

УДК 338:622.34

**С.А. Батугин, С.М. Ткач, Н.С. Батугина**

**ПОГРЕШНОСТИ ОЦЕНКИ ЗАПАСОВ РУД  
И ПРИБЫЛИ ПРИ ИХ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ:  
ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, ПЕРСПЕКТИВА**

*Проведен ретроспективный анализ работ по вопросам практики разведки, эксплуатационного опробования и оценки запасов. Показано, что оптимальные значения эксплуатационной разведанности месторождений сложноструктурного строения не достигаются. Моделирование предельных относительных ошибок прибыли и подсчета запасов полезного компонента показало, что предельные ошибки прогноза прибыли всегда кратно выше ошибки оценки запасов, что ведет к осложнению ведения горных работ в выемочных единицах, невозможности эффективной реализации механизма эксплуатационных кондиций и большим экономическим потерям.*

*Ключевые слова: сложноструктурные месторождения, погрешность оценки запасов, прибыль, достоверность геологической информации, оптимальный уровень эксплуатационной разведанности, эффективность.*

---

**В** работах многих отечественных и зарубежных ученых с 50-х годов минувшего века и до настоящего времени отмечается актуальность проблемы повышения достоверности определения количества и качества руды при разведке, геолого-экономической оценке и разработке месторождений [1-20 и др.]. Практически все исследователи и практики понимают, что неполнота и неточность данных, используемых при оценке и разработке месторождений снижает возможный эффект освоения месторождения на величину, до настоящего времени не исследованную с необходимой полнотой. Методологические установки, цели и критерии разведки и оценки месторождений за столетнюю историю неоднократно существенно менялись как под влиянием тенденций развития промышленности и минерально-сырьевого комплекса, так и глобальных и региональных изменений в политическом

устройстве стран и мира в целом, происходящих экономических кризисов и войн на планете.

Рамки статьи не позволяют подробно коснуться ретроспективного анализа этой проблемы. Поэтому кратко остановимся на исторически сложившейся в СССР и застоявшейся до сих пор институциональной практике разведки и оценки запасов, трансформации целевых установок в подсистемах единой сложной системы «поиск – разведка – добыча – обогащение – металлургический передел – конечные продукты – их реализация, эффекты».

Впервые вопросы оценки месторождений были подняты в золотодобывающей промышленности, что, по мнению В.В. Померанцева, объяснялось высокой ценностью золота и крайне неоднородным полем содержания золота в эксплуатируемых россыпных месторождениях: «так возникла задача по определению промышлен-

ленных запасов золота и промышленного значения россыпи или коренного месторождения» [1, с. 4]. В дореволюционной России, в соответствии с предложенным определением в 1908 г. Л.Ф. Грауманом промышленных запасов и поддержкой многими работниками золотоплатиновой промышленности (А.П. Кузнецов и др.), был принят основной показатель, определяющий промышленное значение месторождения в условиях частновладельческого хозяйства – выгода [1, с. 4].

После Октябрьской революции, вместе с развитием новых форм народного хозяйства, естественно, произошел пересмотр и принципов оценки месторождений. По С.П. Подьяконову, в основу работы государственных предприятий должно быть положено требование максимального извлечения металла при безубыточности всего производства. По Н.И. Трушкову, в условиях СССР приходилось считаться с необходимостью обеспечить государство своими металлами, чтобы не быть в зависимости от иностранного рынка. Точное определение ценности рудного месторождения или предприятия невозможно вследствие многочисленных влияющих факторов. Оценку необходимо выражать в некоторых пределах. Большое значение для оценки имеют правильно установленные геологические, горнотехнические и технологические показатели (по [1, с. 4-5]).

Обратим внимание на коренное изменение критерия в недропользовании до и после революции 1917 г.: от выгоды к необходимости обеспечения государства своими металлами. В дальнейшем эта необходимость стала одним из ведущих факторов, определившим политику в развитии минерально-сырьевого комплекса страны.

