещественно-стоимостные закономерности развития и освоения минерально-сырьевой базы в условиях глобального рынка / И.А. Неженский [и др.] // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2014. № 6. С. 34-41; Заверткин В.Л., Харченко А.Г. Российские недра и оценка их стоимости (к вопросу о методике оценки) // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 1996. № 2. С. 39-41.

Поступила в редакцию 25.12.2017 г.

ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF RAW-MATERIALS RESERVE REPLACEMENT ON THE BASIS OF RAW-MATERIALS POTENTIAL*

© 2018 V.S. Dadykin**

The basic model of raw-materials reserve replacement is the dynamics of utilization and development of the mineral resource base determined by the interaction of the extractive industry, which reduces known reserves, and geological exploration revealing new deposits. The consumption of minerals forms the demand for their extraction, which is ensured by the repayment of the equivalent mass of reserves. The balance in the system "consumption - production" is determined by a direct and rather severe impact of economic factors. Excess of production over consumption causes, as a rule, a fall in prices for mineral products and leads to a reduction in production (primarily in low-margin fields). Mining under all conditions depletes the mineral and raw materials base and thereby creates a demand for its reproduction, which is satisfied by geological exploration. They provide an increase in industrial reserves from previously identified low-grade reserves (exploration). The preparation of facilities for exploration is carried out through general search and assessment of reserves and forecast resources.

Keywords: geological and economic monitoring, raw-materials potential, mining zone, geological exploration, industrial and raw-materials unit, industrial and raw-materials object.

Highlights:

- ◆ with the aim of eliminating the existing imbalance in the growth of stocks and their consumption, it is necessary to develop the economic-mathematical model designed to estimate the level of reserves reproduction;
- ◆ subsoil use objects - it is advisable to classify potential sources of raw-materials reserve replacement according to the level of liquidity, i. e. opportunities to be operationally involved in the sectors of the national economy;
- ◆ the most important task for the near future is to develop the mineral resource base (SME) at the expense of forecasted facilities (and their resources) in the areas of existing mining enterprises.

Received for publication on 25.12.2017

* This work was supported by a grant from the President of the Russian Federation to young scientists (МК-1522.2018.5).

** Valery S. Dadykin, Candidate of Economics, Associate Professor, Bryansk State Technical University.
E-mail: Dadykin88@bk.ru.