

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **040137**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.04.25

(51) Int. Cl. **G01V 99/00** (2009.01)
G06F 17/50 (2006.01)

(21) Номер заявки
201800031

(22) Дата подачи заявки
2017.12.04

**(54) СПОСОБ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ
ТВЕРДОГО ИСКОПАЕМОГО ПО ГОРИЗОНТАМ РУДНИКА**

(31) 2017/0697.1

(32) 2017.08.21

(33) KZ

(43) 2019.02.28

(96) KZ2017/090 (KZ) 2017.12.04

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и
патентовладелец:

КУРМАНКОЖАЕВ АЗИМХАН (KZ)

(56) Руденко В.В. и др. Многомерный
метод квалиметрической оценки комплексных
меторождений полезных ископаемых. Горный
информационно-аналитический бюллетень, № 7,
2009, с.138-146
KZ-A4-27968
EA-B1-026718
RU-C2-2586030
US-A1-20070185750

(57) Способ квалиметрической подготовки геологических запасов твердых ископаемых по горизонтам рудника, включающий геологические запасы и информации, признаки районирования, формирование качества, картирование содержаний, отличающийся тем, что модернизация формирования качества на базовом уровне геологоразведки выполняется путем квалиметрического воспроизводства районированных геологических участков и картирования их по горизонтам, содержащих дифференцированные в основе модальных геоиндикаторов по параметрам концентрации, изменчивости и кондиционности качественные, модотипные, рядовые и приконтурные руды, в пределах которых экспериментально подтверждено уменьшение дисперсии и неопределенности, повышение однородности и точности геологического содержания до ранее не достигнутого оптимума, пространственное районирование и оконтуривание их проводится по расчетным размерам площадей по этим участкам, определяемых исходя из пространственной связи геометрической единицы влияния проб и статистического интервала вариационного ряда распределения. Технический результат - повышение квалиметрической однородности и готовности геологических запасов до устойчивого оптимума разведанности и стабилизации качества рудных продукций. Сокращаются затраты на эксплоразведки и стабилизации качества, время и трудоемкость принятия решений по квалиметрическим картам.

B1**040137****040137****B1**

Изобретение относится к квалитетическому формированию качества запасов и может быть использовано при разведке, подготовке и выемке запасов твердых ископаемых.

Целью изобретения является квалитетическая модернизация скалярного массива геологических запасов по параметрам однородности, концентрации и изменчивости геологического содержания, обеспечивающая повышенную готовность извлекаемых запасов к техническим условиям и спросу рынка.

Модернизация формирования качества на базовом уровне геологоразведки и подготовки запасов выполняются путем квалитетического воспроизводства дифференцированно районированных геологических участков на картографической основе, содержащих качественные и рядовые и приконтурные запасы руды, типомформированные по однородности, кондиционности, концентрации и изменчивости содержаний компонентов с помощью квалитетических геоиндикаторов. Используются естественные геолого-генетические свойства модальной характеристики качества, отличающиеся непрерывностью пространства, реальным отображением и геометрической оконтуриваемостью в пространстве залежи, высокой статистической информативностью и несмещенностью при наличии неопределенности, функциональным связям ее средним значением и другими параметрами распределения содержания.

Известна группа способов по анализу и описанию качественных особенностей рудного сырья, ориентированных к процессам переработки и планирования выемки путем использования зависимостей, связанных с геотехнологическими свойствами руд и геоиндикаторными признаками.

"Способ анализа рудно-минерального сырья" [патент РФ; № 1476914 МПК C22B 1/00, 12.02.1987]. Сущность заключается в осуществлении анализа вычисленных содержаний групп оксидов элементов и определение состава руд с привлечением графических приемов. Используются координатные оси развернутого прямоугольного тетраэдра, на которых, откладывая в разных направлениях сумму основных оксидов и сумму оксидов щелочных металлов, получают фигуративные точки, характеризующие состав данного сырья. Сравнивая нахождение точек с определенными ранее полями диаграммы, соответствующими переработке сырья, устанавливают тип минерального сырья и характер его дальнейшей переработки.

Однако определение типа минерального сырья только графическими приемами без привлечения типа определяющих количественных критериев недостаточно для обеспечения достоверности результатов оценки разновидностей типосортов руд.

Известен "Способ геотехнологической дифференциации руд при разведке для выщелачивания" [патент РФ; № 02092689 МПК E21B 43/28, 10.10.1997]. Способ включает оконтуривание и геотехнологическую дифференциацию руд инфильтрационных месторождений, и заключается в осуществлении асептического опробования активности сульфатредуцирующих микроорганизмов. Картируют изолинии содержания бактерий, выделяются зоны, соответствующие высоким концентрациям бактерий, относят к высокосортным, зоны со средней активностью бактерий относят к кондиционным, а зоны с низкими концентрациями бактерий причисляют к некондиционным. По этим индикаторам устанавливают зоны оруднения разного геотехнологического качества для выбора способа выщелачивания. Однако уровень концентрации бактерий, как геоиндикатор дифференциации руд по степени кондиционности, приемлем редко встречающихся полезных ископаемых, не привлечены дополнительные критерии для дифференцированного оконтуривания участков разно-кондиционных руд.

Известен "Способ определения содержания полезного компонента во взорванной горной массе при ее выемке на карьерах" [патент РФ № 02386032 МПК E21C 41/21, 10.04.2010]. Способ включает определение распределения содержания полезного компонента в объеме буровзрывного блока методами геостатистики, маркшейдерскую съемку поверхности развала, математической модели расчета развала блока, распределение содержания полезного компонента в развале, вычисляют распределение среднего по высоте развала, которые используются, как достоверная информационная основа для оперативных планов выемки взорванной горной массы.

