



**С.В. Дюжев**  
ООО НППФ «Регис»<sup>1</sup>  
начальник отдела компьютерного  
моделирования месторождений полезных  
ископаемых  
Dujev-s@pokrmine.ru

# Опыт экспертизы материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов, выполненных с применением ГГИС. Экспертиза баз данных

1. Россия, 675027, Амурская область, Благовещенск, Западный промузел, ул. Промышленная, 3

*В статье обобщен опыт проведения экспертизы материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов, выполненных с применением горно-геологических информационных систем. На конкретных примерах указаны основные ошибки и методы их устранения. Предложены усовершенствования нормативно-методической базы для процедуры экспертизы*

**Ключевые слова:** горно-геологические информационные системы; экспертиза; компьютерное моделирование; подсчет запасов

**В** настоящее время при подготовке материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов широко применяются специализированные программные продукты – горно-геологические информационные системы (ГГИС). Аббревиатура ГГИС созвучна с устоявшимся термином ГИС (геоинформационная система), подчеркивая определенное сходство их философии (пространственная привязка данных, послойная организация проекта, связь пространственной и атрибутивной информации), но в то же время четко обозначена сфера применения – «горно-геологическая», что определяет ключевое отличие – все элементарные объекты в ГГИС являются объемными и имеют 3 координаты. ГГИС по своему назначению подразделяются на несколько

категорий, однако для подсчета запасов и сопутствующих операций применяются, в основном, горные системы общего назначения (аналог в зарубежной терминологии – *GMP, General Mining Package*). Эти системы обычно модульного типа и стандартно включают в себя такие разделы, как геологическое моделирование, оценка запасов, проектирование и планирование горных работ, календарное планирование и маркшейдерия.

ФБУ «ГКЗ» определен регламент государственной геологической экспертизы ТЭО кондиций и подсчета запасов, а также перечень представляемых недропользователями материалов, в том числе касательно компьютерного моделирования. Однако еще в середине 2000-х гг. сама ГКЗ признавала неудовлетворительным уровень технической оснащен-

ности и методической подготовки экспертной службы по целому ряду причин, главными из них называя отсутствие достаточного числа опытных экспертов, имеющих опыт работы с современными компьютерными системами; отсутствие до 2003 г. таких систем в самой комиссии; отсутствие инструкций и методических указаний по компьютерным методам оценки запасов.

Сегодня эксперты ГКЗ способны проводить компьютерную обработку материалов, поступающих на экспертизу, что позволяет существенно повысить ее качество и сократить сроки. Основными нормативными документами до недавнего времени являлись «Методические рекомендации по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическим обоснованиям кондиций для подсчета запасов месторождений полезных ископаемых», рекомендованные к использованию протоколом МПР России от 03.04.2007 № 11-17/0044-пр, и «Требования к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов твердых полезных ископаемых», утвержденные приказом Минприроды России от 23.05.2011 № 378. В них были впервые детально сформулированы рекомендации по порядку представления и оформления материалов подсчета запасов в электронном виде на государственную экспертизу, однако уже на момент своего появления эти документы частично устарели ввиду увеличения вычислительной мощности компьютеров и развития ГГИС как класса программного обеспечения, и на сегодня многие пункты потеряли свою актуальность.

В начале 2013 г. в ГКЗ начались работы по подготовке нового нормативного документа, которые, несмотря на определенные трудности, закончились разработкой «Рекомендаций к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа», рекомендованных к применению протоколом МПР России от 10.02.2015 № 6. Фактически, это первый документ, детально освещающий аспекты применения современных ГГИС на всех этапах подсчета запасов и имеющий огромное методическое значение, поскольку вводит единую терминологию, обобщает

и систематизирует более чем 10-летний опыт моделирования месторождений.

Но так или иначе, общий смысл всех вышеперечисленных рекомендаций сводится к тому, что компьютерная технология приветствуется, но в то же время должна иметь описание используемых методов вычислений и обеспечивать возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных, результатов промежуточных расчетов и сводных результатов подсчета запасов ПИ. К сожалению, подавляющее большинство материалов, представляемых на рассмотрение ФБУ «ГКЗ», не соответствуют этим условиям, в результате количество отрицательных заключений за последние годы является стабильно высоким и составляет порядка 25% от общего числа экспертиз.