В 1934 г. вышел сборник «Принципы оценки месторождений полез-

ных ископаемых СССР». Авторы статей (Б.Н. Пытлярский, Н.Е. Спектор, Ф.Н. Чайковский) выделили три группы факторов, влияющих на оценку месторождений: 1) директивы партии и правительства и потребность в данном полезном ископаемом; 2) значение сырья для обороны, импорта и экспорта; 3) стоимость разведки, добычи, обогащения, условия организации производства (масштаб, условия размещения, транспорт, места потребления, возможности комбинирования и т.д. (по [1, с. 5])).

Потребность народного хозяйства в данном металле (металлах) стала необходимым условием для осуществления капитальных вложений в освоение месторождений. А экономический эффект капитальных вложений в народнохозяйственном масштабе измерялся отношением прироста объема национального дохода к объему, обеспечивающих этот прирост, капитальных вложений. При ориентировочных оценках месторождений расходы на разведку определялись по удельным затратам на тонну разведываемых руд и металлов по данным Министерства геологии и охраны недр СССР [1, 2 и др.].

Состоявшиеся в научной литературе обсуждения и дискуссии по проблеме повышения эффективности геологоразведочных работ и смежным проблемам в 60-е и 70-е годы с участием представителей научных институтов (ИГД АН СССР, ВИМС, ВИ-ЭМС, ИПКОН АН СССР, ЦЭМИ и др.), вузов (ЛГИ, МГИ, СГИ, МГРИ и др.), проектных институтов (Гипроруда, Гиредмет, Гипроцветмет, Гипроникель, Цветметпроект, Гипрозолото позднее Цветметпроект, ВАМИ и др.), ГКЗ СССР и соответствующих министерств и производственных организаций явились практически ответом на запросы народного хозяйства,

в частности, промышленного производства и минерально-сырьевого комплекса: (за период с 1960 по 1985 г. основные фонды увеличилась в 7 раз, национальный доход вырос почти в 4 раза, промышленное производство – в 5 раз; добыча нефти (включая газовый конденсат), природного газа, выплавка стали, производство минеральных удобрений, выпуск цемента возросли по отношению к США, соответственно, с 43, 12, 71, 43 и 81% до 136, 116, 191, 158 и 170%).

Вместе с тем, в 70-е и начале 80-х годов наряду с достижениями, советская экономика утратила должный динамизм (снизились темпы роста производительности труда, ухудшилось использование основных производственных фондов и материальных ресурсов, образовался разрыв между общественными потребностями и достигнутым уровнем производства, оказался невыполненным ряд задач по развитию экономики). На развитие народного хозяйства оказали влияние отсутствие целостного экономического механизма, адекватного уровню развития научно-технического прогресса и многое другое, а в числе объективных факторов указывались, в частности, усложнение природно-геологических условий добычи важнейших сырьевых ресурсов, удорожание и снижение темпов их прироста.

За советский период геологи открыли и разведали десятки тысяч месторождений и страна заняла ведущее место в мире по разведанным запасам и прогнозным ресурсам недр. В то же время с 60-х годов остаются дискуссионными важнейшие проблемы повышения эффективности геологоразведочных работ (ГРР) и освоения месторождений, отраженные в многочисленных работах экономистов, геологов и горняков. Мы обратим внимание только на один аспект этой дис-

куссии, который в рыночных условиях приобрел особую актуальность для развития науки и практики современного недропользования в России.

Вопрос касается рационального взаимодействия подсистем разведки и разработки месторождений в ныне весьма сложной динамической системе «георесурс – его технологическое преобразование в конечные продукты и ресурсы – их реализация, интегральный эффект».

Известно, что с древности и до XVI века все операции разведки, добычи, обогащения и переработки руд выполнялись в едином цикле в основном с применением ручного труда [3], что было отмечено, например, в монографии под редакцией В.И. Ревничева [4, с. 5]. Позднее с развитием промышленного производства, усложнения системы освоения месторождений произошла дифференциация разведочных, горных работ и первичной обработки руд.

