

ОТЗЫВ

официального оппонента к.г.-м. н. Жидкова С.Н.
на диссертационную работу Макарчевой Александры Анатольевны
«Особенности методики оценки запасов месторождений штокверкового типа».

Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности: 25.00.11. – Геология поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения. Работа выполнена на кафедре методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых в Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ-РГГРУ).

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

Актуальность исследований выражается в следующем.

Месторождения штокверкового типа разных видов полезных ископаемых все чаще становятся объектами рассмотрения на предмет постановки запасов на баланс предприятий. Данный тип характеризуется достаточно крупными запасами и преимущественно открытым способом отработки.

В связи со сложностью строения, нечеткими геологическими границами оруденения и различной плотности разведочной сети, подсчет запасов на таких объектах преимущественно выполняется статистически – то есть с использованием коэффициента рудоносности. Вместе с тем, данный способ подсчета обуславливает селективную отработку рудных тел при эксплуатации, возможность которой должна быть доказана, как правило, дополнительным объемом работ. К сожалению, при рассмотрении в ГКЗ отчетов с ТЭО и подсчетом, информация с обоснованием возможности селективной отработки отсутствует или приводится в крайне ограниченном виде. Между тем, игнорирование этого факта может приводить к не-подтверждению» запасов на ряде месторождений с особым характером распределения полезного компонента.

Отсюда вытекает вывод, что разработка методических подходов к решению вопроса о возможности селективной отработки кондиционных участков в пределах залежей представляется в данных условиях достаточно важной.

Для достижения поставленной цели, в работе сформулированы основные задачи исследований. Комплекс перечисленных задач достаточен и возражений не вызывает.

Фактической основой для решения поставленных задач являлись данные эксплуатационного опробования по трем месторождениям штокверкового типа, полученные из фондовых материалов ФГУНПП «Росгеолфонд». На основе литературных данных также представлена информация по основным особенностям строения 17 штокверковых месторождений меди, молибдена, вольфрама и олова.

Методика исследования. Помимо статистического метода исследования в работе широко использовано геостатистическое моделирование количественных характеристик оруденения.

В ходе работы подсчитывались коэффициенты вариации, оценивались тренды, строились вариограммы. Проводились расчеты средних содержаний, коэффициентов рудоносности, запасов руды и металла традиционными и геостатистическими методами (кригинга, двойного кригинга, индикаторного кригинга и скользящего окна). Изучались зависимости характеристик изменчивости содержаний и запасов руды от значения коэффициента рудоносности.

Все геостатистические процедуры моделирования и оценивания выполнялись в программном комплексе GST3.02 (разработчик – Мальцев В.А.), являющимся практически единственным продуктом отечественной разработки и хорошо зарекомендовавшим себя при решении задач подобного рода.

По мнению автора (и с чем оппонент согласен) научная новизна работы, заключается в демонстрации необходимости дифференцированного подхода к оценке штокверковых месторождений на основе методов математического моделирования их свойств. Автором практически впервые предложена методика оценки возможности селективной отработки данных месторождений на основе математического моделирования.

Практическая значимость работы. Результаты проведенных исследований позволили показать, что возможность селективной отработки должна определяться с учетом детального изучения структурных особенностей рудовмещающих прожилков, влияющих на характер изменчивости содержаний полезного компонента. Данное обстоятельство принимает особую важность при крутом залегании основной части рудоносных прожилков, что в условиях вертикальных буровзрывных скважин определяет низкую представительность бурения и влияет на качество и результат 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.

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 месторождений штокверкового типа. Детально охарактеризован термин «штокверк», представленный в различных источниках. В результате сопоставления информации и ее анализа, автор делает главный вывод, заключающийся в том, что на выбор системы разведки должна оказывать влияние ориентировка рудных прожилков. Предложено выделять разноориентированные системы прожилков и системы прожилков, имеющие закономерный (однонаправленный) характер. Разделение объектов по данному признаку продемонстрировано на примере 17 объектов.

Выполнен обзор классификаций штокверковых месторождений с определением группы признаков, определяющих методику разведки объектов, таких как 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). Штокверки различаются по форме и текстуре руд; для первых двух характерна изометричная форма с разнонаправленной ориентировкой прожилков, для последнего – линейная, с преобладанием крутопадающих прожилков.

Вторая глава посвящена описанию изменчивости оруденения штокверковых месторождений. Приводятся результаты различных методов количественной оценки изменчивости, включая оценку статистических показателей (среднее, дисперсия, коэффициент вариации), а также результаты геостатистического анализа с определением параметров регионального тренда, расчетом вариограмм и оценкой полученных результатов.

