



**А.Е. Александрова**  
ЦНИГРИ,<sup>1</sup>  
ведущий инженер  
aleksandrova@tsnigri.ru



**Д.А. Куликов**  
канд. геол.-мин. наук  
ЦНИГРИ,<sup>1</sup>  
заведующий отделением  
kulikov@tsnigri.ru

# Методы классификации запасов за рубежом

<sup>1</sup>Россия, 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1.

*В работе представлен обзор основных методов классификации запасов, использующихся в настоящее время в международной практике, дана их краткая характеристика, приведены основные классификационные параметры*

**Ключевые слова:** классификация запасов; параметры разведочной сети; геостатистика

**В** настоящее время в международной практике классификации запасов (англ. *resources* и *reserves*) можно выделить два принципиально разных подхода: традиционный, основанный на субъективно выбранных критериях классификации (качественный), и геостатистический, основанный на количественных показателях оценки запасов (количественный).

### Традиционные подходы к классификации запасов

Традиционная процедура классификации запасов, по сути, является обоснованной экспертной оценкой, определяющей в значительной степени, так же, как и оценка запасов, опытом исполнителя – Компетентной персоны.

На большинстве объектов запасы классифицируются на основании комбинации нескольких факторов: густоты разведочной сети (расстояния между скважинами или 3D геометрии проб), наличия и диапазона корреляционных связей (определяется вариографией), степени достоверности геологической информации и математически обоснованных показателей достоверной интерполяции, определенных в результате геостатистических исследований (радиус эллипсоида поиска, максимальное и минимальное количество проб, необходимых для оценки элементарного блока, минимальное количество скважин в интерполяции и максимальное количество проб из одной скважины, а также другие параметры моделирования (критерии поиска)). Также при классификации запасов могут учитываться такие факторы как особенности литологического состава рудовмещающих толщ (в выделенных по литологическому составу доменах при одной и той же густоте разведочной сети для классификации запасов одной категории используются разные величины классификационных параметров), мощность рудоносного горизонта (зоны, тела) и т.п.

Комплекс критериев, выбираемых для классификации запасов, и величина граничных параметров зависят от морфологии рудных тел, характера распределения минерализации, сложности геологического строения, степени разведанности объекта и других особенностей, влияющих на достоверность оценки запасов.

На месторождениях, характеризующихся высокой непрерывностью минерализации между скважинами в диапазоне (вариограммы) сопоставимом или превышающем по длине параметры ячейки разведочной сети, классификация запасов может проводиться с учетом только густоты разведочной сети (непосредственно по параметрам сети или с использованием фиксированного радиуса влияния разведочных выра-

боток, отличного от параметров разведочной сети, диапазона вариограммы и радиусов поиска). Такая классификация проводится, как правило, на месторождениях относительно простого строения разных геолого-промышленных типов: пластовых (стратиформных – *Katanga* (Cu-Co), *Kipushi* (Cu-Zn), Конго; сульфидных медно-никелевых – *Samapleu* (Ni-Cu), Кот-д’Ивуар), кор выветривания – *Nyngan* (Sc), Австралия; *Agata* (Ni), Филиппины), реже – штокерковых (линейных и изометричных), кимберлитовых трубках и т.п.

На месторождениях, характеризующихся неравномерным или прерывистым распределением минерализации, сложной геометрией рудных тел или/и сложным геологическим строением месторождения в целом, при классификации запасов всегда учитывается геометрия пространственного (3D) положения проб.

Технически область распространения запасов с учетом 3D геометрии положения проб определяется следующими способами:

а) параметрами разведочной сети, такими как:

- расстояние от ближайшей скважины до центроида (обычно 1/2–2/3 ячейки сети; на золоторудном месторождении *Longstreet* (США) для запасов кат. *Indicated* принято расстояние до центроида < 15 м при параметрах разведочной сети 30×30 м; на медноколчеданном месторождении *Chibuluma* (Конго) для запасов кат. *Indicated* принято расстояние до центроида 40–60 м при параметрах разведочной сети (50–100)×(50–100) м;