В соответствии с рекомендациями Госплана СССР по использованию при расчетах народнохозяйственной эффективности ГРР в ВИЭМС (1969 г.) был разработан показатель стоимостной отдачи затрат (СОЗ) на ГРР [5], определяемый как выпуск товарной продукции в стоимостном выражении на единицу приведенных затрат на разведку. В работе В.Г. Бушинского и Т.М. Климова 1973 г. отмечается, что «У нас понятие «оптимальные затраты на ГРР» пока формируются в общих чертах» [6, с. 24]. По В.Г. Бушинскому (журнал Геология и разведка. – 1966. - №12) основным принципом оптимизации является необходимость достижения максимальной эффективности затрат на все процессы от поиска до продуктов с их реализацией и создания целесообразного резерва запасов. Для этой формулировки нужна конкретная

форма связи между затратами на разведку и эксплуатацию. Практически аналогичное мнение относительно оптимального варианта эксплуатационной разведочной сети изложено в статье 1968 г. В.А. Коурова, В.Н. Ростовцева, А.Д. Меньшикова [7].

Изучив организацию и экономику ГРП за рубежом А.Р. Сушон в своей книге [8] (1973 г.) подчеркнул ряд особенностей и отличий состояния в этой отрасли в СССР, среди которых в частности, отметим здесь следующие:

- детальная разведка проводится добывающими компаниями в ходе проектирования и строительства для ускорения ввода предприятия после выявления месторождения. В результате сроки от выявления до разработки сократились кратно (до 4-8 лет) – с. 67;

- к началу разработки большие объемы горных работ и бурения позволяют детально изучить горно-геологические факторы и часть запасов переводится в категорию достоверных – с. 75. Главное здесь в разведке: доказать, что месторождение содержит запасы для рентабельной разработки на первые 3-4 года. В результате сокращаются затраты и разработку ведут с использованием разведочных выработок;

- разведочные работы корректируются так, чтобы повысить точность не всех оценочных параметров вообще, а тех критических, которые оказывают наибольшее влияние на будущую прибыльность предприятия – с. 113.

При разработке конкретных путей повышения экономической эффективности освоения месторождений А.Р. Сушон и другие рекомендовали учитывать и использовать опыт зарубежной науки и практики в этом плане.

В 1985 г. под эгидой АН СССР, Государственного комитета СССР по науке и технике и Всесоюзного науч-

но-исследовательского института системных исследований вышла книга Л. Капольи «Системный и функциональный анализ использования минеральных ресурсов», где в частности, отмечается: «Для правильной оценки производственных процессов, связанных с использованием минерального сырья, целесообразно использование такого подхода, при котором разведка, добыча, переработка в конечный продукт, а также использование минерального сырья рассматриваются в рамках единой системы» [10, с. 19]. Убедительное обоснование необходимости системного анализа горного производства дано Н.Н. Мельниковым и Н.Н. Чаплыгиным во введении и первой главе книги (1991 г.) «Системный анализ развития горнодобывающих предприятий: проблемы теории и методологии». Их утверждение: «В последние два-три десятилетия вследствие интенсивного роста объемов добычи полезных ископаемых в стране значительно повысилась сложность принятия решений по управлению (в широком смысле) горным производством на всех уровнях, при этом, что особенно важно, рост сложности опережает развитие инженерных знаний традиционного содержания. Все большее значение в принятии решений приобретает учет системного характера функционирования горнодобывающих предприятий ...» [11, с. 6], остается методологически важным и в настоящее время, приобретая все новые широту и актуальность.