Степень полноты применения ГГИС при написании ТЭО кондиций и подсчета запасов определяется назначением подсчета: основной, заверочный, либо комбинированный. На практике чаще всего приходится сталкиваться с заверочным и комбинированным типами, подразумевающими моделирование в контурах ручного счета. Заверочный подсчет характеризуется полным компьютерным расчетом основных параметров блоков – объема, среднего содержания и запаса полезного компонента – с последующим сравнением с ручным расчетом. Комбинированный подсчет отличается тем, что определение объемов полностью автоматизировано, а среднее содержание рассчитывается вручную. По способу подсчета с применением ГГИС можно разделить на подсчет по блочным моделям и на подсчет в каркасах.

За последние годы в ГКЗ оформилась следующая тенденция: при повариантном подсчете на стадии ТЭО применяется основной подсчет методом блочного моделирования, а при подсчете запасов по заданным кондициям этот метод чаще всего выступает в качестве заверочного.

В настоящее время при построении блочной модели месторождения принято придерживаться общей схемы, представленной на *рис. 1*. Для каждого этапа характерен свой набор общераспространенных ошибок, условно разделяемых на методические и технические.

Методические недостатки связаны с системной проблемой – проблемой образования и уровнем грамотности современных геологов. Начать разговор о методических проблемах хочется немного необычно: не с «вечных проблем» вариографии и интерполяции, а с **терминологии**. Исторически сложилось,