- фиксированное расстояние, логически связанное с параметрами разведочной сети. Например, на месторождении *Peñasquito* (Чили) основная разведочная сеть – 50×50 м, запасы *Measured* классифицируются при наличии 3 скважин в радиусе 55 м от центроида блока (при расстоянии между скважинами 50 м, 55 м – минимальный радиус захватывающий не менее 3 скважин); на месторождении *Blackwater* (США) основная разведочная сеть – 50×50 м, запасы *Indicated* классифицируются если центроид блока находится в пределах 38,5 м от ближайшего композита и среднее расстояние от двух ближайших композитов из разных буровых скважин не превышает 38,5 м (это условие удовлетворяется при разведочной сети 50×50 метров с буфером 10%);

- параметры разведочной сети и минимальное расстояние до ближайшей пробы (разведочная сеть с пятой точкой в центре) – *Maricunga* (Чили), *Krumovgrad* (Болгария);

б) параметрами вариограммы:

- радиус поискового эллипсоида (величина меняется по осям в зависимости от анизотро-

Примеры месторождений	морфология рудных тел	Способ определения расстояния	Расстояние по простиранию до ближайшего композита, м		количество скважин	количество проб	число октантов и количество проб в октанте	содержание полезного компонента/ мощность	оценочный прогон	разумная перспектива экономической добычи (с учетом цены)	сходимость при заверше модели другим методом
			Measured	Indicated							
Samapleu (Кот-д'Ивуар), Salave (Испания), La Joya (Мексика), Norton Lake	линзовидные круто- и пологозалегающие тела относительно простого строения	сеть	< 15	< 50		± <sup>4</sup>		± <sup>4</sup>		± <sup>4</sup>	
Kipushi, Kalukundi, Katanga (Конго); Chibuluma (Замбия), Nyngan (Австралия), Agata (Филиппины), Talvivaara (Финляндия), Yaouge (Кот-д'Ивуар), Kamoa, Los Azules (Аргентина), Paracatu (Бразилия)	пластообразные и линзообразные круто- и пологозалегающие тела относительно простого строения	сеть, редко диапазон вариограммы	25–50 100–150	40–100 200–400	± <sup>4</sup>	(±)		(±)	± <sup>4</sup>	± <sup>4</sup>	
Zinkgruvan (Швеция), Cove, Gold Rock, Atlanta (США) Livengood и Northmet (США)	субпластовые штокверки, пласто- и линзообразные тела в тектонически нарушенном залежании (сочетание круто- и пологозалегающих структур)	эллипсоид поиска	20–50 90–100	50–85 180–200	+ <sup>1</sup>	+	± <sup>4</sup>		+		
Krumovgrad (Болгария), El Compas (Мексика), Longstreet, Waihi (Новая Зеландия), Don Nicol6s, Pirquitas (Аргентина), Chelorech (Болгария), Guadalupe (Мексика), Saza-Makongolosi, Seabee (Канада), Paul Isnard (Гвиана), Buffalo Reef (Малазия), SGX (Китай), Burnakura (Австралия)	крутопадающие минерализованные жильно-прожилковые и жильные зоны, а также жилы относительно простого строения	эллипсоид поиска, сеть	< 10–25	< 25–50	±	±		± <sup>4</sup>	(±)	± <sup>4</sup>	± <sup>4</sup>
Reefton (Новая Зеландия), Sierra Mojada (Мексика)	крутопадающие минерализованные прожилково-вкрапленные и жильные зоны сложного строения, системы круто и пологопадающих залежей	эллипсоид поиска, редко диапазон вариограммы	< 20–40	< 75	± <sup>1</sup>	+	± <sup>4</sup>	± <sup>4</sup>		± <sup>4</sup>	
Didipio (Филиппины), Sangdong (Ю. Корея), Blackwater (Канада), Maricunga (Чили), Cerro del Gallo (Мексика), Southern Oyu (Монголия), El Morro, Caspiche и Pecasquito (Чили); Boa Esperanza (Бразилия)	штокверки и штокверкоподобные крутопадающие (до субвертикальных) тела	диапазон вариограммы, эллипсоид поиска сеть	20–50 < 50–70	50–100 < 110–130	±	±	(±)	(±)	(±)	± <sup>4</sup>	
<sup>1</sup> в том числе учтены месторождения, на которых число скважин выражено через число проб, необходимых для классификации, и максимальное число проб в одной скважине <sup>2</sup> в том числе учтены месторождения, на которых число проб выражено через число скважин, необходимых для классификации, и максимальное число проб в одной скважине <sup>4</sup> параметры встретившиеся на одном из месторождений рассматриваемой группы											