С этих позиций в 2001 г. Н.Н. Мельников и В.М. Бусырев, рассматривая особенности минерально-сырьевой базы как объекта освоения с учетом новых экономических условий, определили круг первоочередных вопросов, от решения которых зависит обеспечение на практике ра-

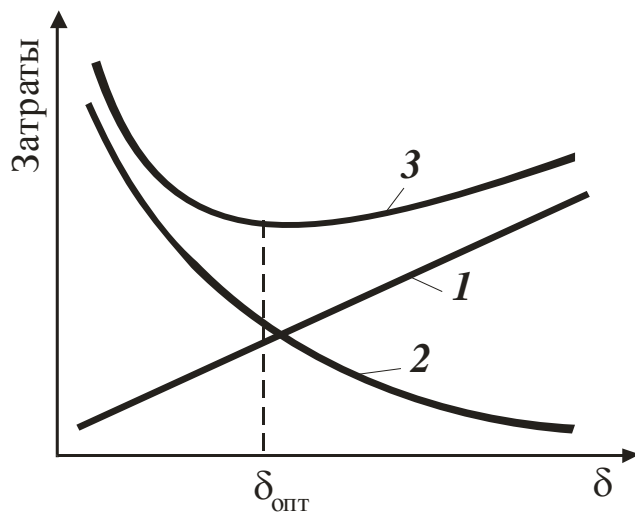
циональной разработки полезных ископаемых [12]. В этой работе изложен метод установления для горных предприятий платы за недра, впервые базирующийся на определении реальной стоимости использованных запасов полезных ископаемых; предложен принцип определения и учета изменений технико-экономических показателей разработки месторождений отдельно по компонентам минерального сырья и стадиям производства, на основе которого построен метод экономической оценки технологий разработки и принятия правильных технических решений с учетом достоверности геологоразведочных данных об отрабатываемых запасах минерального сырья [12].

При рассмотрении вопроса учета затрат на разведку и затрат при эксплуатации месторождений (включая непроизводительных, дополнительных и бросовых, связанных с неполнотой, неточностью, неопределенностью разведочных работ) авторы обращаются к известной графической схеме (методике), изображенной на рис. 1 (Коуров В.А., Ростовцев В.Н., Меньшиков А.Д. (1968 г.), Мельников Н.Н., Бусырев В.М., (2001 г.), Порохов Г.С. (2004 г.), Ткач С.М. (2006 г.), Попов В.Н., Абрамян Г.Ф. (2009 г.) и др.).

Опробование принципа соизмерения затрат на разведку и экономического ущерба, вызванного неполнотой, неопределенностью, погрешностями оценки полного спектра параметров геологического поля на горных предприятиях (по В.Н. Попову и Г.Ф. Абрамян [13]) КОО «Монголросцветмет», СП «Эрданэт», ОАО «Севералбокситруда» ... показало, что в 72% случаев показатель изученности был недостаточным. Важные и крайне интересные данные по изменению фактических затрат на экс-

плуатационную разведку и разработку мусковитовых месторождений Северной Карелии в зависимости от плотности разведочной сети приведены в книге Н.Н. Мельникова и В.М. Бусырева с иллюстрацией рисунка [12, с. 54]. Отмечается, что затраты на геологоразведочные работы на этих месторождениях могут достигать до 30-50% от затрат на добычу. При этом максимальная плотность разведочной сети эксплуатационной разведки не превышала одно разведочное пересечение на  $100 \text{ м}^2$ , а минимальная –  $600 \text{ м}^2$  (на приведенном рис. в [12, с. 54] и в [14, с. 75]). Поэтому, кривые затрат на разведку и разработку отражают только начальные тенденции их изменения и обрываются в интервале, где затраты на ГРП составляют 30-50% затрат на добычу по-видимому, не достигая оптимума (рис. 1).

