

# НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ЗАПАСАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



**Н. Н. Мельников,**  
директор института,  
академик РАН  
Горный институт КНЦ РАН

**Правильное решение практических задач недропользования во многом зависит от достоверности информации о геологическом строении месторождений. Изменчивость геологических параметров обусловлена природными факторами и не может быть устранена, поэтому для принятия обоснованных инженерных решений при эксплуатации месторождений необходимо изучение и выяснение достоверности геологических данных, в первую очередь о содержании полезного компонента в недрах.**



**В. М. Бусырев,** ведущий  
научный сотрудник,  
проф., д-р техн. наук  
Горный институт КНЦ РАН

В числе причин расхождения геологоразведочных данных о запасах с результатами эксплуатационных работ могут быть в некоторых случаях, как справедливо отмечается специалистами [4], несовершенство

методов и ошибки производственного учета потерь полезного ископаемого в недрах и разубоживания добытой руды на горных предприятиях.

На месторождениях сложного геологического строения главной причиной неопределенности геологической информации, полученной в ходе всех стадий поисковых и геологоразведочных работ, включая детальную и эксплуатационную разведку, остается природная изменчивость геологических параметров. Для таких месторождений свойственно непостоянство формы, размеров, ориентации рудных тел, распределения в них полезного компонента. Характерным примером месторождений такого типа являются все известные в России месторождения слюды (Кольского региона, Северной Карелии, Восточной Сибири).

По морфологическим признакам на этих месторождениях выделяются жильные тела правильной и осложненной апофизами пластообразной и линзообразной форм, столбовидные тела, залежи правильной формы и сложной с многочисленными апофизами, с четкими и нечеткими контактами с вмещающими породами. Длина рудных тел по простиранию и падению изменяется от десятков до нескольких сотен метров, мощность – от нескольких до 100–150 м и более. Падение рудных тел в основном крутое, встречаются наклонное и пологое. Содержание мусковита на разных участках рудных тел может изменяться в пределах от 10–15 до 150–200 кг/м<sup>3</sup>, а флогопита – от 30–50 до 300–800 кг/м<sup>3</sup> и более.

Для слюдяных месторождений, особенно флогопита, характерны резкие переходы от участков с высокой концентрацией полезного компонента в жильной массе к участкам с низким его содержанием и к бесплюдным зонам. Непредсказуемое распределение полезного компонента является главной причиной ошибок при подсчете его запасов. В этом

**К** особенностям минерально-сырьевой базы как объекта использования относится изменчивость значений геологических параметров, в разной степени присущая всем месторождениям [1–3]. По этой причине правильное решение практических задач недропользования во многом зависит от достоверности информации о геологическом строении месторождений.

Опыт эксплуатации месторождений свидетельствует, что информация, полученная в результате геологоразведочных работ, носит элемент некоторой неопределенности. В основном это связано с указанной выше природной изменчивостью геологических параметров, в меньшей степени – с ошибками при выполнении геологоразведочных работ.

отношении слюдяные месторождения не являются исключением. Изменчивость содержания как главный фактор, влияющий на достоверность результатов разведки, отмечена, в частности, для месторождений ртуть, сурьмы, висмута, золота, полиметаллов, меди [5, 6].

Рост затрат на геологоразведочные работы для увеличения плотности разведочной сети с целью повышения достоверности сведений о геологическом строении и запасах месторождений способствует принятию более обоснованных инженерных решений и снижению за счет этого затрат на эксплуатацию. Наличие такой связи обнаружено, в частности ( см. рисунок ), при сопоставлении затрат на разведку и разработку мусковитовых месторождений Северной Карелии [7]. При обнаружении таких связей появляется возможность найти экстремум – минимум затрат на разведку и разработку и соответствующую этому условию плотность разведочной сети, на которую можно ориентироваться при дальнейшем проведении геологоразведочных работ.

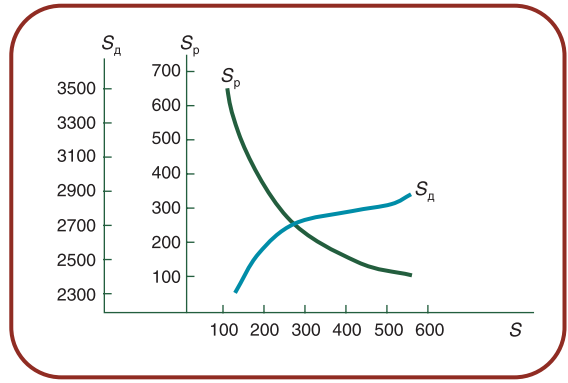
Опыт геологоразведочных работ на месторождениях различных полезных ископаемых свидетельствует о том, что увеличение плотности разведочной сети (и соответственно, затрат на разведку) не обеспечивает адекватного повышения достоверности сведений о параметрах подсчета запасов [1, 5–7]. На месторождениях, относящихся к наиболее сложным в геологическом отношении, например слюдяных, затраты на разведку могут достигать 30–50 % от затрат на эксплуатацию [7, 8], и в то же время запасы высших категорий разведанности (А + В) составляют менее