**Таблица 1.**

Основные параметры, используемые в международной практике при классификации запасов традиционным методом (в зависимости от морфологии рудных тел) (+ встречается на всех месторождениях группы, ± встречается часто, но не на всех месторождениях группы; (±) встречается редко, на нескольких месторождениях группы)

пии, для кат. *Measured* одно из значений обычно равно или превосходит (до 20%) параметры сети; *Buriticá* (Au-Ag), Колумбия; *Didipio* (Au-Cu), Филиппины);

– доля радиуса поискового эллипсоида (например, *Norton Lake*, Канада: *Measured* – объем эллипсоида поиска 0–80%, *Indicated* – объем эллипсоида поиска 80–120% *Inferred* – объем эллипсоида поиска > 120%) или диапазона вариограммы (например, *Chibuluma*, Конго: *Measured* – 2/3 отклонения порога).

На месторождениях сложного строения (штокверках и штокверкоподобных залежах, месторождениях в крутопадающих минерализованных зонах и в тектонически нарушенном залегании) применяется больше классификационных параметров, используется ограничение количества скважин и проб, числа октантов и/или числа проб в октанте (*табл. 1*).

#### Количественные методы классификации запасов

Современными системами отчетности признаются общепринятые классификационные принципы, однако использование количественных критериев для объективных и точных определений категории запасов поощряется (*JORC* 2012).

Традиционные подходы к классификации, такие как расстояние до ближайшей пробы или количество проб в поиске, являются качественными и основаны на субъективно выбранных критериях классификации. Получить количественные показатели позволяют геостатистические критерии.

Геостатистический подход к классификации запасов (англ. *resources* и *reserves*) используется в международной практике с 1970-х гг. (*Royle* 1977; *Diehl and David* 1982). В 2000-е гг. он стал особенно популярен (*Blackwell* 1998; *Arik* 1999; Синклер и Блэквелл 2000; *Snowden* 2001; *Schofield* 2001; *Dimitrakopoulos* 2002; *Abzalov and Bower* 2009; *Abzalov* 2010). Однако до сих пор на подавляющем большинстве объектов классификация запасов осуществляется традиционными методами (по густоте разведочной сети и диапазонам корреляционных связей основных оценочных параметров (преимущественно содержания)).

Количественные методы классификации базируются на оценках неопределенности моделирования таких параметров, как содержание и объем руды (который во многом устанавливается геологической интерпретацией и геологическими границами). Определение качества оценки осуществляется путем расчета дисперсии (выявлении участков разной (высокой/средней/низкой) достоверности в модели) с применением выходных данных кригинга, вспомогательных

функций (например, F-функции) или условного моделирования. Такие факторы как качество данных и надежность геологической модели при этом не учитываются.

Существует много различных геостатистических методов для классификации запасов (англ. *resources* и *reserves*), различающихся по степени строгости геостатистических исследований. Обычно используются следующие геостатистические критерии классификации запасов:

– вариация кригинга (*Royle* 1977; *Blackwell*, 1998);

– комбинирование различных математических формул нескольких геостатистических параметров (*Krige* 1996; *Arik* 1999; *Snowden* 2001);

– дисперсия оценки объемов добычи, полученная с помощью условного моделирования (*Dimitrakopoulos*, 2002);

– вероятность того, что содержание в эксплуатируемом забое превышает определенный порог (*Davis* 1992; *Schofield*, 2001; *Dimitrakopoulos*, 2002);

– вспомогательные геостатистические функции (*Annels*, 1991);

– классификация, связанная с неопределенностью плана добычи.

В настоящее время нет единой универсальной методики классификации запасов и согласия между практикующими специалистами относительно того какие критерии классификации и уровни погрешности точности следует использовать для определения категорий запасов (англ. *resources* и *reserves*).

В частности, *Royle* (1977) предложил классифицировать запасы по оценкам точности одиночных кригинг-блоков. Альтернативный подход – количественная оценка категории запасов путем применения геостатистических критериев классификации к блокам, объем которых отвечает нескольким месяцам производства (*Diehl and David*, 1982; *Davis* 1992).