Анализ достоверности геологоразведочной информации о запасах месторождений сложного геологического строения на основе сравнения результатов эксплуатационной разведки и очистной выемки по 127 очистным блокам, результаты которого приведены в [14], свидетельствует, что размещение слюды, ее содержание и качественный состав окончательно проявляются только в ходе очистной выемки рудных тел. Например, относительная ошибка определения содержания слюды линейно растет при изменении площади рудного тела на одно разведочное пересечение от  $600$  до  $2100 \text{ м}^2$  с 10 до 40% [14, с. 81]. Подобная ситуация выявлена и детально проанализирована в работе М.А. Яковлева, Н.А. Жукова, Н.В. Дронова, Г.Т. Булгакова [15]. Их коллективом впервые рассмотрены вопросы системного подхода к целенаправленному поиску наиболее эффективных технологических решений при разработке месторождений с не-



**Методика определения оптимального уровня разведанности:** 1 — расходы на разведку; 2 — затраты и потери при добыче и переработке руды; 3 — сумма: затрат + потери + ущербы прочие

за рубежом и, в частности, методы оптимизации параметров эксплуатационной разведки [16].

Для нашего исследования представляются важными ряд следующих выводов в этой части приведенной работы:

равномерным орудением и показано, что опережающая и сопровождающая эксплуатационная разведка является одной из важнейших стадий разработки и должна устанавливать и поэтапно уточнять параметры орудения и другие важнейшие условия разработки на всех этапах эксплуатации вплоть до очистной выемки. И это относится к месторождениям ртутным, сурьмяным, редких металлов, золоторудным, полиметаллическим и др.

Недооценка этого обстоятельства среди исследователей и недропользователей имеет место до настоящего времени, хотя уже впервые 90-е годы такое положение стало нетерпимым, что отразилось в многочисленных публикациях практически во всех российских журналах горно-геологического профиля и ряде крупных монографий. Одной из первых работ такого рода явилась монография известного коллектива специалистов под редакцией В.П. Неганова, в которой обобщены и взаимосвязаны результаты научных исследований и опыта в области совершенствования технологий горных работ на золоторудных месторождениях в России и

- из промышленного контура, утвержденного ГКЗ бывшего СССР, как правило, недоизвлекается 10-50% запасов металла, которого там просто нет. В то же время из контурного пространства добывается примерно такое же количество золота. Создается эффект так называемого «ложного благополучия», затрудняющий объективную оценку достоверности разведки (с. 63);

- за рубежом не существует четкого выделения стадии «эксплуатационной разведки». Все работы, направленные на эффективную отработку месторождения, на контроль за качеством добываемой руды, относятся к промышленной геологии и являются неотъемлемой частью добычных работ (с. 64);

- на каждом месторождении вопросы эффективного проведения эксплуатационной разведки могут быть решены только в зависимости от конкретных условий и ее оптимальные параметры и объемы определяются экономическими последствиями: максимизацией прибыли от разработки объекта за весь период (с. 62). Передовые предприятия редкометальной, химической,

урановой и золотодобывающей промышленности мира отличались в прошлом и в настоящее время именно такой организацией разработки месторождений.

Приведенные в книге примеры выбора и реализации рационального варианта эксплуатационной разведки (карьер «Украинский» рудника «Марджанбулак», карьер «Макмал», рудник «Холбинский») всегда приводили к повышению прибыли, что свидетельствует о недостижении в распространенной практике разведки и эксплуатационного опробования оптимальных значений разведанности месторождений сложноструктурного строения.

Таким образом, за последние десятилетия в мировой теории и практике освоения рудных и россыпных месторождений накопились разнообразные многочисленные аргументы в пользу обобщенного заключения В.П. Орлова и Ю.В. Немерюк: «Не разработанность методики системной оценки роли природных факторов в текущей и интегральной эффективности воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы продолжает быть препятствием в совершенствовании систем недропользования» [17, с. 12-20].

В этой статье авторы делают попытку выяснить особенности и закономерности роли природных факторов и геотехнологических решений на эффективность воспроизводства и использования георесурсов рудного месторождения через оценку и управление погрешностью запасов руд и прибыли при их добыче и переработке. При этом, вначале используется формальный и приближенный способ теории ошибок, а затем рассматриваются существенные дополнения, корректировки и результаты синтеза двух подходов.