Однако в этом способе не рассматриваются пространственные закономерности размещения содержаний компонента в пределах взорванной горной массы, и влияния их на точность оценки среднего значения содержания компонента в развалах горной массы.

Известна группа способов, тождественных по сущности использования зависимостей, связанных с различными свойствами пород в качестве геоиндикаторных признаков идентифицирования при изучении и геологическом картировании породного массива.

"Способ картирования содержаний породообразующих минералов интрузивных пород" [патент UZ; №5058508/25, G01V 9/00, 27.03.1997]. Сущность изобретения: проводят многозональную космическую съемку спектральной яркости пород, петрографические исследования, используя зависимость спектральной яркости пород от количественного минералогического состава, по данным многозональной съемки спектральной яркости поверхности рельефа строятся карты изолиний содержаний породообразующих минералов интрузивных массивов.

Однако использование зависимости спектральной яркости пород от количественного минерального состава для построения карты изолиний содержаний минералов интрузивных массивов требуют не только специального наземного и лабораторного исследования этой зависимости, и точности ее аналитического описания, а также и других геоиндикаторных величин, обеспечивающих широкую приемлемость

данного способа.

"Способ картирования участков околорудных постмагматически измененных пород" [патент РФ № 02055376 МПК G 01V 11/00, 27.02.1996]. Сущность изобретения: для картирования участков околорудных постмагматически измененных пород выделяют на топографической карте элементарные ячейки квадратной формы, измеряют в ячейках суммарную длину тальвегов постоянных и временных водотоков, определяют в ячейках положительные и отрицательные отклонения от фоновых значений измеренных величин, и по экспериментально установленной зависимости по сочетанию отклонений одного или разного знака судят о наличии и типе постмагматически измененных пород.

Аналогичен "Способ картирования участков околорудных постмагматически измененных пород на основе изучения аномалий расчлененности рельефах" [Трушин А.В., Ананьев Г.С., Геоморфология, №4, 1972, с.43-51]. Способ заключается в следующем. На топографической карте измеряют значения суммарной длины тальвегов постоянных и временных водотоков эрозионной сети современного рельефа. Выделяют элементарные ячейки квадратной формы. В элементарных ячейках определяют отрицательные отклонения от фоновых значений суммарной длины тальвегов, и по этим отклонениям судят о наличии участков окварцованных пород, перспективных для поисков золотого оруднения.

Недостатками этих способов являются их малая эффективность, так как участки отрицательных отклонений суммарной длины тальвегов занимают значительную площадь, что, в конечном итоге, удорожает поисковые работы, а также приверженность процедур измерений длин тальвегов, их отклонений от фоновых величин, связанных с изменениями временных водотоков, к допущению недопустимых ошибок.

Известен "Способ оценки потенциальной продуктивности территории для конкретного вида рудных полезных ископаемых" [патент РФ № 02570234 МПК G01V 9/00, 27.12.2013]. Сущность: получают информацию о геологических образованиях и структурах данной территории. Разделяют полученную информацию по отдельным признакам, систематизируют их по каждому признаку конкретного рудного ископаемого, ранжируют по значимости. Полагают, что этот признак информативен, намного меньше, чем линейные размеры оцениваемой территории, оценивают каждый признак относительно эталона в баллах по десятибалльной шкале и определяют коэффициент геологической изученности участка территории. На основании полученных данных рассчитывают потенциальную продуктивность территории.

Однако в этом способе использование результатов ранжирования систематизированных признаков по значимости и предполагаемым степеням их информативности в качестве оценочных величин или критериев недостаточно обосновано, не учтены геометрические и количественные их характеристики. Тем самым, не обеспечивается достаточная достоверность оценки степени рудоносности данной территории.

В этой группе способов недостаточно отражены или отсутствуют аналитические оценки, описывающие использованные зависимости и количественные критерии идентификации целевых представлений, что влияет на эффективность их применения в различных задачах геологии.

Известна группа способов, аналогичных по подходу к выбору геоиндикаторов для обнаружения нарушений и информационной подготовки местности применительно к задачам геохимического картирования с целью изучения структуры земной коры.

"Способ обнаружения разрывных нарушений в интрузивных массивах" [патент СССР № 996975, кл. G01 V9/00, 1983] включает отбор проб, их анализ на наличие количественного содержания микроклина, принимаемого за индикатор тектонических нарушений, нанесение на карту данных анализа, выявление проб по содержанию микроклина, относящихся к одной группе, выделение линейных зон размещения групп, и по их пространственному положению определения разрывных нарушений.

Известен аналогичный "Способ обнаружения разрывных нарушений" [патент РФ № 4760598/25, 30.01.1994], включающий отбор проб, анализ их вещественного состава, выделение по результатам анализа индикаторов нарушений, выявление на карте линейных зон расположения индикаторов и суждение по их пространственному положению о местонахождении разрывных нарушений, отличающихся тем, что с целью расширения области применения способа, анализируют пробы на содержание олова (Sn), хрома (Cr) и кобальта (Co), рассчитывают отношения Sn/Cr и Sn/Co, в качестве индикаторов нарушений в фундаменте используют минимальные значения отношений, а нарушений вулканогенного чехла - максимальные.

Однако микроклин, олово и хром присутствуют не во всех горных породах, соответственно, им присуща узкая область применения в сфере картирования. К тому же, используемые в этих способах индикаторы не раскрыты в части пространственной связи их с другими признаками массива и точности отображения при картировании.