1 % (см. таблицу). Практика освоения месторождений слюды в России и за рубежом показывает, что стремление повысить достоверность подсчета запасов за счет увеличения плотности разведочной сети не всегда оказывается оправданным [5, 7, 9–11]. К такому же заключению приходят специалисты, изучающие геологическое строение сложных месторождений других полезных ископаемых [1–3, 5, 6].

Таким образом, приходится согласиться с тем, что при проектировании рудников и производстве эксплуатационных работ инженерные решения должны приниматься при некоторой неопределенности геологоразведочной информации о месторождении. В связи с этим во избежание грубых просчетов при принятии инженерных решений, в особенности при освоении месторождений сложного геологического строения, ключевым моментом становится численная оценка достоверности используемой геологоразведочной информации.

На горных предприятиях наибольшие трудности с выполнением производственного задания по выпуску необходимого количества товарной продукции требуемого качества возникают в случае неподтверждения содержания полезного компонента, завышенного при разведке. На практике при возникновении такой ситуации для обеспечения выпуска товарной продукции применяют различные способы.

Во-первых, увеличивают интен-



Изменение фактических затрат на эксплуатационную разведку и разработку мусковитовых месторождений Северной Карелии в зависимости от плотности разведочной сети:

S<sub>p</sub> – затраты на разведку, тыс. руб.; S<sub>d</sub> – затраты на разработку, тыс. руб.; S – площадь рудного тела на одно разведочное пересечение, м<sup>2</sup>

сивность отработки тех эксплуатируемых участков месторождения, на которых содержание полезного компонента оказалось на данное время высоким, и снижают темпы отработки участков с пониженным содержанием. Эта мера дает достаточно быстрый результат, но в дальнейшем еще более ухудшает ситуацию, поскольку среднее содержание в остающихся запасах на эксплуатируемых участках снижается в сравнении с исходным. Следовательно, эта мера может рассматриваться только как временная (авральная) и должна дополняться другими инженерными решениями.

Во-вторых, увеличивают объемы добычи руды на всех эксплуатируемых в данное время участках месторождения и за счет этого доводят количество полезного компонента в руде, поступающей на обогащение, до необходимого для выпуска товарной продукции. Способ не приводит к снижению содержания полезного компонента в остающихся запасах месторождения, но при этом увеличивается себестоимость товарной продукции, а его применение возможно только при наличии значительных резервов производственных мощностей горно-обогатительного комплекса.

В-третьих, создают буферные склады добытой руды при обогатительных фабриках.

На практике чаще всего применя-

Распределение запасов слюды и апатитовой руды по категориям разведанности, %

| Месторождения                                   | Категория запасов |     |                |                |                                     |
|---|-------------------|-----|----------------|----------------|-------------------------------------|
|   | А                 | В   | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | В + C <sub>1</sub> + C <sub>2</sub> |
| Мусковитовые:                                   |                   |     |                |                |                                     |
| Ёнское  | –                 | 0,5 | 51,7           | 47,8           | 100                                 |
| Риколатвинское                                  | –                 | 1,0 | 21,7           | 77,3           | 100                                 |
| Неблогорское                                    | –                 | 0   | 30,4           | 69,6           | 100                                 |
| Апатитовые:                                     |                   |     |                |                |                                     |
| Кукисвумчорр, Апатитовый Цирк, Плато Расвумчорр | 17                | 32  | 51             | –              | 100                                 |
| Коашва, Ньюрпахк                                | –                 | 36  | 64             | –              | 100                                 |

ют способ, который предусматривает создание и поддержание значительного резерва вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезного ископаемого. Это дает возможность при необходимости (в данном случае по причине неподтверждения содержания полезного компонента) оперативно распределить добычу по участкам месторождения с учетом уточнения содержания (фактического содержания) полезного компонента в недрах. При этом возможны небольшие изменения объемов добычи на руднике, не превышающие существующих производственных мощностей горно-обогатительного комплекса. Однако для данного способа характерны значительные объемы горнопроходческих работ, необходимость содержания большой сети выработок различного назначения, что вызывает рост себестоимости товарной продукции. Кроме того, создание крупных резервов подготовленных и готовых к выемке запасов непроизвольно создает условия для расширения фронта очистных работ и деконцентрации производства. Опыт прошлых лет дает немало свидетельств этому. Так, на слюдяных месторождениях Кольского полуострова, Северной Карелии, Восточной Сибири в эксплуатации одновременно находилось от 30 до 55 % рудных тел при численности их до нескольких сотен в каждом регионе [8, 12]. Деконцентрация горных работ во многих случаях приводила к консервации очистных блоков, в том числе и к списанию в последующем их запасов.