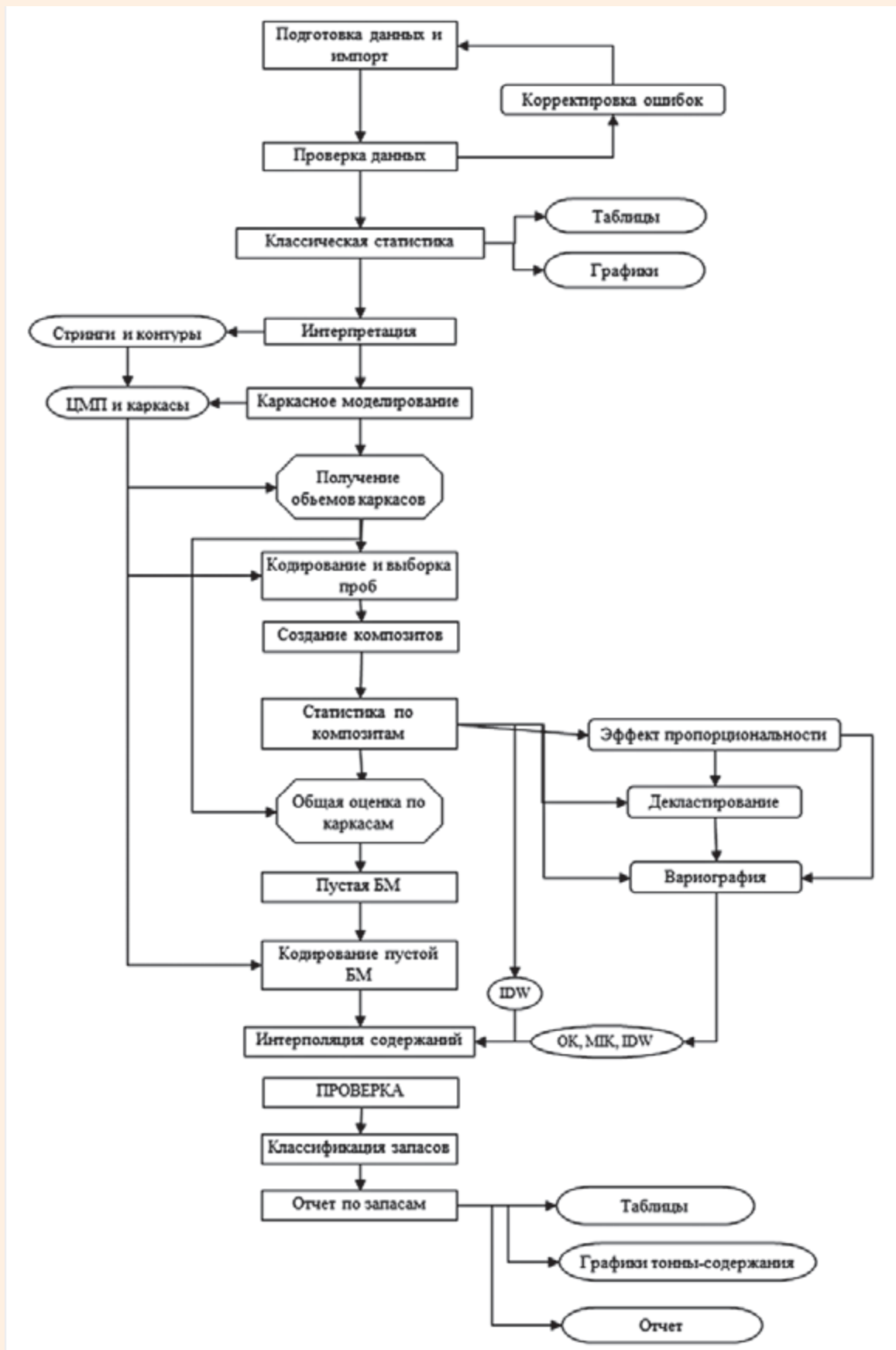


Рис. 1.  
Общая схема моделирования месторождений

что российским геологам приходилось осваивать тонкости оценки запасов либо самостоятельно, либо при помощи иностранных специалистов по принципу «как показали – так и делаю», в результате к настоящему времени в России отсутствует школа применения компьютерных методов при подсчете запасов, а нынешний специалист по моделированию подобен кустарю-одиночке с элементами «шаманизма». Кроме того, наблюдающийся на сегодня значительный перекокс в сторону практики в ущерб теории привел к тому, что с течением времени в профессиональной среде сформировались устойчивые «жаргонные» термины, порой абсолютно неверные. Не стоит забывать, что геостатистика сегодня – это состоявшаяся наука со своим понятийным аппаратом и терминологией, которой надо следовать. К сожалению, по своему опыту могу сказать, что в настоящее время почти нормой стало употребление терминов «геостатистика», «блочное моделирование», «кригинг», «метод обратно взвешенных расстояний *IDW*» либо в одном контексте, либо в качестве синонимов, что в корне неправильно. Необходимо понимать, что блочное моделирование – это просто способ представления модели в форме «кубиков», а термин «геостатистика» относится к области интерполяции содержаний. Наиболее часто встречающейся ошибкой является отнесение метода *IDW* (обратно взвешенных расстояний) к геостатистическим, хотя во всем мире он считается детерминистическим, т.е. предполагает наличие заданной аналитической зависимости

между значениями функции в пространстве, но в то же время пренебрегает пространственной корреляцией.

Казалось бы, зачем эксперт придирается к терминологии, тем более, что на цифрах подсчета это не скажется? Ответ прост – когда в тексте отчета видишь фразу «поскольку закономерность распределения золота в рудных телах отсутствует, подсчет выполнен методом геостатистического моделирования», сразу возникает вопрос о квалификации автора.

Необходимо отметить, что со времен первого появления современных ГИС в российской геологии и до сих пор отсутствует хороший базовый учебник по компьютерным технологиям подсчета запасов на русском языке. Автор статьи искренне надеется, что такой учебник появится в ближайшем будущем, необходимость в нем назрела давно, но пока чаще всего приходится самим обучать молодых специалистов, поэтому очень важно использовать единую общепринятую и корректную терминологию.

В последнее время все больше вопросов возникает к качеству исходных **баз данных** (БД). Чаще всего, это относится к объектам, обоснование ТЭО кондиций и подсчет запасов которых опираются частично или полностью на материалы предшественников.

БД является основой для всей процедуры моделирования, на базе которой проводится ТЭО, подсчет запасов и дальнейшие проектные исследования, включая последующие процедуры по обеспечению систем контроля содержаний на горных предприятиях.

Рис. 2.