При исследованиях, автором установлено, что наиболее высокий коэффициент вариации имеет штокверк Шерловая гора – 170%; существенно меньшие его значения характерны для штокверков Первомайский (65%) и Крутой (80-89%). Но в то же время штокверки Первомайский и Шерловая гора характеризуются наличием тренда (описан полиномами четвертого порядка). Доля присутствия тренда в общей дисперсии признака – 0.296-0.225%. Аппроксимирующие вариограммы по этим объектам характеризуются эффектом самородков на уровне 0.51- 0.74.

В отличие от этого, на участках штокверка Крутой (верхняя и нижняя пластины) трендовая составляющая изменчивости практически не проявлена (7% от общей дисперсии); эффект самородков же имеет достаточно высокие значения (0.83-0.88).

Основным достоинством проведенных исследований является учет различного рода трендовой составляющей, что часто отсутствует в представляемых на рассмотрение работах по геостатистике.

Исходя из полученной информации формулируется первое тезисное положение: *В связи с крайне прерывистым характером оруденения результаты эксплуатационного опробования на некоторых штокверках не позволяют надежно геометризовать кондиционные руды и проводить их селективную добычу.*

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

В целом формулировка данного тезисного положения достаточная. Некоторые замечания можно высказать к отсутствию количественной информации при геометризации рудных скоплений, а также анализу распределения кондиционных руд, согласно ранее утвержденным в ГКЗ параметрам кондиций по конкретному объекту. В связи с этим, возможно и рассматривать варианты, значительно отклоняющиеся по значению от выбранного бортового, смысла особого не имело.

Далее по тексту рассматриваются вопросы влияния геометрии проб на характеристики изменчивости содержаний полезных компонентов.

Исследования были проведены на данных бороздowego опробования канав в пределах верхней пластины штокверка Крутого. В отличие от буровзрывных скважин, канавы ориентировались по направлению максимальной изменчивости признака. Сравнивались показатели изменчивости для проб сечением 5×10 см с разной длиной – 1 и 5 м.

Выявлено, что для проб длиной 1 м велика доля случайной составляющей изменчивости. Закономерная составляющая, описанная полиномом 4 порядка, по коэффициенту Фишера признается не значимой и составляет 5.41% от общей дисперсии.

По бороздовым пробам длиной 5 м, равной глубине буровзрывных скважин, закономерная составляющая, описанная полиномом 4 порядка, по коэффициенту Фишера признается значимой и составляет 22.37% от общей дисперсии, эффект самородков высок, но ниже, чем по скважинам – 73%. Анализ тренда и вариограмм в этом случае показывает, что доля закономерной составляющей изменчивости оказывается существенно выше, чем по данным опробования скважин.

На основе этих исследований автором делается следующий вывод: *для описания изменчивости содержаний полезных компонентов на штокверках, важное зна-*

чение, с точки зрения возможности селективной отработки, имеет ориентировка проб относительно элементов залегания прожилков.

Данный вывод имеет важное практическое значение при выборе методики эксплуатационного опробования. Использование вертикальных скважин при опробовании штокверков с крутым падением рудных образований (прожилков) может приводить к значительным ошибкам при оконтуривании выемочных объемов и последующей оценке качества добываемых руд.

К материалам, обосновывающим данные выводы, следует высказать замечания. Помимо канав, которые характеризуют близповерхностные руды, на штокверке Крутом пройдено 3 горизонта горных выработок (+307м, +265м и +181м) с горизонтальными скважинами, данные по которым было бы уместно использовать в работе с целью повышения ее значимости. К небольшим замечаниям можно отнести формальный выбор полинома четвертого порядка для определения тренда, а также некорректное определение изотропного и анизотропного строения (стр. 27), хотя по тексту данная терминология использована правильно.

В третьей главе приводится описание методов геометризации участков кондиционных руд на месторождениях с прерывистым характером оруденения.

С целью геометризации прерывистого оруденения автор анализирует возможность использования методов, обеспечивающих оценку по блокам различного объема. В числе методов: кригинг, двойной кригинг, индикаторный кригинг и метод скользящего окна.

При применении двойного кригинга использовались те же процедуры, что и в работе с аппаратом простого кригинга – линейный кригинг точек и блоков. Процедура проводилась путём записи результатов точечного кригинга, и повторного их сглаживания кригингом.

Исследования проведены на основе данных эксплуатационного 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.