Как видно, неопределенность геологоразведочной информации о содержании полезного компонента в недрах вынуждает горные предприятия прибегать к мерам по стабилизации производства товарной продукции. В отсутствие количественных оценок достоверности определения геологических параметров при разведке сложных месторождений эти меры ведут к значительному увеличению объемов горных работ и затрат на их осуществление. Изменчивость

геологических параметров, будучи природным свойством сложных месторождений, не может быть устранена, поэтому для принятия обоснованных инженерных решений при эксплуатации месторождений необходимы изучение и установление достоверности геологических данных, в первую очередь о содержании полезного компонента в недрах.

Согласно действующей Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (1997 г.), как и ранее применявшейся (1981 г.), все месторождения подразделяются на четыре группы по сложности геологического строения\*. Отнесение месторождений к той или иной группе зависит только от природных факторов, и хотя последние влияют на достоверность определения геологических параметров, характеризовать каждую такую группу какими-то предельными значениями последней нереально, да в этом и нет явной необходимости.

Кроме того, согласно действующей Классификации, запасы месторождений также подразделяются на четыре группы (А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>) по степени их разведанности. В данном случае отнесение запасов (не месторождений!) к той или иной категории зависит от требований, предъявляемых к результатам геологоразведочных работ, которые для каждой группы месторождений имеют некоторые отличия. Основные требования к результатам геологоразведочных работ касаются изученности геологического строения, природных условий (горно-геологических, гидрогеологических) месторождений, вещественного состава и технологических свойств руд, а также условий оконтуривания рудных тел.

Кроме того, присвоение запасам той или иной категории разведанности зависит также от того, к какой группе месторождений (по сложности) относятся эти запасы, а именно: запасы, принадлежащие месторождениям 1-й группы (простого геологи-

ческого строения), могут быть отнесены в зависимости от выполненных требований к геологоразведочным работам, к категориям разведанности А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; запасы 2-й группы месторождений – к категориям разведанности В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; запасы 3-й группы месторождений – к категориям разведанности С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; запасы 4-й (наиболее сложной) группы месторождений – к категории разведанности С<sub>1</sub> (частично) и категории разведанности С<sub>2</sub> (в основном). Как следует из вышесказанного, достоверность геологических данных о запасах различных категорий зависит как от степени их разведанности, так и от сложности геологического строения месторождений.

Известны предложения о пределах допустимой погрешности определения запасов для различных категорий разведанности. Так, в проекте классификации, подготовленной под руководством академика В. А. Обручева, одобренном в 1939 г. Президиумом АН СССР, указывались следующие допустимые предельные погрешности количества запасов по категориям разведанности: А<sub>1</sub> – ±10 %, А<sub>2</sub> – ±20 %, В<sub>1</sub> – ±30 %, В<sub>2</sub> – ±50 % (погрешности для категорий С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> не указывались). В работе [2] предложены приблизительные величины допустимых погрешностей для категорий запасов: А – 15–20 %, В – 20–30 %, С<sub>1</sub> – 30–60 % и С<sub>2</sub> – 60–90 %.

При утверждении проекта классификации в 1941 г., так же как и всех последующих классификаций (1953, 1960, 1981, 1997 гг.), предельные допустимые погрешности запасов по категориям разведанности не были введены. Некоторые ведущие специалисты (В. М. Крейтер, З. Б. Алборов, Б. И. Беневольский и др.) считали и полагают сейчас, что отсутствие цифровых оценок достоверности по категориям разведанности запасов в официальных классификациях – крупный недостаток.

Действительно, для освоения минерально-сырьевой базы знания о достоверности подсчета запасов могли бы способствовать принятию

\* Утверждение Ю. В. Бубиса об отсутствии разделения месторождений на четыре группы по сложности геологического строения в действующей классификации ошибочно [13].