Известен способ "Способ подготовки приконтурных участков полезных ископаемых к выемке при открытой добыче" [патент РК № 29429, 18.10.2013 г.], предназначенный для определения рационального браковочного предела на качество руды. Рекомендована аналитическая оценка расчета по данным рудных контактов с учетом закономерности перемешивания руд и пород при добыче.

Однако этот способ приемлем, если рудные контакты выделены по видимости руд и вмещающих пород, то тогда за бортовое содержание принимается браковочное качество руд, обосновываемое в стадии эксплуатации месторождений. И не приемлем, если распространению содержаний присущи плот-

ность изменения и рудные контакты, выделенные искусственно бортовым содержанием. Также в способе не рассматриваются задачи подготовки геологоразведочного скалярного массива и вопросы пространственной квалитметризаци.

Прототипами и аналогичными по техническим результатам, исходя из вопросов картирования содержаний, выделены "Способ картирования содержаний породообразующих минералов интрузивных пород", и по результатам оценки качества рудного массива "Способ описания залежи".

Известный "Способ картирования содержаний породообразующих минералов интрузивных пород" [Патент UZ; №5058508/25, G01V 9/00, 27.03.1997] использован при геологическом картировании. Сущность изобретения: проводят многозональную космическую съемку спектральной яркости пород, петрографические исследования, используя зависимость спектральной яркости пород от количественного минералогического состава, по данным многозональной съемки спектральной яркости поверхности рельефа строят карты изолиний содержаний породообразующих минералов интрузивных массивов.

Однако использование корреляционной зависимости спектральной яркости пород от количественного минерального состава для построения карты изолиний содержаний минералов интрузивных массивов требуют не только специального наземного и лабораторного исследования этой зависимости большого объема космических снимков, а также требуются точность и надежность выводимых уравнений этой зависимости. Возникает необходимость дополнительных геоиндикаторных величин, обеспечивающих широкую приемлемость данного способа, связанных с другими особенностями используемых свойств космических материалов.

Наиболее близким по техническим результатам является известный "Способ описания залежи" [международный патент № WO 2010144953 (A1) E21C 41/00 (2010.12)], включающий получение информации о свойстве залежи с привлечением множества данных проб по блоку, моделирование изменения свойства по заданным расстояниям, вычисление статистических параметров на основе Гауссовского распределения вероятностей и теоремы Байеса. Реализация способа показана на примере железосодержащей рудной залежи, и результатов вычисления среднего и дисперсии распространения железа по блокам, которые рекомендованы для использования при планировании добычи и проведения геологоразведочных работ. Среднее значение содержания железа по выделенному объему блока определяется с помощью интегральной функции среднего, исходя из плотности Гауссовского распределения вероятностей, а дисперсия вычисляется с привлечением параметров корреляционной функции. Теорема Байеса, или статистика Байеса, в сочетании с параметрами Гауссовского распределения использована при модифицировании уравнений определения среднего и дисперсии. Практика использования вероятностно-статистических методов при оценке и описании залежи качества руд широко распространена и использование их в способе методически не противоречит общим положениям статистики, в частности, оценка дисперсии с помощью корреляционной (ковариационной) функции для учета изменений содержания по заданному расстоянию приемлема при необходимости.

Однако в настоящее время реально подтверждено, что распределение содержаний металлов по месторождениям твердых ископаемых не описываются Гауссовским вероятностным распределением, хотя весьма удобно для применения его стандартизованных параметров. Применение формул из теоремы Байеса требует определения условных вероятностей и связанных с ними вычислительных процедур. Закон распределения Гаусса и теорема Байеса являются теоретически фундаментально разработанными, но для практического применения на сегодня более точны методы порядковой статистики и частотные специальные типы распределения.

Сущность изобретения

Сущность изобретения "Способ квалитметрической подготовки геологических запасов твердого ископаемого по горизонтам рудника" заключается в квалитметрическом воспроизводстве пространственно дифференцированных геологических и эксплуатационных участков в пределах геологических запасов залежи по горизонтам, картируемых с помощью разработанной в качестве геоиндикатора модальной величины геологического содержания. Квалитметрическая дифференциация геологического запаса твердого ископаемого обеспечивает модернизации его структуры с помощью квалитметрических модальных критериев, согласно которым:

1) По сочетанию средней модальной величины и совокупности сгруппированных вокруг него значений геологического содержания ($C_i \approx C_{mo}$) отдельно районируют геологические участки модосодержащих руд, которым присуща высокоинформативная однородность концентрации качества.

2) По сочетанию положительных отклонений, превышающих от средней модальной величины и совокупности значений геологического содержания ($|C_i - C_{mo}| > 0$) отдельно районируются геологические участки качественных руд, с повышенной концентрацией качества.

3) По сочетанию отрицательных отклонений, не превышающих от средней модальной величины и совокупности значений геологического содержания ($|C_i - C_{mo}| < 0$) отдельно районируются геологические участки рядовых руд, с пониженной концентрацией качества.

4) По сочетанию отрицательных отклонений, не превышающих средней модальной величины по геологическому участку рядовых руд и совокупности значений геологического содержания ($|C_i - C_{3,mo}| < 0$) отдельно районируются эксплуатационные участки приконтурных руд, не кондиционных по техниче-

ским условиям.

Все критерии существуют в области изменения значений геологического содержания и количественно дифференцировано посредством их модальной величины, являющейся главным геоиндикатором квалиметризации геологического запаса горизонта.

