

# ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «РГ КОНСАЛТИНГ»

ОГРН: 1207700177035 ИНН: 7727444530 КПП: 772701001

г. Москва, ул. Новочерёмушкинская, 69

E-mail: consulting@rusgeology.ru, тел. 8 495 988 58 07

---

## Отзыв

Подтуркина Юрия Александровича  
о диссертации Кушнарева Петра Ивановича  
**«НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ  
РАЗВЕДАННОСТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»**,  
представленной на соискание ученой степени доктора геолого-  
минералогических наук по специальности 1.6.10 - геология, поиски и разведка  
месторождений твердых полезных ископаемых, минерагения

Количественная оценка разведанности месторождений золота в настоящее время является одной из основных проблем отрасли. В результате резкого роста цен в разведку и эксплуатацию вовлекается все большее количество месторождений низкими содержаниями, рудные тела которых не имеют четких геологических границ, обладают сложной морфологией и выделяются только по данным опробования.

Методики оценки разведанности, основанные в основном на принципах аналогий, разработанные в прошлом веке для этих месторождений, используемые как в нашей стране, так и за рубежом, уже недостаточно эффективны для снижения геологических рисков недостоверной оценки на таких объектах. Основной причиной погрешности оценки запасов является недостаточная разведанность. Это приводит, прежде всего, к недостоверной оценке содержаний, а также часто и некорректной увязке рудных тел. Данная проблема сегодня является одной из основных в золотодобывающем сегменте. В частности, в практике работы ГКЗ отсутствие актуализированной методики оценки сложности геологического строения приводит к неоднозначности оценки категорий утверждаемых запасов. В связи с вышесказанным, разработка объективных критериев оценки необходимой плотности разведочной сети на основе количественных показателей, выполненная Автором, **является остро актуальной.**

В представляемой работе на основе обработки геологической информации, собранной по нескольким десяткам золоторудных месторождений, на большинстве из которых в процессе работы Автор бывал неоднократно, включая Сухой Лог, Наталка, Олимпиада, а также многолетнего опыта проведения экспертиз в ФБУ «ГКЗ» обоснованы количественные характеристики, определяющие сложность геологического строения, степень их разведанности и дана оценка погрешностям расчета основных параметров.

Наиболее важным представляется авторская разработка на основе методов фрактальной геометрии (ранее при оценке достоверности минеральных ресурсов не использовались), как инструментария количественной оценки морфологии рудных образований.

В диссертационной работе Автором разработаны принципы оценки ошибок геометризации при оконтуривании рудных образований в процессе ГРР, предложена методика расчета размеров минимальной ячейки разведочной сети для получения необходимой достоверности на основе количественных показателей с учетом годовой производительности горного предприятия.

Представленный в работе принципиально новый количественный подход к оценке результатов ГРР **полностью соответствует работы требованию научной новизны.**

Разработанная методика позволяет недропользователю, с одной стороны, минимизировать геологические риски, с другой - оптимизировать затраты на проведение ГРР. Кроме того, разработанная Автором методика дает возможность обоснованного перевода запасов, утвержденных ГК, в соответствующие категории CRIRSCO. Это позволяет считать, что представленная работа **полностью отвечает и требованию практической ценности.**

Диссертационная работа составлена на материалах, собранных автором в процессе участия в проведении ГРР как непосредственного исполнителя геологоразведочных, так и при осуществлении научно-методического руководства, составителя геологических отчетов, а также в качестве эксперта Государственной комиссии по запасам. Проведенные исследования золоторудных месторождений России и других стран включают месторождения Сухой Лог, Наталка, Олимпиадинское, Кючус, Купол, Павлик, Нежданнинское, Зармитан, Даугызтау и др.).

Отдельные положения диссертационной работы ранее выносились на обсуждение 28 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, а также в 30 тематических докладах автора на геологических форумах и семинарах.

Кушнарев Петр Иванович имеет огромный опыт производственной и научной работ; в настоящее время является главным специалистом ВИМС им. Федоровского и ведущим экспертом ГКЗ широко известным и авторитетным специалистом отрасли, внесшим большой личный вклад в геологическое изучение и развитие представлений о геологическом строении и потенциале перечисленных выше объектов.

Диссертационная работа включает: введение, шесть глав, заключение. В первых двух главах рассмотрена история и современное состояние оценки изученности и классификации месторождений твердых полезных ископаемых, классификации запасов, свойства рудных объектов и особенности их изучения. В последних четырех главах рассмотрены четыре защищаемых положения.

*1. При количественной оценке сложности геологического строения золоторудных месторождений необходимо и достаточно рассматривать в качестве классификационных признаков масштаб изучаемых объектов, морфологию рудных скоплений, включая определение типа и фрактальной размерности, и изменчивость содержаний в пробах равной длины или в композитах. Оценка сложности строения может проводиться для месторождения в целом или для его частей, различающихся условиями отработки, особенностями морфологии и характеристиками изменчивости оруденения.*

В рамках защиты данного положения в главе 3 Автором рассмотрены:

- применение количественных показателей при описании морфологии объектов;
- совершенствование группировки месторождений по сложности строения
- объекты оценки сложности геологического строения.

На конкретных примерах приведены доказательства недостаточной эффективности показателей используемых, в настоящее время для количественного определения сложности строения объектов.

Основными классификационными признаками группировки месторождений для целей разведки должны являться:

- масштаб объекта и ожидаемая производительность предприятия;
- морфологический тип оруденения;
- фрактальная размерность  $D$  (мера Хаусдорфа);
- изменчивость содержаний полезного компонента, характеризуемая по пробам равной длины или по композитам.