Пример ошибок первичного занесения данных в базу данных

Скв	От	До	Длина	Проба	ММ
277	217	220	3	38039	1
277	220	224	4	38031	0.05
277	224	225	1	38032	17.2
277	225	226	1	38032-1	17.2
277	226	227	1	38032-2	17.2
277	227	229	2	38033	0.05
277	229	231	2	38034	0.4
277	231	232	1	38035	0.05
277	232	233	1	38040	0.05
277	233	234	1	38078	0.8
277	234	235	1	38079	0.05

С - 277				
№ проб	интервал		Мощность	Сод. Au
	от	до		
37918	142.0	143.5	1.5	0.4
37919	157.0	152.7	1.7	0.2
38030	218.7	220.7	2.0	1.0
38032	225.2	228.2	2.0	17.2
38034	230.0	232.0	2.0	0.4
38078	236.0	237.0	1.0	0.8



**Рис. 3.**  
Пример ошибок в координатах устьев скважин

Основная масса ошибок носит технический характер и устраняется путем встроенного инструментария ГГИС, либо сравнением с первичными материалами. Стоит в очередной раз напомнить, что любая ГГИС является компьютерной программой, а значит, на нее распространяется так называемый принцип *GIGO* («*garbage in garbage out*» – «мусор на входе – мусор на выходе»). На некачественной БД построить качественную модель невозможно, и это должен помнить каждый. Большую часть ошибок в данных можно устранить путем визуализации и сопоставления с соответствующей графикой и изображением, привязанным в 2D или 3D.

На примере (*рис. 2*) видно, как 2-метровая проба с содержанием 17,2 г/т растянута на 3 м. Во-первых, это отрицательно скажется на оценке среднего (завысит его). Кроме того, значения «от – до» не соответствуют данным первичной документации, в результате рудный интервал сдвинется по стволу скважины.

Также необходимо уделять внимание качеству каркасов топоповерхности. Авторы отчетов порой не считают нужным провести визуальную проверку, в результате чего горные выработки с рудными интервалами висят в воздухе, либо уходят под землю (*рис. 3*).

Ошибки другого рода связаны с применением съемки разных лет. Так, на одном из золоторудных месторождений, известном с 1950-х гг., в наше время была проведена лидарная съемка. При утверждении ТЭО кондиций именно она была принята за базовую, при этом большое количество исторических скважин (инструментально привязанных!) оказались не на рельефе. В результате руда из приустевых частей скважин оказалась подвешенной в воздухе, в процессе построения блочной модели была обрезана и в подсчет не попала.

Отдельно стоит сказать, что авторы отчетов часто пренебрегают анализом обоснова-

ния правомерности включения исторических результатов в подсчетную базу наряду с современными. Не проводится даже классический статистический анализ по выборкам разных лет, хотя это может привести к серьезным последствиям в дальнейшем. Как известно, геостатистика работает при выполнении условия стационарности второго порядка, проще говоря, на статистически однородных выборках. Необходимо учитывать, что, с одной стороны, однородность обусловлена расположением проб (это обеспечивается разделением месторождения на отдельные участки-домены, а с другой стороны – тем, как эти пробы получены (какими станками бурились, где анализировались, в каких годах, по какой методике и т.д.).

На одном из золоторудных объектов, разведывавшихся в несколько этапов, возникли проблемы с построением вариограмм. На первом этапе эксперт провел анализ выбора длины композита, для чего данным в файле опробования были присвоены значения года проходки выработки из файла устьев, а затем построены гистограммы, при анализе которых было выявлено следующее различие: до 2005 г. средняя длина проб составляла порядка 2 м, а после 2005 г. – абсолютно четко выраженный 1 м. В итоге, дробление двухметровых проб по метру привело к смещению среднего из-за искусственно созданных содержаний. Экспертизой было рекомендована длина композита 2 м. В этом случае исторические данные сохранятся, а новые «сгладятся».

Аналогичную ситуацию по данному объекту можно было наблюдать и для содержаний.

Блок	Au до 2005 г, г/т	Au после 2005 г, г/т
15ПР_Л29	45,82	3,61
15ПР_46_Л23	12,14	4,86
Итого по рудному телу	8,26	1,32

Как видно, содержания до 2005 г. значительно выше, чем после. Таким образом, авторы смешивают 2 абсолютно статистически различные популяции, а потом безуспешно пытаются строить вариограммы.