В способе квалиметрической подготовки геологического запаса твердого ископаемого использована ранее не изученная взаимосвязь статистических и пространственных характеристик модальной величины геологического содержания. Статистические свойства модальной величины характерны к ее формированию, в качестве узловой точки, вокруг которой группируются главные значения частот статистического ряда и происходят изменения функции, тренда, формы кривых функции распределения; соотношение моды и среднего отражают геометрию вероятностных частот признака, характеризующую заданную эмпирическую выборку. Пространственные свойства модальной величины присущи к изменению ее значений по различным направлениям залежи. Если проводить главные горизонталы через ее значения, то они разделяют различные зоны концентрации качества, реально существующие в пространстве рудных залежей, для которых свойственны плавность, конечность и однозначность, независимо от изменений точек наблюдений. Ей присущи скрытность в силу физической невыделяемости в геологических планах и планах изолиний содержаний.

В совокупности значений геологического содержания по рудной залежи, модальная величина является единственным его значением, обладающим высокой информативностью, являющимся главной числовой характеристикой эмпирического распределения. Степень информативности модальной величины исследовалась путем анализа симметричного вида эмпирических распределений содержаний окиси хрома по Кемпирсайским хромитовым, окиси алюминия по Краснооктябрьским бокситовым, железа по Лисаковским железнорудным, асбеста по Джетыгоринским месторождениям, по асимметричным видам - свинца, барита, цинка по Карагайлинскому и Жайремскому полиметаллическим месторождениям; по крайне асимметричным радиальным видам - золота, вольфрама, меди, серебра по Майкайнскому и Бестюбинскому золоторудным, Джамбульскому редкометалльному, Джекказганскому меднорудному месторождению, а также по эмпирическим распределениям экономических показателей [Курманкожаев А. Вероятностные модели распределения признаков полезных ископаемых. Монография, Алматы, КазНИИ-ИНТИ, 1989, 129 с].

Результаты показали, что количественная доля распространения модального значения в общей совокупности в зависимости от вида распределения их различна, и колеблется от 30 до 70%. При этом высокая информативность модального значения присуща симметричным и крайне асимметричным радиальным типам распределений содержаний (50-70%). В таблице приведены эмпирические значения доли модальных частот в общей совокупности значений показателей и расчетные значения величины информативности модального значения по различным показателям отдельно по типам их статистических распределений. Величина информативности определена с помощью традиционной аналитической оценки, основанной на величине вероятностной энтропии, широко распространенной для оценки информативных горно-геологических факторов.

Модальная величина (мода), как и медиана, в меньшей степени подвержена случайным погрешностям, более устойчива в выборках с эксцессом, может быть определена при некоторых неопределенностях, сохраняет неизменчивость при преобразовании случайной величины, определяется легко, может быть приблизительно путем подсчета, более точно по гистограмме или вариационному ряду распределения.

Эта величина является единственной и главной из атрибутов качественной характеристики, по которой функционально определяется среднее значение геологического содержания, а также функционально связанной с основными статистическими параметрами распределения.

Типы распределения показателей	Наименование показателей распределения	Количественная доля частот модального значения в общей совокупности частот, %	Информативность модального значения, дол.ед.
Симметричные	Содержания окиси хрома, железа, боксита, асбеста, высоты рельефа земной поверхности, вредные загрязняющие вещества атмосферного воздуха	45 ÷ 55	0,47
Асимметричные	Содержания свинца, цинка, барита, значения теряемых руд и разубоживающих пород	30 ÷ 45	0,38
Крайне-асимметричные	Содержания золота, серебра, вольфрама, меди, себестоимость 1 т добычи	50 ÷ 65	0,55

Функциональные зависимости между средним ($\bar{x}_{cp}$) и модой (x_{mo}) с учетом асимметрии (A) и медианы (M_e), выведены профессорами Пирсоном и Келли [Ежов А.Р. Выравнивание и вычисление распределения, М. Гостстатиздат, 1961, 201 с].

$$\begin{cases} \bar{x}_{cp} = x_{mo} + 3(\bar{x} - M_e) & (1) \\ \bar{x}_{cp} = x_{mo} + \frac{\bar{x} - M_e}{C}, & (2) \\ \bar{x}_{cp} = x_{mo} + \sigma \cdot A & (3) \end{cases}$$

где σ - стандарт, C - постоянная.

При нормальном распределении мода равна среднему. При логнормальном распределении подсчитывается через логарифм дисперсии и среднего; при гамма-распределении - через дисперсию и теоретические ее параметры, при вероятностно-структурном распределении - через средние и статистические размахи относительно моды.

Экспериментально подтверждена коррелируемость моды x_{mo} , среднего $\bar{x}$, стандарта дисперсии σ , амплитудного размаха (d). В результате корреляционного анализа формирования среднего и модального значения распространения компонентов ряда полезных ископаемых получены регрессионные уравнения связи. [Kurmankojayev A.K. The structural and empirical to estimate the distribution of quality of minerals. 34-th International Geological Congress (IGC); Australia, Brisbane, 2012, 6 st].

Корреляционное формирование модальной величины содержания:

$$\begin{cases} x_{mo} = 0,29\bar{x} + 0,34\sigma + 0,02d - 1,02, & R = 0,80 \\ x_{mo} = 1,23\sigma + 0,10d + 1,12, & r = 0,65 \\ x_{mo} = 1,482\sigma^{0,638}, & r = 0,60 \\ x_{mo} = 0,43\bar{x} + 0,38\sigma + 0,16, & R = 0,75 \\ x_{mo} = 2,44\bar{x} + 0,81d + 1,57, & R = 0,74 \end{cases} \quad (4)$$

Корреляционное формирование среднего значения содержания:

$$\begin{cases} \bar{x} = 0,12x_{mo} + 0,81\sigma + 0,03d - 0,54, & R > 0,94 \\ \bar{x} = 0,93\sigma + 0,04d + 0,15, & r > 0,65 \\ \bar{x} = 0,86 + 1,15x_{mo}, & r > 0,73 \\ \bar{x} = 2,69 \exp(0,50\sigma), & \eta > 0,90 \\ \bar{x} = 0,63d^{0,75}, & \eta = 0,80 \end{cases} \quad (5)$$

Связи моды со средним значением и другими основными параметрами распространения показателя, аналитически выраженных с достаточной точностью, позволяют заменить среднее ($R > 0,70$) в различных задачах (что особенно важно при наличии неопределенности и рискованных ситуациях) разведки, подготовки и стабилизации качества запасов твердых ископаемых.