Объектом оценки сложности строения могут быть части месторождения объекта, различающиеся условиями отработки, особенностями морфологии и характеристик изменчивости оруденения. В этом случае будет обеспечиваться достаточно гибкое изменение параметров разведочной сети применительно к заданной категории запасов и их корректная квалификация

*2. Параметры разведочной сети должны обеспечивать достижение заданной точности оценки запасов и на надежность их геометризации. Точность оценки средних содержаний относится к количеству руды, сопоставимому с годовой/квартальной производительностью предприятия. Она вычисляется через дисперсию случайной составляющей изменчивости, определяемой на основе статистических и геостатистических исследований. Оценку ошибок геометризации,*

*особенно на ранних стадиях геологоразведочных работ, предлагается проводить с применением аналитических выражений, использующих данные геостатистического анализа и показатели фрактальной размерности объектов.*

Рассмотрение и защита этого положения приведены в главе 4. Основными моментами рассмотрения являются:

- точность оценки подсчетных параметров;
- использование ошибок геометризации при обосновании разведочной сети;
- принципы выбора параметров сети в зарубежных стандартах;
- предложения по совершенствованию обоснования разведочной сети;
- обоснование параметров сети с позиций погрешности оценки запасов;
- обоснование сети с использованием метода разрежения;
- оценка ошибок геометризации на основе положений фрактальной геометрии;
- оценка ошибок геометризации с использованием вариограмм.

На основании проведенных исследований Автор убедительно показал, что основными факторами, определяющими изученность запасов, как отмечалось в главе 2, являются свойства объекта – изменчивость параметров, морфология рудных образований, а также плотность разведочной сети, с которой связана детальность характеристики этих свойств. Совокупное влияние каждого из факторов может быть выражено в виде числовых показателей, которые получили название «критерии» разведанности. В их качестве рассматриваются: точность оценки параметра или его доверительный интервал и ошибки геометризации, то есть ошибки в определении пространственного положения рудного тела.

Возможность отнесения запасов к той или иной категории, регулируется предельными значениями критериев для каждой из них.

*3. Проведенными исследованиями впервые установлено, что фактический уровень относительных стандартных погрешностей оценки содержаний для категории  $C_1$  применительно к блокам, сопоставимым с объемами годовой производительности, и находится в пределах 10 % - 15 %, что можно считать допустимым для планирования ГРП на ранних стадиях. Значения этого критерия для конкретных объектов могут корректироваться также в зависимости от масштаба и уровня экономических рисков их освоения.*

*Фактические значения ошибок геометризации золоторудных месторождений для запасов категории  $C_1$  составляют 30 % - 50 %, что соответствует их уровню для*

*других типов месторождений. Эти лимиты предлагается принять для количественной оценки разведанности запасов данной категории.*

Обоснование и защита этого положения приведены в главе 5, где рассмотрены:

- анализ разведанности месторождений с позиций погрешности оценки параметров подсчета;
- анализ разведанности месторождений на основе ошибок геометризации;
- типизация золоторудных месторождений для целей оценки и разведки.

В рамках исследования рассчитаны фактические погрешности оценки содержаний, подтвержденных в процессе отработки ряда золоторудных месторождений. Установлены уровни фактических относительных погрешностей оценки средних содержаний, которые принимаются за основу в качестве предельно допустимых для запасов категории C<sub>1</sub>. Убедительно доказана близость предельно допустимых значений погрешностей отечественной категории запасов C<sub>1</sub>, и категории indicated международного стандарта CRIRSCO. Это определяет возможность уверенного сопоставления и перевода запасов этих систем учета. Учитывая важность оценки минеральных ресурсов при составлении банковских ТЭО, инвестиционных проектов, оценки стоимости горных объектов и др. разработанные Автором алгоритмы приобретают дополнительную ценность.

*4. Квалификация запасов в подсчетных блоках золоторудных месторождений с позиции точности оценки средних содержаний требует изучения изменчивости на локальных участках и введения поправок, учитывающих различие в запасах блока с рудными объемами недр, сопоставимыми с годовой, полугодовой или квартальной производительностью предприятия.*

Рассмотрение и защите положения приведены в главе 6. Ключевыми моментами рассмотрения являются:

- основные положения квалификации запасов/ресурсов в отечественной и зарубежной практике оценки;
- квалификация запасов на количественной основе - предлагаемый подход;
- сопоставление результатов квалификации запасов/ресурсов на основе зарубежных, отечественных и рекомендуемого подходов.

Квалификация запасов по блокам корректируется с учетом величины ошибок геометризации, определяемых по характеристикам вариограмм индикаторов или другими методами.

Различие условий оценки запасов по блокам предопределяет неоднозначность их квалификации в конкретных ситуациях. Объективность решения данной задачи обеспечивается использованием количественных подходов.

В заключение, автор настоящего отзыва, опираясь на десятилетний опыт руководства ФБУ «ГКЗ» хотел бы отметить важность выполненной диссертантом работы и полученных результатов. Одним из главных достоинств методики, предложенной к рассмотрению, является доступность широкому кругу специалистов, занимающихся оценкой запасов и так и их экспертизой. Надо отметить, что в настоящее время разработки Автора активно используют в своей работе специалисты отечественных консалтинговых компаний Геосолющинз и РГ Консалтинг.

Представленная на соискание докторской степени работа по своей актуальности, новизне и значению соответствует требованиям ВАК.

Искомая ученая степень доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 Кушнареву Петру Ивановичу может быть присуждена.

Автореферат диссертации соответствует.

Президент компании ООО «РГ Консалтинг»

кандидат г-м. н.

заслуженный разведчик недр

Ю.А. Подтуркин

12.10.2022г.