Разные подходы существуют также к области применения уровня допустимых ошибок. В одном случае предлагается устанавливать разные уровни ошибок для разных категорий запасов (*Diehl and David*, 1982): допустимая погрешность  $\pm 10\%$  соответствует запасам категории *proved reserves*,  $\pm 20\%$  – *probable reserves*,  $\pm 40\%$  – *Indicated resources*;  $\pm 60\%$  – *Inferred reserves*. Другой подход заключается в использовании одинакового уровня ошибки для всех категорий, при различных размерах оцениваемых блоков (*Davis* 1992).

Уровень допустимых погрешностей точности, используемых для классификации запасов на разных месторождениях колеблется в пределах 10–20%.

**Вариация кригинга.** Наиболее простым способом классификации запасов является оценка дисперсии кригинга (квадрата ошибки между фактической и смоделированной оценкой) в элементарном блоке, с автоматическим разделением интерполированных (меньшая дисперсия, большая достоверность) и экстраполированных блоков (более высокая дисперсия, меньшая достоверность).

Дисперсия кригинга – это побочный продукт кригинга, показывающий относительную меру достоверности оценки исходя из геометрии расположения проб в ближайшем окружении в соответствии с моделью вариограмм (рассчитывается из вариограмм и весов кригинга и не учитывает то, что потенциальная ошибка оценки для участков, где пробы ближайшего окружения имеют больший разброс содержаний может быть выше, чем для участков, где пробы ближайшего окружения имеют схожие содержания).

Метод имеет ограничения и не может быть применен на объектах, характеризующихся наличием вложенных структур.

**Комбинирование различных математических формул нескольких геостатистических параметров** (в настоящее время наиболее часто используется для объективной категоризации запасов на ранних этапах разведки).

На месторождениях, характеризующихся наличием вложенных структур, *Krige* предложил использовать сочетание двух параметров: эффективности кригинга и наклона регрессии (*Krige*, 1996). Впоследствии оказалось, что применение этих параметров для классификации также имеет ограничения.

В результате поиска универсального и оптимального сочетания разных параметров кригинга появилось множество вариантов метода.

Наиболее часто для классификации запасов используются такие параметры, как:

– эффективность кригинга (KE, %) – соответствие между гистограммой рассчитанных содержаний в оцениваемом блоке модели и гистограммой истинных содержаний в этом же блоке.

$$KE = (\text{дисперсии по блокам } (BV)\text{-дисперсия кригинга } (KV)) / (\text{дисперсии по блокам});$$

наклон линии условной погрешности (Conditional bias slope) =

$$(\text{дисперсия по блокам-дисперсия кригинга} + \text{множитель Лагранжа}) / (\text{дисперсия по блокам-дисперсия кригинга} + 2 * (\text{множитель Лагранжа})),$$

– наклон регрессии (Slope of regression; R) – отношение оценённых значений к истинным неизвестным,

– отклонение от нижнего (90%) доверительного предела – вероятность с которой оцениваемая величина будет отличаться от реальных средних значений,

– вариации (дисперсия) кригинга (KV).

Метод эффективен при относительно равномерной разведочной сети, но не может быть применен без введения дополнительных параметров, учитывающих геометрию и пространственную непрерывность месторождения, на слабо и неравномерно изученных объектах. Поэтому, помимо геостатистических параметров (в разных сочетаниях) часто учитываются пространственная непрерывность месторождения, 3D геометрия положения проб, параметры разведочной сети (*табл. 2*).

**Классификации запасов по уровню ошибок оценки качества и тоннажа руды в блоках, отвечающих по размеру нескольким месяцам производства** (используется, преимущественно, на стадии добычи). В качестве опорных точек для классификации запасов обычно используются блоки, сопоставимые по размеру с годовыми и квартальными объемами производства (*Abzalov and Bower*, 2009). Хотя возможны и другие варианты. Например, на никелевом месторождении *Rocky's Reward* (Австралия) запасы категории *Measured* были определены с помощью объема блока равного месячной производительности рудника.