Аналитическое выражение квалитетических критериев обеспечено через статистическую оценку среднего значения геологического содержания, а пространственное - через геометрическое выражение соответствующей площади по дифференцированным участкам геологического запаса. Каждый квалитетический критерий аналитически представлен посредством известной в статистике формулой среднего, основанной на функции плотности распределения среднего.

$$\bar{x} = \int_{x_{min}}^{x_{max}} xf(x)dx / \int_{x_{min}}^{x_{max}} f(x)dx, \quad (6)$$

где $f(x)$ - плотность функции распределения переменной x ; Предельные максимальное и минимальное значения переменной x , исходя из сущности геоиндикаторных модальных критериев ($x_{кач} > x_{мо} > x_{ряд} > x_{пк}$) может быть оценена через модальную величину геологического содержания. Модальная величина содержания здесь выступает в роли параметра кондиции на качество руды и выполняет функции бортового содержания.

Следовательно, для первого геоиндикаторного модального критерия дифференциации геологического запаса ($C_{кач} > C_{мо}$) статистическая оценка среднего содержания по участку качественных руд

$$\bar{C}_{кач} = \int_{C_{мо}}^{C_{max}} Cf(c)dc / \int_{C_{мо}}^{C_{max}} f(c)dc \quad (7)$$

Аналогично для следующих критериев $C_{ряд} < C_{мо}$ и $C_{пк} < C_{ряд}$ среднее значение геологического содержания по дифференцированным участкам рядовых и приконтурных руд выражаются оценками

$$\bar{C}_{ряд}(C_i < C_{мо}) = \int_{C_{ряд}}^{C_{мо}} C_i f(c)dc / \int_{C_{ряд}}^{C_{мо}} f(c)dc \quad (8)$$

$$\bar{C}_{пк}(C_i < C_{ряд}) = \int_{C_{пк}}^{C_{ряд}} C_i f(c)dc / \int_{C_{пк}}^{C_{ряд}} f(c)dc \quad (9)$$

Вероятностно-статистические оценки (6)-(9) выражают уровень кондиционности геологического содержания по дифференцированным участкам качественных, рядовых и приконтурных руд, а также отражают статистическую сущность базового геоиндикатора квалитетизации геологических запасов.

Среднее содержание, как мера кондиционности геологических запасов, выражено через модальную величину геологического содержания и позволяет оценить запасы оконтуренных геолого-геометрических участков. Аналитические оценки среднего могут быть преобразованы в рабочие формы с учетом конкретной функции плотности распределения, по которым наиболее часто описывается данное эмпирическое распределение содержания.

Описание квалитетических критериев также обеспечено через геометрические выражения площадей, дифференцированных по ним геологических участков. Пространственное районирование и оконтуривание геологических участков проводится через размеры их площадей путем использования пространственной связи детерминированных геометрической единицы, приходящейся на одну скважину (пробу), и интервала вариационного ряда распределения содержаний.

Эта пространственная связь, исходя из принципа пропорциональности, аналитически выражена в виде равенств:

$$\begin{cases} \frac{S_0}{N} = \frac{S_j}{n_j} \\ \frac{S_0}{d_0} = \frac{S_j}{W_j} \end{cases} \quad (10)$$

$$(11)$$

где N , S_0 - сумма частот распределения и общая площадь рудного массива, дол.ед., m^2 ; d_0 - амплитудный статистический размах, подсчитываемый как разность максимального и минимального значения содержаний металла; n_j - частота по модальному интервалу, дол.ед; S_j , W_j -элементарная площадка, приходящаяся на одну скважину (пробу) и размер интервала вариационного ряда статистического распределения, m^2 , дол.ед.

Равенство (10) выражает связи между коэффициентами удельной доли J-ой площади в общей площади и удельной доли J-го интервала частот в общей совокупности частот. Равенство (11) - модифицированный вид формулы Стерждеса, выражает связи коэффициента удельной доли J-й интервальной частоты и общего числа наблюдений (проб). Аналитические оценки определения модальной площади (S_{mo}) выведены из уравнений (10) в основе принципа пропорциональности с привлечением модальной частоты и размера зоны влияния проб, общей площади участка, размера модального классового интервала (W_{mo}) в виде:

$$\begin{cases} S_{mo} = n_{mo} \cdot \left(\frac{S_0}{N_0} \right), m^2 \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} S_{mo} = \left(\frac{W_{mo}}{d_0} \right) \cdot S_0, m^2 \end{cases} \quad (13)$$

Отношение $\left(\frac{S_0}{N_0} \right)$ представляет размер зоны влияния наблюдения (проб), т.е. удельную площадь, приходящуюся к одной частоте или скважине;

Отношение $\left(\frac{W_{mo}}{d_0} \right)$ - удельную долю размера модального интервала в общем суммарном размере статистического ряда распределения.

Аналитические оценки определения размеров площадей качественных, рядовых и приконтурных руд с учетом (10)-(13) получены в виде:

$$\begin{cases} S_j = \left(\frac{W_j}{d_0} \right) S_0 \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} S_j = \left(\frac{S_0}{N_0} \right) n_j, m^2 \end{cases} \quad (15)$$

где n_j - модальная частота, приходящаяся на классовый интервал эмпирического ряда распределения, W_j - соответственно, по J-му районированному участку рудного массива.

