

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ
им. Н.М.ФЕДОРОВСКОГО»

ВИМС  **VIMS**

ALL-RUSSIAN SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE OF MINERAL RESOURCES
NAMED AFTER N.M.FEDOROVSKY
FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION

№ 1255/8 от 23 августа 2016 г.



И.о. генерального директора
ФБГУ «ВИМС»
Сучков А.Д.

«23» августа 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации

Макарчевой Александры Анатольевны

на тему « Особенности методики оценки запасов месторождений штокверкового типа»

на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

по специальности 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,
минералогия

Цель работы. Разработать методику оценки возможности селективной отработки штокверковых месторождений по данным геологоразведочных работ.

Актуальность исследований по данной тематике сомнений не вызывает. Месторождения штокверкового типа разных видов полезных ископаемых в последнее время все чаще являются объектами оценки, разведки и последующей отработки. В связи со сложностью их строения, нечеткими геологическими границами оруденения и при недостаточной плотности разведочной сети подсчет запасов таких объектов ведется с применением коэффициента рудоносности. Использование этого приема требует обоснования возможности селективной выемки рудных тел в процессе ведения эксплуатационных работ. Вместе с тем, при представлении материалов

119017, Москва, Старомонетный пер., 31
Тел. (495) 951-50-43, Факс (495) 951-50-43.

Эл. почта vims@df.ru
Веб-сайт: www.vims-geo.ru

31, Staromonetny per., Moscow, 119017 Russia
Tel. (495) 951-50-43, Fax (495) 951-50-43.

E-mail vims@df.ru
Web site: www.vims-geo.ru

ТЭО и подсчета запасов на госэкспертизу такое обоснование зачастую отсутствует, что может приводить к «неподтверждению» запасов на некоторых месторождениях.

Таким образом, разработка методических подходов к решению вопроса о возможности или невозможности селективного выделения кондиционных участков в пределах общего рудного контура представляется достаточно важной.

В работе сформулированы основные задачи исследований, направленных на достижение поставленной цели. Перечень этих задач возражений не вызывает.

Фактической основой для решения поставленных задач являлись данные эксплуатационного опробования по трем месторождения штокверкового типа, полученные из фондовых материалов. Кроме того, в работе на основе литературных данных представлен анализ основных особенностей строения по 17 штокверковым месторождениям меди, молибдена, вольфрама и олова.

Ведущим методом исследований являлось статистическое и геостатистическое моделирование количественных характеристик оруденения. В процессе работы проводились расчеты средних содержаний полезного ископаемого, коэффициентов рудоносности, запасы руды и металла на основе традиционных методов подсчета. Оценивались дисперсии и коэффициенты вариации содержаний по выборкам, строились вариограммы, проводился анализ тренда, выполнялось оценивание запасов с использованием геостатистических подходов, в том числе с применением различных видов кригинга. Рассчитывались характеристики изменения содержаний по профилям методом скользящего окна, исследовались корреляционные связи различных параметров.

Все геостатистические процедуры моделирования и оценивания выполнялись в программе GST.02 (разработчик – Мальцев В.А.), апробированной в ГКЗ РФ.

Научная новизна работы, по мнению ее автора, состоит в том, что продемонстрирована необходимость дифференцированного подхода к оценке штокверковых месторождений на основе методов математического моделирования их свойств. В действительности можно считать, что автором впервые предложена методика оценки возможности селективной отработки данных месторождений на основе рассмотренных приемов моделирования.

Практическая значимость работы. Результаты проведенных исследований позволили показать, что вопрос о возможности селективной отработки должен решаться на основе детального изучения структурных особенностей рудовмещающих прожилков, влияющих на характер изменчивости содержаний полезных компонентов. Обращается внимание на низкую представительность опробования вертикальных буровзрывных скважин при крутом залегании основной части рудоносных прожилков, что требует особого учета при проведении эксплуатационных работ.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» в 2013 и 2015 гг. Материалы докладов опубликованы в качестве тезисов. В изданиях, рекомендованных ВАК РФ, Макарчевой А.А. опубликованы три статьи, в том числе две статьи в соавторстве с Гуськовым О.И.