Уровень приемлемой погрешности точности определяется из предполагаемой прибыли или установленных для данного конкретного объекта стандартов отчетности. При невозможности фактического расчета уровня допустимой ошибки предлагается для объектов, характеризующихся устойчивой экономикой, принять следующие пороговые значения:

– запасы категории *Measured* включают минерализацию, для которой тоннаж и качество руды в блоке по размеру сопоставимом с ежеквартальной добычей, оцениваются с неопределенностью  $\pm 10\text{--}15\%$  и уровнем доверия (*confidence level*, *CL*)  $90\text{--}95\%$ ;

– запасы категории *Indicated* включают минерализацию, оцененную с неопределенностью  $\pm 10\text{--}15\%$  и уверенностью (*CL*)  $90\text{--}95\%$  в блоке, равном по размеру годовой производительности предприятия;

– запасы категории *Inferred* включают минерализацию, тоннаж и сорт которой оценивается в блоке, равном по размеру годовой производительности рудника, с неопределенностью  $30\%$  при  $90\text{--}95\%$  доверительной вероятности (*CL*).

По результатам тестовых испытаний, выполненных на нескольких горнодобывающих проектах различного типа (*Abzalov and Bower*

Название объекта	Классификационные параметры
Buriticb (Au-Ag), Колумбия	<i>Measured</i> – радиус эллипсоида 10–15 м, минимум 8 проб, наклон линии усл. погрешности 0,8–0,6 <i>Indicated</i> – радиус эллипсоида 25–40 м, количество проб 4–8, наклон линии усл. погрешности 0,5 <i>Inferred</i> – радиус эллипсоида < 100 м, количество проб 3–8 (в единичных случаях допускалось: радиус эллипсоида до 150 м, минимум 1 проба)
Вертикальное (Au), Россия*	<i>Indicated</i> 1–2 прогон, эффективность кригинга > 60%; наклон регрессии 0,9–1 <i>Inferred</i> все остальное Примечание: параметры интерполяции: дискретизация 34343; из одной скважины не более 2 проб; 1 прогон – радиус эллипсоида поиска 122 м, количество проб – 15–40, 2 прогон – радиус эллипсоида поиска 185 м, количество проб – 15–40, 3 прогон – радиус эллипсоида поиска 240 м, количество проб – 3–10
Группа месторождений региона Ashanti (Au), Гана	<i>Measured</i> – не менее 60% диапазона вариограммы; минимальное число проб 27, минимальное число скважин 9; нижний доверительный предел (блоки) – < 20% от среднего значения (80% достоверности); эффективность кригинга > 40%; отклонение от нижнего 90% доверительного предела < 10% от середины; регрессия – 90% <i>Indicated</i> – средний ряд вариограммы; минимальное число проб 12, минимальное число скважин 4; нижний доверительный предел (блоки) – 20–40% от среднего (доверие 80–60%); эффективность кригинга – 10–40%; отклонение от нижнего 90% доверительного предела – 10–20%; регрессия – 60–90% <i>Inferred</i> – за пределами диапазона вариограммы; минимальное число проб не ограничено, минимальное число скважин 1; нижний доверительный предел (блоки) – > 40% (< 60% доверия); эффективность кригинга < 10%; отклонение от нижнего 90% доверительного предела > 20%; регрессия < 60%
* месторождение находится на территории России, лицензией на пользование недрами владеет канадская компания <i>Silver Bea</i> – разведка и оценка месторождения проводится по международным стандартам международными специалистами	

Таблица 2.

Примеры параметров категоризации запасов с учетом уровня достоверности кригинга

2009; Abzalov 2010, 2013), методика признана надежной для объективной классификации запасов полезных ископаемых.

Данный метод может быть также использован для оптимизации разведочной сети. В этом случае оценка погрешностей производится путем создания методом условного моделирования серии имитационных моделей, характеризующих объект при разной густоте разведочной сети. Моделироваться может как разрежение, так и сгущение сети. Оптимальной принимается сеть, при которой максимальное количество показателей (содержание основных и попутных полезных компонентов, и вредных примесей, мощность рудного тела, для месторождений пластового типа – глубина залегания подошвы и кровли рудоносного горизонта и т.п.), выбор которых меняется в зависимости от вида сырья и геолого-промышленного типа месторождения, демонстрирует установленный для объекта уровень погрешности.

#### Вспомогательные геостатистические функции

Величина ошибки содержания металла, мощности рудного тела и объемного веса пород может быть выведена через вспомогательные функции ( $\chi$ ,  $F$ ,  $\gamma$  – функции, в зависимости от геометрии оцениваемого пространства – линии, прямоугольника или параллелепипеда, соответственно).