В отличие от оценки (12) и (13), здесь величина n_{mo} заменяется значением частоты, приходящейся на классовый интервал W_{mo} , включающий содержание качественных руд с повышенной, или рядовых с пониженной или приконтурных с слабой концентрацией качества руд. Площади этих участков определяются путем интегрирования отдельных их частей аналогично с привлечением интервальных значений эмпирического ряда распределений содержаний по аналитическим оценкам (14) и (15). В аналитических оценках определения модальной площади исходные величины $\left(\frac{S_0}{N_0} \right)$ и $\left(\frac{W_j}{d_0} \right)$ являются эмпирическими, которые определяются по фактическим данным рудного массива путем измерения общей рудной площади, общего количества наблюдений (проб), и удельной долей J-го интервала частот в общей совокупности путем их подсчета по эмпирическому ряду статистического распределения.

В таблице приведены подсчитанные по формулам (12)-(15) количественные доли и размеры модальной площади по различным видам распределений и типам показателей.

Типы распределения	Наименование месторождения твердого ископаемого	Доля модальной частоты, %	Модальная площадь, S_0 , м ²
Симметричные	Показатели месторождений окиси хрома, железа, бокситовых, асбестовых руд	$45 \div 55$	$0,50 \cdot S_0$ (S_0 - общая площадь участка)
Асимметричные	Показатели месторождений полиметаллических ископаемых, и редких и цветных металлов	$0,32 \div 0,45$	$0,35 \cdot S_0$
Радиальные	Показатели месторождений редких металлов, и некоторых цветных металлов, и себестоимости 1 тонны руды	$55 \div 70$	$0,70 \cdot S_0$

В квалиметрической структуре дифференциации геологических запасов предусмотрено пространственное картирование трех базовых геологических и трех эксплуатационных участков по геоиндикаторным критериям, приведенным в таблице.

Уровни подготовки	Базовый геоиндикатор квалиметризации геологического запаса	Геоиндикаторные критерии дифференциации геологического запаса	Виды дифференцированных участков	Амплитудная изменчивость геологического содержания, d_i , усл.ед	
				Формулы амплитудной изменчивости d_i , усл.ед	Закономерность уменьшения амплитудной изменчивости
Геологическая кондиционная подготовка	Модальное содержание по геологическому запасу, $C_{mo.1}$ ($C_{mo.1} > C_0$)	Геологические кондиционные участки			$d_{r.1} < d_0$ $d_{r.1} = d_0 - (C_{mo} - C_{min})$
		$C_{r.i} > C_{r.mo}$	Участок качественных руд, $C_{r.кач.} > C_0$	$d_{r.1} = C_{r.кач.}^{max} - C_{mo.1}$	
		$C_{r.i} \approx C_{r.mo}$	Участок модотипных руд, $C_{r.mo} > C_{r.ряд}$	$d_{r.2} = C_{mo.1}^{max} - C_{mo.1}^{min}$	$d_{r.2} < d_{r.1}$ $d_{r.2} = d_{r.1} - C_{max}$
		$C_{r.i} < C_{r.mo}$	Участок рядовых руд $C_{r.ряд} < C_{r.mo}$	$d_{r.3} = C_{mo.1} - C_{min}^{ряд}$	$d_{r.3} < d_{r.2}$ $d_{r.3} = d_{r.2} - C_{min}$
Эксплуатационная выемочная подготовка	Модальное содержание по участку рядовых руд, $C_{mo.2}$ ($C_{mo.2} < C_{mo.1}$)	Эксплуатационные выемочные участки			
		$C_{3.i} > C_{3.mo}$	Участок рядовых руд, превышающих техн.усл. $C_{r.y} < C_{3.ряд} > C_{r.ряд}$	$d_{3.1} = C_{mo.2}^{ряд} - C_{mo.2}$	$d_{3.1} < d_{ряд}$ $d_{3.1} = d_{ряд} - [(C_{mo.1} + C_{mo.2}) + (C_{max}^{ряд} + C_{min}^{ряд})]$
		$C_{3.i} \approx C_{3.mo}$	Участок рядовых руд, удов техн.усл. $C_{r.y} \approx C_{3.mo} < C_{3.ряд}$	$d_{3.2} = C_{mo.2}^{max} - C_{mo.2}^{min}$	$d_{3.2} < d_{3.1}$ $d_{3.2} = d_{3.1} - C_{max}^{ряд}$
		$C_{3.i} < C_{3.mo}$	Участок приконтурных руд, не превыш техн.усл. $C_{r.y} > C_{п.р} < C_{3.mo}$	$d_{3.3} = C_{mo.2}^{п.р} - C_{min}^{п.р}$	$d_{3.3} < d_{3.2}$ $d_{3.3} = d_{3.2} - C_{min}^{ряд}$

В базовой таблице $C_{кач.}^{max}$, $C_{ряд}^{max}$ - максимальные значения геологического содержания по геологическим участкам качественных и рядовых руд; $C_{min}^{ряд}$, $C_{min}^{п.р}$ - минимальные значения геологического содержания по эксплуатационным участкам рядовых и приконтурных руд; $d_{r.i}$, $d_{3.i}$ - значения амплитудной изменчивости геологического содержания по геологическим ($C_{r.i}$) и эксплуатационным ($C_{3.i}$) участкам; $C_{m.y}$ - качественное ограничение (параметр) технического условия реализации продукции; $C_{r.mo}$, $C_{3.mo}$ - модальные величины геологического содержания по геологическим и эксплуатационным участкам.