Основная масса замечаний по **интерпретации** рудных тел связана с частым отсутствием описания методик расчета рудных интервалов по заданным кондициям в конкретной ГГИС. Несмотря на тотальную «компьютеризацию» геологии за последние десятилетия, расчет рудных пересечений по методике ГКЗ не обрел программного воплощения на

массовом уровне (за редким исключением). Основная причина этого видится в том, что инструмент кондиций, определяющий методику расчета, не применялся в полной мере в зарубежной геологии, а значит, не был «по умолчанию» реализован в наиболее распространенных в РФ ГИС (*CAE Studio, Geovia Surpac, Vulcan*). Единственным исключением является *Micromine*, чья методика выделения рудных интервалов рекомендована протоколом заседания секции ТПИ ЭТС ГКЗ б/н от 19.05.2015.

К настоящему времени расчет рудных интервалов производится, в основном, следующим образом (данные из практики экспертиз):

- «ручной» расчет рудных интервалов в *MS Excel*;
- «автоматический» расчет рудных интервалов с помощью авторских макросов в *MS Excel/MS Access*;
- расчет рудных интервалов в зарубежных программных пакетах на основе авторских скриптов;
- применение отечественного специализированного программного обеспечения.

В любом случае, в тексте отчета должна приводиться методика моделирования, а также список сечений-исключений во избежание лишних вопросов со стороны эксперта.

Довольно часто у экспертизы возникают вопросы касательно **выявления и ограничения ураганных содержаний**, причем главным недостатком почти всегда является отсутствие описания методики как таковой. В лучшем случае она будет описана схематично, но скорее всего, заменена фразами «стандартная методика», «широко распространенная», «успешно применяемая зарубежными компаниями».

По личному опыту экспертиз автор может сказать, в качестве основного способа ограничения большинство геологов применяет квантильный анализ. Скорее всего, это связано с тем, что данный способ является одним из немногих, который имеет описание на русском языке. Классический порядок действий описан в книге Ю.Е. Капутина «Горные компьютерные технологии и геостатистика» [2] и состоит в следующем:

- массив проб сортируется по величине содержания металла и затем делится на заданное количество квантилей (обычно – на 10);
- если последний класс (90–100% проб) содержит более 40% металла, то массив должен быть предварительно очищен от «ураганов»;

– для этого рассчитывается аналогичная таблица только для этого последнего класса; границей «ураганных» проб считается минимальное содержание первого класса, в котором содержится более 10% металла.

К сожалению, первоисточника данного метода в литературе по оценке запасов найти не удалось.


Хочется отметить, что в мировой практике блочного моделирования более популярен графический анализ распределения полезного компонента (анализ гистограмм либо графика вероятности), при этом единственно верный метод не выделяется. Плюсом квантильного анализа является простота реализации и однозначность интерпретации, однако этот способ работает чересчур формально и не всегда применим к выборкам с высокими коэффициентами вариации (особенно для золоторудных месторождений). Можно привести следующий практический пример: на одном из месторождений золота порог ураганных содержаний с помощью квантильного анализа был определен в 19,8 г/т. В то же время на построенной гистограмме порог «ураганов» довольно однозначно идентифицировался на значении 100 г/т, что выглядело более предпочтительным вариантом ввиду того, что «ураган» в 19,8 г/т снижал среднее содержание и запасы на 15,3%. Эксперт рекомендует использовать комплексный подход к выделению и ограничению ураганных содержаний, причем обязательно проводить визуальную проверку пространственного положения выдающихся проб на предмет их возможного выделения в богатый блок с последующим раздельным подсчетом запасов.

Отдельного обсуждения требует порядок предоставления материалов на экспертизу. Напоминаем, что в соответствии с текущими требованиями и рекомендациями при автоматизированном подсчете запасов ПИ компьютерная технология **должна иметь описание используемых методов вычислений и обеспечивать возможность просмотра, проверки и корректировки** исходных данных, результатов промежуточных расчетов и построений и сводных результатов подсчета запасов ПИ. На сегодняшний день в среднем 1 отчет из 5 снабжен пояснительной запиской по методике моделирования и расшифровкой названия файлов и полей. В остальных случаях приходится делать дополнительный запрос, на что уходит время и что особенно критично в свете сокращения сроков проведения государственной экспертизы с 90(+60) до 70(+30) дней. К примеру, при проведении экспертизы по одному из объектов возникла задержка, свя-

званная с тем, что в представленном файле анализ содержалось 4 поля с содержаниями золота, а в тексте не было указано их назначение.