Объем работы. Диссертационная работа изложена на 126 страницах машинописного текста. Она состоит из введения, четырех глав и заключения. Работа содержит 44 рисунка, 29 таблиц и список литературы, включающий 88 наименований.

Глава первая посвящена описанию особенностей геологического строения штокверковых месторождений. Детально охарактеризовано понятие «штокверк», предлагаемое различными авторами. В результате проведенного анализа автор приходит к выводу что непосредственное влияние на выбор системы разведки должна оказывать ориентировка рудных прожилков. Предложено выделять разноориентированные системы прожилков и системы, имеющие закономерный характер. Разделение объектов по данному признаку продемонстрировано на примере 17 объектов.

В главе проведен обзор существующих классификаций штокверковых месторождений. Предлагается выделить группу признаков, определяющих методику разведки объектов. В их числе: форма штокверка, прерывистость оруденения и характерные текстуры руд.

Отдельные разделы главы посвящены геологическому описанию и методике изучения объектов исследований – Первомайского молибденового штокверка, Шерловогорского оловорудного штокверка и штокверка Крутой (Пыркакайской оловорудный узел). Отмечается, что штокверки различаются по форме; для первых двух характерна изометричная форма, а для последнего – линейная. Различия проявляются также и в текстурах руд; штокверки Первомайской и Шерловая гора обладают разнонаправленными прожилками, а штокверк Крутой – системой субмеридиональных прожилков крутого падения.

Вторая глава содержит описание изменчивости оруденения исследуемых штокверковых месторождений, которое дается на основе выделений масштабных уровней рудных образований. Рассматриваются различные методы количественной оценки изменчивости, включая оценку статистических показателей (среднее, дисперсия, коэффициент вариации), а также геостатистический анализ, в рамках которого определялись параметры тренда, рассчитывались вариограммы, оценивались их характеристики.

Анализ степени изменчивости содержаний по объектам показывает, что наиболее высокий коэффициент вариации имеет штокверк Шерловая гора – 170%; существенно меньшие его значения характерны для штокверков Первомайский (65%) и Крутой (80-89%).

В результате расчетов установлено, что штокверки Первомайский и Шерловая гора

характеризуются наличием тренда, который может быть описан полиномами четвертого порядка; их доля в общей дисперсии признака составляет 0.296 – 0.225%. Усредненные вариограммы этих объектов характеризуются эффектом самородков на уровне 0.51- 0.74.

На участках штокерка Крутой (верхняя и нижняя пластины) трендовая составляющая изменчивости практически не проявлена (7% от общей дисперсии); эффект самородков имеет достаточно высокие значения (0.83-0.88).

Достоинством проведенных исследований является учет трендовой составляющей; в современных работах по геостатистике этот элемент оказался практически забытым, хотя основоположники геостатистики (Ж.Матерон, М.Давид, Э.Карлье) его изучение считали обязательным.

На основе материалов данной главы формулируется первое тезисное положение: *В связи с крайне прерывистым характером оруденения результаты эксплуатационного опробования на некоторых штокерках не позволяют надежно геометризовать кондиционные руды и проводить их селективную добычу.*

Оценить возможность селективной отработки штокерковых месторождений можно по показателям прерывистости оруденения – результатам тренд-анализа и виду аппроксимирующей функции вариограммы.

В целом, с формулировкой данного тезисного положения можно согласиться. Вместе с тем, к содержанию доказывающих его материалов можно высказать некоторые замечания. Надежность геометризации кондиционных руд иллюстрируется, главным образом, визуально, ее количественная характеристика не приводится. Отсутствуют пояснения по поводу применения разных вариантов бортовых содержаний, величина которых прямо влияет на морфологию оруденения и на надежность геометризации рудного объекта. Кроме того, результаты тренд-анализа и вид аппроксимирующей функции являются скорее характеристиками наличия или отсутствия пространственных закономерностей в размещении признака, нежели «показателями прерывистости» оруденения.