Процесс квалиметризации геологического запаса включает дифференцированное районирование отдельных геологических участков, по порядку последовательно от участка качественной руды с богатым содержанием к последующим участкам рядовых и приконтурных руд с пониженной концентрацией

качества. Порядок дифференциации геологического содержания сопровождается последовательным уменьшением его значений по последующим геологическим участкам.

При начальном уровне квалиметризации для кондиционной подготовки исходного геологического запаса дифференцированно районированы три пространственно квалиметризованные геологические участка качественных ($C_{г.кач.} > C_{г.мо.}$), рядовых ($C_{г.ряд.} < C_{г.мо.}$) и модосодержащих ($C_{мо.с} \sim C_{г.мо.}$) руд, которые описываются системой неравенств:

$$\begin{cases} C_{г.и} > C_{г.мо} > C_{г.и} \\ d_0 > d_{г.кач} > d_{г.мо} > d_{г.ряд} \end{cases} \quad (16)$$

Второй эксплуатационный уровень дифференциации проводится отдельно по геологическому участку рядовых руд (исходя из значительности площадей) аналогично, посредством обновленных значений модальных геоиндикаторов, определяемых по статистической совокупности содержаний в пределах контура рядовых руд. Полученные взамен базовых геологических при начальном уровне три эксплуатационных участка, превышающие технические условия рядовых ($C_{э.ряд.} > C_{м.у.}$; $C_{э.ряд.} > C_{г.ряд.}$), не превышающие их приконтурные ($C_{э.пк.} > C_{м.у.}$; $C_{п.к.} < C_{э.ряд.}$), и удовлетворяющие их пределам модосодержащих ($C_{мо.с} \approx C_{м.у.}$; $C_{э.мо.} < C_{г.мо.}$) руд, аналитически выражаются в виде неравенств:

$$\begin{cases} C_{э.мо} < C_{г.мо} \\ C_{э.ряд} > C_{э.мо} > C_{э.пк.} \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} C_{э.ряд} > C_{э.мо} > C_{э.пк.} \\ d_{э.ряд} > d_{э.мо} > d_{э.пк.} > d_{пк} \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} C_{э.мо} < C_{г.мо} \\ C_{э.ряд} > C_{э.мо} > C_{э.пк.} \\ d_{э.ряд} > d_{э.мо} > d_{э.пк.} > d_{пк} \end{cases} \quad (20)$$

Порядок пространственной квалиметризации базового геологического запаса путем двухуровневой дифференциации с помощью последовательно минимизируемых по последующим уровням модальных геоиндикаторов ($C_{г.мо.} > C_{э.мо.}, \dots$) количественно выражается неравенствами.

$$\begin{cases} \bar{C}_{г.кач.} < \bar{C}_{г.мо} < \bar{C}_{г.ряд.} < \bar{C}_{э.мо} < \bar{C}_{э.пк.} \\ \frac{C_{г.кач.}}{S_{г.кач.}} < \frac{\bar{C}_{г.мо}}{S_{г.мо}} < \frac{\bar{C}_{э.ряд.}}{S_{э.ряд.}} < \frac{\bar{C}_{э.мо}}{S_{э.мо}} < \frac{\bar{C}_{э.пк.}}{S_{э.пк.}} \end{cases} \quad (21)$$

$$\begin{cases} \bar{C}_{г.кач.} < \bar{C}_{г.мо} < \bar{C}_{г.ряд.} < \bar{C}_{э.мо} < \bar{C}_{э.пк.} \\ \frac{C_{г.кач.}}{S_{г.кач.}} < \frac{\bar{C}_{г.мо}}{S_{г.мо}} < \frac{\bar{C}_{э.ряд.}}{S_{э.ряд.}} < \frac{\bar{C}_{э.мо}}{S_{э.мо}} < \frac{\bar{C}_{э.пк.}}{S_{э.пк.}} \end{cases} \quad (22)$$

Критерием ограничения для дальнейшей уровневой дифференциации любого полученного геологического или эксплуатационного участка служит допустимое минимальное число статистических данных, установленное по теории статистики ($N \geq 50$) для обеспечения надежности результатов оценки пространственно-статистических закономерностей распределения переменного. Конечный эффективный уровень дифференциации геологоразведочного массива может быть достигнут ранее, чем уровень соответствующий этому ограничению.

Полученный при втором уровне квалиметрической дифференциации эксплуатационный участок выемочной подготовки приконтурных руд ($C_{э.пк.} < C_{м.у.}$) включает зоны бедных, некондиционных и рудопородных рудных масс, которые из-за сложности геометрии форм и залегания, неоднородной и низкой концентрации качества является источником образования отходов, потерь и качества снижения при добыче. Для построения техноморфологической структуры выемки приконтурных руд дополнительно необходимо определение кондиционного размера выемочной мощности и рациональности контура технологической поверхности отработки приконтурного рудного массива, оконтуривание по ним выемочного участка собственными зонами контакта "руда-порода". [патент РК, № 29429, 18.10.2013].

Способ квалиметрической подготовки геологических запасов твердого ископаемого по горизонтам соответствует критерию изобретения "новизна".

Способ п.1 отличается тем, что впервые геоиндикаторным критерием дифференцированного районирования геологоразведочного рудного массива обоснована модальная величина геологического содержания, являющаяся единственной величиной в скалярном поле содержаний, обеспечивающим пространственное районирование геологических запасов по однородности качества и вариации сосредоточенных в них запасов.