более правильных инженерных решений при проектировании рудников, совершенствовании технологии в ходе эксплуатации месторождений и, в итоге, повышению эффективности использования недр. Однако для достижения этих целей пределы изменения допустимых погрешностей подсчета запасов по каждой категории разведанности должны быть ограниченными. В противном случае, т. е. при широких пределах изменения допустимых погрешностей, теряется смысл их включения в классификацию, поскольку в этом случае возможны крупные просчеты при использовании погрешностей при решении инженерных задач для конкретного месторождения.

Введение в классификацию предельных допустимых погрешностей, особенно при условии ограничения пределов их изменения в каждой категории разведанности, потребует увеличения объемов геологоразведочных работ. Причина здесь заключается в том, что в классификации категории разведанности включают запасы месторождений разного геологического строения. Например, запасы категории разведанности  $C_1$  могут быть представлены месторождениями любого геологического строения от наиболее простой 1-й группы до наиболее сложной 4-й. «Выравнивание» предельных значений погрешностей в таких условиях вызовет резкое увеличение затрат на геологоразведочные работы. Неприемлемость роста затрат на разведку в этих случаях сравнительно с ожидаемыми результатами разведки отмечается многими специалистами.

Существует противоположное мнение о нецелесообразности установления допустимых погрешностей при подсчете запасов по категориям и принятия их в качестве нормативов в официальных классификациях запасов. Сторонники этого мнения высказывают в его поддержку ряд

доводов [14]. С этим мнением тем более следует согласиться, если подходить к геологическому изучению месторождений с позиций требований достижения желаемой достоверности подсчета запасов по каждой категории разведанности.

Соглашаясь с тем, что вводить в классификацию нормированные значения предельных допустимых погрешностей для запасов различных категорий разведанности нецелесообразно, следует вместе с тем признать полезным иметь данные о достоверности геологоразведочной информации о запасах по каждому месторождению, намечаемому к освоению и находящемуся в эксплуатации. Особенно это относится к месторождениям сложного геологического строения.

Ввиду неизбежности некоторой неопределенности геологоразведочной информации о параметрах подсчета запасов и необходимости ее учета при решении задач недропользования целесообразно рассмотреть вопросы о погрешностях, допускаемых при определении содержания полезного компонента в месторождениях, производственной мощности горного предприятия, а также о стоимости запасов эксплуатируемых месторождений.

#### Список литературы

1. Денисов М. Н. Фактор риска при разведке и освоении месторождений // Разведка и охрана недр. – 1993. – № 4. – С. 30–32.
2. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1969.
3. Геометризация месторождений полезных ископаемых / Под ред. В. А. Букринского, Ю. В. Коробченко. – М.: Недра, 1977.
4. Алексеев Н. Ф. Основные причины расхождения проектных и эксплуатационных данных о запасах и качестве руд железа и пути их устранения // Гор-

ный журнал. – 1985. – № 7. – С. 42–43.

5. Зималина В. Я. Достоверность запасов месторождений с неравномерным распределением оруденения // Разведка и охрана недр. – 1992. – № 8. – С. 16–18.
6. Харченко А. Г., Сластушенский Г. М. Геолого-экономическая оценка медных месторождений // Геолого-экономическая оценка месторождений твердых полезных ископаемых на ранних стадиях их изучения. – М.: ВИМС, 1975. – С. 21–35.
7. Бусырев В. М., Павлова Н. В. Новый подход к планированию добычных работ при высоком уровне затрат на разведку // Совершенствование технологии добычи и переработки слюдяного и керамического сырья. – Апатиты: КФ АН СССР. – 1985. – С. 45–48.
8. Бусырев В. М., Иванов П. С., Шевелев Л. В. Методы подземной разработки слюдяных месторождений Кольского полуострова. – Л.: Наука, 1972.
9. Бусырев В. М., Черемных Г. В. Возмещение затрат на геологоразведочные работы при разработке слюдяных месторождений (в порядке обсуждения) // Горный журнал. – 1993. – № 7. – С. 18–22.
10. Вопросы геологии и минералогии слюд: Пер. с англ. / Под ред. В. П. Петрова. – М.: Мир, 1965.
11. Бейтс Р. Л. Геология неметаллических полезных ископаемых: Пер. с англ. / Под ред. М. А. Лицарева. – М.: Мир, 1965.
12. Бусырев В. М. Некоторые вопросы развития горнодобывающих слюдяных предприятий // Физика процессов, технология и техника разработки недр. – Л.: Наука, 1970. – С. 156–162.
13. Бубис Ю. В. Отзыв на статью З. Б. Алборова «О достоверности геологической информации и степени риска при проектировании горных предприятий» // Горный журнал. – 2005. – № 2. – С. 95.
14. Коган И. Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. – М.: Недра, 1971.