При использовании методу «скользящего» окна, установлено, что в зависимости от бортового содержания, величина коэффициента рудоносности растет при увеличении размера окна и достаточно быстро достигает порогового значения. При этом снижается качество руды и уменьшается количество запасов. Вместе с увеличением доли закономерной составляющей (описываемой полиномом четвертого порядка), уменьшается степень различия в элементарных блоках. Это в свою очередь позволяет геометризовать относительно крупные блоки как объекты селективной отработки.

Похожие результаты получены автором при использовании процедур ординарного кригинга, который также позволяет выделять укрупненными блоками участки для селективной отработки. Кроме того, подобный анализ проведен для процедур «двойного» и индикаторного кригинга. Эти результаты принципиально не отличаются от полученных ранее.

Процедура «двойного» кригинга, предложенная автором является собственной разработкой. Помимо использования тех же процедур, что и в работе с аппаратом простого кригинга, сущность ее заключается в повторном использовании результатов точечного кригинга, то есть повторного их сглаживания кригингом.

Автор констатирует, что лучшие результаты получены именно при использовании процедуры двойного кригинга. При этом более уверенно выявляются закономерности в изменении признака и более надежно осуществляется геометризация кондиционных объемов.

Согласно выводам, 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.*

Данное положение можно считать доказанным. Однако не раскрыто понятие «рентабельности», а также не описан принцип определение границ между объемами, предназначенными для валовой и селективной отработки.

Тем не менее выводы автора согласуются с решением ГКЗ по выбору способа отработки штокверка Крутой. Так, например, один из параметров принятых кондиций следующий: «Подсчет запасов произвести «на массу» с исключением из подсчета безрудных интервалов мощностью более 15м, если они прослеживаются на двух и более пересечениях».

Из материалов данной главы 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 тезисное положение, также в целом, можно считать доказанным. Несколько замечаний сводятся к следующему:

- отсутствует информация по причинам различия оценок запасов при традиционном подсчете и при подсчете с использованием блочного моделирования;

- в тексте отсутствует ряд параметров, используемых в интерполяционных процедурах блочного моделирования, например минимальное и максимальное число проб, привлекаемых для расчета содержания в ячейке, параметры поискового эллипса;

- работа во много бы выиграла, если бы автор вместо старой версии GST3.02 – предназначенной преимущественно для работы в 2D, использовал программу версии 4.0 (Geostatistical Software Tool 4.0 – программы трехмерного моделирования изменчивости методами прикладной геостатистики).

- расчетное содержание в ячейке (Cut-off) при блочном моделировании обычно не отвечает значению бортового; особенно на высоких уровнях бортового содержания. В работе эта особенность не учитывается.

Четвертая глава посвящена оценке возможности селективной отработки по результатам обработки линейных пересечений.

На стадии разведки, участки детализации, по плотности разведочной сети соответствующие плотности сети сопровождающей эксплуатационной разведки, как правило, отсутствуют или существуют в малых объемах при опытно-промышленных работах. Данное обстоятельство осложняет оценку возможности селективной отработки руд. Решение данной задачи и обуславливает значимость и актуальность.

Для 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. Помимо этого, использованы данные блочного моделирования при размере ячеек модели 5x5, 10x10, 15x15 и 20x20м. Порядок работ с анализом результатов приведен ранее в третьей главе.

Установлено, что изменение коэффициента рудоносности, среднего содержания и запасов металла, по данным линейных пересечений, позволяют соотнести их с изменениями, установленными по участкам эксплуатационного опробования по сети 5x5м. Автор делает 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. К замечаниям можно отнести отсутствие объяснения количественных характеристик к термину «в достаточном объеме...», а также отсутствие информации по относительному расположению группы канав и площади скважин эксплуатационного бурения.

Не смотря на высказанные замечания, выполненная автором диссертационная работа имеет целостный вид. Содержание и оформление соответствует существующим требованиям, результаты работы имеют научное и прикладное практическое значение. Автореферат и список опубликованных работ соответствует содержанию диссертации, а объем и структура автореферата удовлетворяют требованиям п.58 "Положения ... ВАК". Проведенные исследования характеризуют Макаrchеву А.А. как квалифицированного специалиста в области оценки запасов месторождений полезных ископаемых.

Макарчева А.А достойна присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Официальный оппонент,
ведущий специалист ООО «Ореол»
кандидат геолого-минералогических наук



С.Н.Жидков

Подпись С.Н. Жидкова заверяю:
Финансовый директор ООО «Ореол»

С.А.Бурмистров