Наиболее часто среди вспомогательных функций для классификации запасов применяется F-функция (*Gamma-bar parameters* – *Journal*

*and Huijbregts*, 1978; *Annels* 1991; *Olea* 1991), представляющая собой значения вариограммы, усредненные по всем векторам, содержащимся внутри прямоугольного блока. Важное свойство F-функции заключается в том, что она показывает разброс в определении изменчивости признака (отражает разницу дисперсий) в любой точке, имеющей отношение к рассматриваемому блоку. Другими словами, среднее значение по вариограммам, построенным по всем возможным направлениям, в прямоугольном блоке равно принципиально возможной погрешности, которая будет характерна для всего блока, исходя из прогнозирования среднего качества оцениваемого параметра в блоке, произведенного на основании значения, определенного по точке наблюдений, которая может занимать любую позицию в блоке.

В единичном блоке производится дискретизация. На основании модели вариограмм, принятой для месторождения/домена, по точкам дискретизации в пределах блока вычисляется множество вариограмм по всем возможным направлениям, значения вариограмм усредняются до одного значения, что является показателем вспомогательной F-функции.

Ошибки оценки (содержания основных полезных и вредных компонентов, мощности и др.) рассчитываются путем деления значения F-функции, определенного в блоке, сопоставимом по размеру с производительностью рудника за несколько месяцев (например, для запасов кат. *Indicated* – год, *Measured* – квартал), на число блоков равных по размеру ячейке раз-

ведочной сети, содержащихся в объеме руды, составляющем годовой (для запасов категории *Indicated*) или квартальный (для запасов категории *Measured*) объем добычи предприятия.

### **Условное моделирование**


Условное моделирование представляет собой инструмент, позволяющий повысить достоверность других методов.

Условное моделирование – это процесс, при котором оценка для любого заданного блока представлена не одним средним значением, а гистограммой, определяющей распределение оценок (*Journel, pers. comm., 1995*), которые можно суммировать в виде среднего, минимального, максимального или любого другого статистического показателя распределения. Классификации запасов с помощью условного моделирования заключается в определении достоверности основных оценочных параметров в каждой точке локации, или по блоку в целом, или за какой-то (любой) отчетный период. Например, блоки с высокой достоверностью, в которых содержания с отклонением  $\pm 10\%$  от средней смоделированной оценки интерполируются с достоверностью более 90%, могут быть

определены как запасы кат. *Measured*, а блоки с более низким доверительным пределом – как *Indicated* или *Inferred*.

### **Основные мировые тенденции по совершенствованию методов классификации запасов**

Существующие на сегодняшний день методы классификации запасов, как уже упоминалось выше, во многом субъективны, опираются на опыт Компетентных лиц или статистические показатели, полученные на основе оценки достоверности процесса моделирования (интерполяции) и не учитывающие достоверность геологических данных.

С целью повышения надежности выделяемых при классификации категорий запасов, начиная с 2000-х гг. проводятся исследования по возможности включения геологических данных и оценки их достоверности в процесс классификации запасов (*Jackson et al, 2003; Dominy, Noppe and Annels, 2004*), обсуждается применимость для классификации запасов количественных показателей, относящихся к добыче (*Henry and Parker, 2005*) и модифицированных принципов финансового аудита (*Stoker, 2004, 2005*). 