В последующих разделах второй главы рассматриваются вопросы влияния геометрии проб на характеристики изменчивости содержаний полезных компонентов. Исследования были проведены на данных бороздового опробования канав в пределах верхней пластины штокерка Крутого. В отличие от буровзрывных скважин, канавы ориентировались по направлению максимальной изменчивости признака. Сравнивались показатели изменчивости для проб разной длины – 1 и 5м. Установлено, что изменчивость содержаний олова по пробам длиной 1м является высокой; закономерная составляющая изменчивости по тренду и вариограммам уверенно не устанавливается. По пробам длиной 5м коэффициент вариации составил 79%, что сопоставимо с его величиной для данных опробования буровзрывных скважин. Кроме того,

анализ тренда и вариограмм показывает, что доля закономерной составляющей изменчивости оказывается в этом случае существенно выше, чем по данным опробования скважин.

На основе этих исследований делается вывод:

- при анализе изменчивости признака надо изучать все аспекты, влияющие на нее, в том числе и анизотропию строения изучаемого объекта;

- для описания изменчивости на месторождениях с высокой степенью прерывистости первостепенное значение будет иметь ориентировка проб, а не их длина и объем.

С представленными выводами следует согласиться. Они имеют важное практическое значение для выбора методики эксплуатационного опробования на отработываемых месторождениях. Использование вертикальных скважин при опробовании штокверков с крутым залеганием рудных прожилков приводит к существенным ошибкам при оконтуривании выемочных единиц и оценке качества добываемых руд.

К материалам, обосновывающим данные выводы, следует высказать замечания. Анизотропия изучаемых объектов в работе охарактеризована не в полной мере; какие-либо количественные характеристики для ее описания не приводятся. Кроме того, полученные данные не проанализированы с позиций «линейного эквивалента», о котором говорится в тексте.

Третья глава дает описание методов геометризации участков кондиционных руд на месторождениях с прерывистым характером оруденения.

С целью геометризации прерывистого оруденения автор анализирует возможность применения основных методов, обеспечивающих оценку объекта по «элементарным объемам»/укрупненным блокам. В их числе метод «скользящего среднего», тренд-анализ и различные виды кригинга.

Исследования проведены на основе данных опробования штокверка Крутой (нижняя пластина). Размер элементарных блоков принят равным 5x5, 10x10, 15x15 и 20x20м. Рассмотрены варианты оконтуривания при разных значениях бортовых содержаний, обеспечивающих разные значения коэффициентов рудоносности.

Прежде всего внимание уделено методу «скользящего» окна, который достаточно прост в реализации и не требует применения специализированных компьютерных программ. Установлено, что при разных значениях коэффициента рудоносности (и бортового содержания), его величина растет при увеличении размера окна и достаточно быстро достигает порогового значения. При этом снижается качество руды и падает количество запасов. Вместе с тем, уменьшается вариабельность содержаний в элементарных блоках и увеличивается доля закономерной составляющей, описываемой полиномом четвертого порядка. Все это позволяет геометризовать относительно крупные блоки как объекты селективной отработки.

Сходные результаты получены при использовании процедур линейного (ординарного) кригинга, который также позволяет выделять укрупненными блоками участки для селективной отработки. Кроме того, подобный анализ проведен для процедур «двойного» и индикаторного кригинга. Его результаты принципиально не отличаются от полученных ранее; существующие различия проявляются в деталях.

Процедура «двойного» кригинга не является общепринятой и впервые предложена автором. Её сущность заключается в получении точечных оценок ординарным кригингом и в повторном их использовании для построения блочной модели. По мнению автора, такой подход позволяет более уверенно выявлять закономерности в изменении признака и более надежно проводить геометризацию оруденения.

На основе проведенных исследований сформулировано второе тезисное положение: *На штокверковых месторождениях с крайне прерывистым характером оруденения с помощью процедур блочного моделирования данных эксплуатационного опробования можно выделить обогащённые участки, которые могут быть рентабельно отработаны валовым способом.*

Лучшие результаты получены при использовании процедуры двойного кригинга.

Данное положение следует считать доказанным. Можно только заметить, что обоснование «рентабельности» отработки в работе не рассматривается.