Ожидаемую, расчетную, плановую прибыль от отработки участка рудного тела (суточной, недельной, месячной и т.п. добычи) можно представить в виде функции

$$\Pi = sm\gamma CJ(1-P)(1-R)(C-3)(1-W) \quad (1)$$

10-ти аргументов (площади горизонтальной проекции контура отработки ( $s$ ); средней вертикальной мощности залежи в этом контуре ( $m$ ); плотности руды ( $\gamma$ ); среднего содержания полезного компонента ( $C$ ); коэффициента извлечения полезного компонента при переработке руды ( $J$ ); потерь руды в недрах при добыче ( $P$ ); разубоживания руды ( $R$ ); вероятности нахождения системы в неисправном состоянии ( $W$ ) (интегральный показатель, учитывающий аварийные ситуации в системе по всем основным причинам); цены единицы конечного продукта ( $L$ ) и совокупных затрат на единицу конечного продукта ( $3$ )) [18].

Многочисленный опыт недропользования свидетельствует, что все переменные в формуле (1) при расчетах точно не известны и при известных предельных абсолютных ошибках переменных  $\Delta_i$  ( $i$  – порядковый номер переменной в формуле) предельная абсолютная ошибка прибыли  $\Delta\Pi_{пред}$  может быть приближенно определена стандартным способом [19, с. 132].

Показано, что предельная абсолютная погрешность прибыли  $\Delta\Pi_{пред}$ , равна:

$$\Delta\Pi_{пред} = \Pi \sum_{i=1}^{10} \Delta_i |K_i|, \quad (2)$$

где первые коэффициенты ( $K_1, K_2 \dots K_5$ ) равны единице, а последующие пять коэффициентов равны:

$$K_6 = \frac{P}{(1-P)}, K_7 = \frac{R}{(1-R)}, K_8 = \frac{W}{(1-W)},$$

$$K_9 = \frac{1}{(1-L)}, K_{10} = \frac{L}{(1-L)} \text{ и } L = \frac{3}{C}.$$

Отсюда предельная относительная погрешность прибыли  $\delta_n$  равна<sup>1</sup>:

$$\delta_n = \frac{\Delta\Pi_{пред}}{\Pi} = \sum_{i=1}^{10} \Delta_i K_i. \quad (3)$$

Заметим, что произведение первых четырех сомножителей в формуле (1) равно запасам металла в рассматриваемой части рудного тела

$$q = sm\gamma C. \quad (4)$$

Поэтому, соответствующие формулы для предельных погрешностей запаса металла запишутся в виде:

- предельная абсолютная погрешность

$$\Delta q_{пред} = q \sum_{i=1}^4 \Delta_i K_i = q \sum_{i=1}^4 \Delta_i; \quad (5)$$

- предельная относительная погрешность

$$\delta_q = \frac{\Delta q_{пред}}{q} = \sum_{i=1}^4 \Delta_i. \quad (6)$$

Для моделирования предельных относительных ошибок прибыли ( $\delta_n$ ) и подсчета запасов полезного компонента ( $\delta_q$ ), а также их отношений была собрана информация об ошибках факторов (переменных), входящие в формулу (6), по многочисленным, в дополнение к уже упомянутым в списке литературы и тексте, источникам (П.А. Рыжов, В.М. Гудков, В.И. Кузьмин, Э. Карлье, Г.И. Вилесов, В.Г. Соловьев, Д.А. Казаковский, В.И. Букринский, В.Н. Попов, Б.К. Кавчик, С.А. Денисов, Н.В. Дронов, В.В. Ершов, С.Г. Желнин, А.Б. Каждан, В.З. Козин, В.А. Филонюк, В.З. Пашенков, Ю.Т. Усиков, В.В. Чемезов, Е.Д. Черный, Л.И. Четвериков и др.), определены пределы их изменения на месторождениях разных групп сложности геологического строения и выбраны значения предельных отно-

сительных ошибок в трех градациях (минимальные, средние и максимальные) для моделирования возможного механизма формирования ошибок при подсчете запасов и прогнозе прибыли.