Таким образом, на сегодня ГГИС получили широкое применение при подготовке материалов ТЭО кондиций и подсчета запасов, ФБУ ГКЗ предпринимает попытки совершенствования нормативно методической базы, утвердив «Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию кондиций и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа», но необходимо

предпринять еще несколько шагов. Остро назрела необходимость в разработке требований по предоставлению материалов, выполненных с применением ГГИС, на государственную экспертизу. Это видится небольшим инструктивным документом, регламентирующим исключительно техническую сторону передачи материалов: форматы файлов данных, структуру, расшифровку названий полей и т.д.

Также необходимо внести в действующие нормативные документы четко прописанную формулировку, что если при обосновании ТЭО кондиций и подсчете запасов применяются в том или ином виде ГГИС, то в тексте отчета обязательна глава либо раздел «Методика применения ГГИС». 

---

#### Литература

1. Дюжев С.В. Опыт компьютерного моделирования и подсчета запасов на месторождениях ГК «Петропавловск» // Разведка и охрана недр. 2013. № 11. С. 52–56.
2. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. СПб.: Недра, 2002.

---

UDC 553.043:553.48

S.V. Dyuzhev, head of computer modeling of mineral deposits LLC “Research and Production Geological company” Regis<sup>1</sup>,  
Dujev-s@pokrmine.ru

1. 3 Promyshlennaya street, Western industrial hub, Blagoveshchensk, Amur region, 675027, Russia

## Previous examination of materials conditions feasibility study and reserves calculation made with geological and mining information system. Expertise database

**Abstract.** State Commission on Mineral Resources defined the rules of the state geological expertise, and a list of materials submitted by mining companies, including with regard to computer modeling. The vast majority of materials do not meet these conditions, resulting in the number of negative opinions in recent years is consistently high at around the fourth of the total number of examinations. When building a block model of the deposit made to adhere to a common scheme, for each stage which is characterized by a set of common errors, conventionally divided into methodological and technical. Methodological shortcomings associated with systemic problem – a problem of education and literacy of modern geology. Many questions arise for the quality of the original database. The bulk of the errors of a technical nature and is eliminated by the built-in tools, or by comparison with the primary materials. On poor-quality database to build a qualitative model is impossible. Most of the data errors can be eliminated by imaging and comparison with the appropriate graphics and images, tied in 2D or 3D. The errors of a different kind associated with the use of different survey years. Report authors are often neglected analysis of the study the legality of the inclusion of historical results of calculation base, along with the modern. Not performed classical statistical analysis of samples from different years, although it may lead to serious consequences in the future. The majority of comments on the interpretation of the ore bodies is the frequent lack of description of the method of calculation of ore intervals on the set of conditions in a specific mining and geological information system. The text of the report should be the technique of modeling, as well as a list of sections, exceptions. Often there are questions about the detection and content of top-cut grade, with the main drawback is the lack of description of the methodology. At best it will be described schematically. Sharply there is a need to develop the requirements for the provision of materials made with geological information systems for state examination – a guidance document specifying only the technical side of the transfer of materials: data file formats, structure, deciphering the names of the fields, etc.

**Keywords:** mining and geological information systems; expertise; computer modelling; calculation of reserves

---

#### References

1. Dyuzhev S.V. Opyt komp'yuternogo modelirovaniia i podscheta zapasov na mestorozhdeniakh GK «Petropavlovsk» [The experience of computer modeling and calculation of reserves at the fields of the Group of companies “Petropavlovsk”]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2013, no. 11, pp. 52–56.
2. Kaputin Iu.E. *Gornye komp'yuternye tekhnologii i geostatistika* [Mountain computer technology and geostatistics]. St. Petersburg, Nedra Publ., 2002.