---

### **Литература**

1. Abzalov M.Z. (2016). Applied Mining Geology/ Modern Approaches in Solid Earth Sciences. Springer International Publishing Switzerland, p. 443.
2. Abzalov M.Z. Bower J (2009) Optimisation of the drill grid at the Weipa bauxite deposit using conditional simulation. In: Seventh International Mining Geology Conference, AusIMM, Melbourne, pp. 247–251.
3. Agata Nickel Project/ Technical Report 43-101/ Scoping Study/ Boyd Willis, Mark G. Gifford, November 19, 2010. p. 276.
4. Amended Technical Report and Preliminary Economic Assessment on the Nyngan Scandium Project, NSW, Australia/ Brisbane, 2015, 153 c.
5. Cove Exploration Project. Technical Report 43-101. Lander County, Nevada/ Prepared by Practical Mining LLC, January 2, 2014. p. 133.
6. Independent Technical Report: Norton Lake Nickel-Copper-Cobalt Deposit, Scott Jobin-Bevans, Robert S. Middleton, Elisabeth Ronacher, Jenna McKenzie. Caracle Creek International Consulting Inc., Sudbury, May 1<sup>st</sup>, 2009. p. 404.
7. Kipushi 2017 Prefeasibility Study/ Bernard Peters, Michael Robertson, Jeremy Witley, W Joughin, John Edwards. Ivanhoe Mines LTD., January 2018. p. 468.
8. Livengood Gold Project. Canadian National Instrument 43-101 Technical Report. Livengood, Alaska. Prepared for: International Tower Hill Mines Ltd. September 4, 2013. p. 205.
9. Saza-Makongolosi Gold. Project (SMP), Tanzania. Technical Report NI 43-101. Prepared by: Desmond Subramani, Pr.Sci.Nat. for Helio Resource Corporation. March, 2014. p. 156.
10. Snowden D.V. (2001) Practical interpretation of mineral resource and ore reserve classification guidelines. Mineral resource and ore reserve estimation – the AusIMM guide to good practice (Monograph 23). P. 21.
11. Stoker P. and Moorhead C. (2009) Confidence in Resource Estimates – Beyond Classification. In: Seventh International Mining Geology Conference, AusIMM, Melbourne, pp 268-272.
12. Technical Report on the Material Assets of Katanga Mining Limited, Lualaba Province, Democratic Republic of Congo/ Tahir Usmani, Christiano Santos, Nicholas Dempers. Kamoto Copper Company S.A., March 31, 2018. p. 315.

---

**UDC 553.04**

**A.E. Aleksandrova**, Leading Engineer, TsNIGRI<sup>1</sup>, [aleksandrova@tsnigri.ru](mailto:aleksandrova@tsnigri.ru)  
**D.A. Kulikov**, PhD, Division Manager, TsNIGRI<sup>1</sup>, [kulikov@tsnigri.ru](mailto:kulikov@tsnigri.ru)

<sup>1</sup>Varshavskoe sh. 129 bld.1, Moscow, 117545, Russia.

## **Foreign Methodologies for Reserves Classification**

**Abstract.** The paper presents an overview of main reserves classification methods used in international practice, their brief characteristic, and basic classification parameters

**Keywords:** reserves classification; exploration grid parameters; geostatistics



ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
АГЕНТСТВО  
ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ



**ГКЗ**



**ЕСОЭН**  
ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ ЭКСПЕРТОВ  
ПО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЮ

**ПЯТИГОРСК**

**2–4 ОКТЯБРЯ 2019 Г.**

**ЕЖЕГОДНАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

# «ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ - 2019»

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ, ПЯТИГОРСК, УЛ. ПЕРВАЯ БУЛЬВАРНАЯ, 17, БИЗНЕС-ОТЕЛЬ «БЕШТАУ»

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



ОПЕРАТОР КОНФЕРЕНЦИИ:  
АООП «НАЭН»

**НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ** ...

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПАРТНЕР  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## Основные темы конференции:

- поиски и разведка месторождений подземных вод
- подсчет запасов подземных вод
- разработка и эксплуатация месторождений подземных вод
- подземные сооружения
- гидрогеология месторождений полезных ископаемых (ТПИ, месторождения УВ, гражданское строительство)
- охрана подземных вод от загрязнения
- развитие системы ГМСН
- недропользование и экспертиза запасов подземных вод
- работа ЦКР Роснедр по МПВ и ПС
- рациональное недропользование и экспертиза проектов ГИН
- практика подготовки и экспертизы проектов ГИН с целью поисков и оценки подземных вод
- состояние и использование запасов минеральных подземных вод на территории региона Кавказские Минеральные Воды
- основные проблемы организации водоснабжения Крымского полуострова
- пути решения проблем водоснабжения вододефицитных регионов России качественной питьевой водой

*Результаты конференции будут использованы для совершенствования государственной политики, нормативной и законодательной базы в области гидрогеологического изучения и использования подземных вод.*

Заявки на выступления с докладами – до 20.09.2019, на участие в качестве слушателей – до 26.09.2019.

Организационные вопросы – Екатерина Бойкова, +7(916)5116929, boykova@naen.ru