Значения предельных относительных погрешностей факторов, входящих в формулу (1), при моделировании варьировались в первой, второй и третьей градациях в пределах 0,05-0,20; 0,10-0,40; 0,20-0,60, соответственно, за исключением факторов  $W$ ,  $L$  и  $Z$ , для которых значения средних и максимальных предельных относительных погрешностей не превышали, соответственно, 0,20 и 0,40.

Отметим здесь только основной результат по данным проведенного моделирования:

- отношение предельной относительной погрешности прогноза прибыли  $\delta_n$  к относительной предельной погрешности подсчета запасов полезного компонента  $\delta_q$  при минимальных, средних и максимальных значениях предельных относительных погрешностях факторов равно в среднем, соответственно, 1,6; 2,3 и 5,0, т.е. предельные ошибки прогноза прибыли от отработки выемочной единицы практически всегда кратно выше ошибки оценки запасов и в 10-15 раз выше, чем ошибки в значениях отдельных факторов в (1). При наличии нескольких действующих очистных забоев технико-экономические показатели их совместной работы усредняются тем больше, чем больше действующих выемочных единиц и продолжительней временной интервал усреднения.

При таком уровне достоверности опережающего эксплуатационного опробования и качественного изучения горно-геологических характеристик и условий разработки выемочных единиц не могут быть выбраны

<sup>1</sup> Здесь и далее под  $K_i$  имеется ввиду модуль  $|K_i|$



обоснованные системы разработки, наиболее эффективные по конкурирующим технико-технологическим, экологическим, безопасным и экономическим показателям. А это приводит к неожиданным, «внезапным» осложнениям ведения горных работ. Обойти эти трудности имеется только два варианта. В первом случае обработка запасов сопровождается повышенными затратами, снижением производительности труда и качества извлекаемой горной массы и, как следствие, падением прибыли и повышением опасности на этом участке работ. Во втором варианте происходит обоснованное или необоснованное списание запасов выявленного горными работами участка «внезапного» усложнения геологических условий в контуре балансовых запасов.

В любом случае имеют место интегральные экономические потери для государства, недропользователя и социально-экономического развития региона ввиду масштабных явлений та-

кого рода. Ущерб еще увеличивается в связи с тем, что при таком состоянии теории и практики опережающего и сопровождающего эксплуатационного опробования и опережающего геологического изучения недр не может эффективно функционировать и механизм динамических во времени и дифференцированных в пространстве месторождения эксплуатационных кондиций.

Данная проблема обозначена ФГУ «ГКЗ» и обсуждается в последние годы на страницах журнала «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление» (№№ 4 и 6, 2007 г.; №4, 2009 г.), и мы солидарны с авторами этих работ в том, что разработка соответствующего нормативно-методического обеспечения в рамках научно-исследовательских работ Минприроды России с привлечением к этой работе экспертов и компетентных лиц обеспечит возможность ее разрешения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Померанцев, В.В. Оценка рудных месторождений цветных и черных металлов / В.В. Померанцев. – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу, 1961. – 199 с.
2. Гатов Т.А. Технико-экономическое обоснование уровня минимального содержания цветных металлов в руде / Т.А. Гатов. – М.: Недра, 1967. – 155 с.
3. Агрикола Г. О горном деле и металлургии: в двенадцати книгах (главах) / Г. Агрикола; под ред. С.В. Шухардина. – 2-е изд. – М.: Недра, 1986. – 294 с.
4. Ревнивцев В.И. Подготовка минерального сырья к обогащению и переработке / В.И. Ревнивцев, Е.И. Азбель, Е.Г. Баранов. – М.: Недра, 1987. – 307 с.
5. Косов Б.М. Показатель стоимостной отдачи затрат на геологоразведочные работы / Б.М. Косов, С.Я. Каганович // Разведка и охрана недр. – 1970. – №3. – С. 35-37.
6. Бушинский В.Г. Общий принцип определения оптимальных отраслевых затрат на геологоразведочные работы по цветным металлам / В.Г. Бушинский, Т.М. Климов // Пути повышения экономической эффективности геологоразведочных работ: сб. науч. тр. / ВИМС. – М., 1973. – С. 23-31.
7. Коуров В.А. Методика расчета оптимального варианта эксплуатационной разведочной сети при разработке залежей открытым способом / В.А. Коуров, В.Н. Ростовцев, А.Д. Меньшиков // Вопросы рационализации маркшейдерской службы на горных предприятиях Урала / Труды Свердловского горного института имени В.В. Вахрушева. Свердловск: Изд-во СГИ, 1968. – Вып. 56. – С. 80-85.
8. Сушон А.Р. Организация и экономика геологоразведочных работ за рубежом / А.Р. Сушон. – М.: Недра, 1979. – 173 с.
9. Викентьев И.А. Экспертиза подсчетов запасов рудных месторождений /