Из этих же материалов следует третье тезисное положение: *Оценки запасов для отработки укрупненными блоками, выделенными методами блочного моделирования, отличаются от оценок, полученных при традиционном подсчёте запасов по разведочным пересечениям с введением коэффициента рудоносности (K_p).*

При высоком коэффициенте рудоносности ($K_p > 0,5$) традиционный метод занижает извлекаемые запасы руды, а иногда и полезного компонента, и завышает среднее содержание (C_{cp}) полезного компонента в руде. При низком коэффициенте рудоносности ($K_p < 0,5$) традиционный способ может завышать извлекаемые запасы руды и полезного компонента.

Это положение, в целом, можно считать доказанным. Вместе с тем, к материалам данной главы следует высказать ряд замечаний:

- отсутствуют пояснения по вопросу выбора штокверка Крутого как объекта исследований;
 - не проведен анализ параметров оруденения – запасов руды и металла, содержаний полезного компонента для индикаторного кригинга;
 - отсутствует сопоставление разных методов с позиций воспроизводимости пространственного положения блоков и соответствия его геологическим особенностям объекта.
- При этом можно заметить, что индикаторным кригингом, в сравнении в «двойным», выявляются рудоконтролирующие структуры не только субмеридионального простирания, но

и диагональные и субширотные. Их учет позволил бы более обоснованно определять границы выемочных единиц и давать их количественную оценку;

- не приведен анализ причин, различия оценок запасов по традиционному подсчету и по данным блочного моделирования.

Четвертая глава посвящена оценке возможности селективной отработки по линейным пересечениям. Актуальность этой задачи определяется тем, что на стадии разведки, участки детализации, соответствующие по плотности разведочной сети сопровождающей эксплуатационной разведки, как правило, отсутствуют, что осложняет оценку возможности селективной отработки руд.

Для ее решения использованы данные бороздового опробования канав на штокверке Крутой. Длина проб составляла 1м; расстояние между канавами – 40м. Исследования проводились с использованием метода «скользящего окна» при осреднении содержаний в интервалах 5, 10, 15 и 20 м. Кроме того, использованы данные блочного моделирования при размере ячеек модели 5x5, 10x10, 15x15 и 20x20м. Анализ результатов проведен по схеме, описанной в третьей главе.

Установлено, что графики изменения коэффициента рудоносности, среднего содержания и запасов металла, построенные по линейным пересечениям, выявляют основные тенденции, установленные на участках детализации (эксплуатационное опробование по сети 5x5м). Это позволяет автору сделать вывод: *Для решения вопроса о возможности селективной отработки штокверковых месторождений с крайне прерывистым характером оруденения не обязательно создавать участки детализации, имитирующие сеть эксплуатационной разведки. Возможно использовать линейные пересечения, в достаточном объеме созданные на стадии разведки.*

С этим выводом можно согласиться; несомненно, он имеет определенное практическое значение.

В целом, не смотря на высказанные замечания, выполненная диссертационная работа имеет законченный вид. Её содержание и оформление соответствует существующим требованиям, а результаты работы имеют научное и прикладное практическое значение. Автореферат соискателя Макаревой А.А соответствует основным положениям диссертации.

После ознакомления с текстами диссертации и автореферата можно сделать заключение о соответствии рассмотренной работы критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Таким образом, в диссертации Макаревой А.А. изложены обоснованные научные и практические результаты в области применения передовых методов оценки запасов месторождений полезных ископаемых методами геолого-математического моделирования,

имеющих значение при их разведке и отработке, что соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 25.00.11.

Заведующий лабораторией
геолого-экономической оценки месторождений,
экологии и лицензирования, к.г.-м.н.

 Иванов С.Н.

Главный специалист, к.г.-м.н.

 Кушнарев П.И.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсуждены на заседании секции геолого-экономической и геоэкологической оценки месторождений Ученого совета ФГБУ «ВИМС» «23» августа 2016 г., протокол №7-16.

Ученый секретарь секции, к.г.-м.н.

 Арманд О.А.