И.А. Викентьев, И.А. Карпенко, М.В. Шумилин. – М.: Недра, 1988. – 199 с.

10. Каполюи Л. Системный и функциональный анализ использования минеральных ресурсов / Л. Каполюи. – М.: Наука, 1985. – 200 с.

11. Системный анализ развития горнодобывающих предприятий (проблемы теории и методологии) / Горный ин-т. Кольский научный центр АН СССР. – Л.: Наука, 1991. – 183 с.

12. Мельников Н.Н. Экономические аспекты освоения месторождений / Н.Н. Мельников, В.М. Бусырев. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. – 156 с.

13. Попов В.Н. О показателе изученности поля месторождения / В.Н. Попов, Г.Ф. Абромян // Горный журнал. – 2009. – №1. – С. 52-53.

14. Мельников Н.Н. Ресурсобалансированное недропользование: теория и методы / Н.Н. Мельников, В.М. Бусырев. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2007. – 110 с.

15. Яковлев М.А. Выбор систем разработки для месторождений с неравномерным оруденением / М.А. Яковлев, Н.А. Жуков, Н.В. Дронов, Г.Т. Булгаков. – Фрунзе: Изд-во «Илим», 1978. – 116 с.

16. Неганов В.П. Технология разработки золоторудных месторождений / В.П. Неганов, В.И. Коваленко, Б.М. Зайцев и др.; под. ред. В.П. Неганова. – М.: Недра, 1995. – 336 с.

17. Орлов В.П. О роли природных факторов в оценке эффективности недропользования / В.П. Орлов, Ю.В. Немерюк // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2003. – №5-6. – С. 12-20.

18. Батугина Н.С. Обоснование системы мер горных предприятий в условиях изменения цен на минеральное сырье / И.Д. Джемакулова, С.М. Ткач, В.М. Федоров // Проблемы и перспективы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых криолитозоны: труды международной научно-практической конференции (г. Якутск, 14-17 июня 2005 г.). Том. 3. – Якутск, 2005. – С. 195-201. гл.5.

19. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев; Изд. 13-е, испр. – М.: Наука: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.

Батугин, С.А. Закономерности развития горного дела / С.А. Батугин, В.Л. Яковлев. – Якутск: ЯНЦ СО РАН. – 1992. – 116 с.

■ ■ ■ ■ ■

### Коротко об авторах

Батугин С.А. – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов ИГДС СО РАН, s.a.batugin@igds.ysn.ru

Ткач С.М. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ученый секретарь Института горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН, e-mail: tkach@igds.ysn.ru

Батугина Н.С. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории Проблем рационального освоения минерально-сырьевых ресурсов ИГДС СО РАН, batuginan@igds.ysn.ru