Способ п.1 отличается тем, что использование впервые естественных геологогенетических свойств и функциональных связей модальной характеристики качества со средним и мерами изменчивости, концентрации, информативности, неопределенности распространения геологического содержания позволило решить ранее не изученную задачу геопрограммной привязки пространственно-статистической закономерности, присущей к базовому геологоразведочному массиву с целевыми параметрическими показателями разведанности геологического запаса стабилизации качества и подготовки готовых запасов путем доведения их значений до задаваемых устойчивых пределов.

Способ п.1 отличается тем, что выведены аналитические оценки определения размеров модальной (модоморфной) площади, и площадей, содержащих качественно богатые и рядовые менее богатые руды, превышающие технические условия, а также приконтурные, содержащие балластные качества снижающие рудные массы, не превышающие их уровня, путем модифицирования пространственной связи частотного интервала статистического ряда и геометрического выражения зоны влияния геологического содержания.

По заявляемому способу квалиметрической подготовки геологических запасов твердого ископаемого

го по горизонтам рудника настоящего изобретения достигнуто раскрытие и аналитическое описание ранее не изученного, оставшегося не выявленным естественного свойства геологогенетического характера, присущего к модальной характеристике качества, что "модальная величина геологического содержания в качестве геоиндикатора квалитетизации исходного геологического запаса геометрически дифференцируют его контура только на такие отдельные районизируемые участки, при котором, как правило, происходит закономерное уменьшение неопределенности средней величины и изменчивости, повышение однородности и точности геологического содержания в значимой степени с достаточной достоверностью".

Это новое положение основано на концептуальной основе квалитетизации геологического запаса. Аналитическо-экспериментальное подтверждение выполнено по геологическим и эксплуатационным участкам путем определения значений параметров однородности, точности, изменчивости и кондиционности геологического содержания, которые традиционно используются как целевые параметрические показатели разведанности и подготовленности запасов и стабильности качества рудных продукций.

Целевые параметрические показатели квалитетической подготовки геологического запаса твердо-ископаемого, их оценка.

Целевыми параметрическими показателями квалитетической подготовки геологических запасов, исходящими из концепции квалитетизации их, являются системные параметры однородности, разведанности и стабильности качества.

1. Однородность качества руд определяется по уровням абсолютных значений, концентрации и информативности геологического содержания. В сущности, как основные характеристики однородности качества, они создают ее параметрическую структуру в целом. Основная целевая задача повышения однородности качества руд на основе квалитетизации геологического запаса обеспечена посредством геоиндикаторных критериев его дифференциации ($C_{\text{кач}} > C_{\text{то}}$, $C_{\text{кач}} \approx C_{\text{то}}$, $C_{\text{ряд}} < C_{\text{то}}$, $C_{\text{ряд}} > C_{\text{пк}}$), по которым контурно выделяются однородные по уровням абсолютных значений, концентрации и кондиционности геологического содержания, отдельные геологические участки.

А. Оценка однородности качества по уровням абсолютных значений содержания проведена через показатель неоднородности.

Количественная оценка степени неоднородности по дифференцированным геологическим участкам путем использования абсолютных значений содержания проведена по формуле. [Petho S.Z. Evaluation of mineral deposits and dilution by means of distribution functions. Manuscript received; Bugust, 1978 (перевод с английского в 1979 г., ВИНТИ, Люберцы)].

$$H_0 = \frac{100 \sum_{i=1}^n P_i \log P_i}{\log n} \quad (23)$$

Относительная энтропия H_0 может принимать значения в интервале от 0 до 100%.

Степень неоднородности качества в пределах исходного геологического запаса по формуле (23).

$$H_0 = \frac{100}{\log N} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{N} \log \frac{C_i}{N} \quad (24)$$

С учетом

$$P_i = \frac{C_i}{N}, P_1 + P_2 + \dots + P_n = 1 \text{ окончательно имеем}$$

$$H_0 = \frac{100}{N \log N} (C_{\text{кач.1}} \log C_{\text{кач.1}} + C_{\text{кач.2}} \log C_{\text{кач.2}} + \dots + C_{\text{то1}} \log C_{\text{то1}} + \dots + C_{\text{тоn}} \log C_{\text{тоn}} + C_{\text{ряд.1}} \log C_{\text{ряд.1}} + \dots + C_{\text{ряд.n}} \log C_{\text{ряд.n}}) > 0 \quad (25)$$

Степень неоднородности качества после квалитетизации геологического запаса по дифференцированным участкам:

$$H_{\text{кач}} = \frac{100}{P_{\text{кач}} \log P_{\text{кач}}} (C_{\text{кач.1}} \log C_{\text{кач.1}} + \dots + C_{\text{кач.n}} \log C_{\text{кач.n}}) \quad (26)$$

$$H_{\text{то}} = \frac{100}{P_{\text{то}} \log P_{\text{то}}} (C_{\text{то1}} \log C_{\text{то1}} + \dots + C_{\text{тоn}} \log C_{\text{тоn}}) \quad (27)$$

$$H_{\text{ряд}} = \frac{100}{P_{\text{ряд}} \log P_{\text{ряд}}} (C_{\text{ряд.1}} \log C_{\text{ряд.1}} + \dots + C_{\text{ряд.n}} \log C_{\text{ряд.n}}) \quad (28)$$

$$H_{\text{пк}} = \frac{100}{P_{\text{пк}} \log P_{\text{пк}}} (C_{\text{пк.1}} \log C_{\text{пк.1}} + \dots + C_{\text{пк.n}} \log C_{\text{пк.n}}) \quad (29)$$

где $H_{\text{кач}}$, $H_{\text{то}}$, $H_{\text{ряд}}$, $H_{\text{пк}}$ - степень неоднородности качества, $P_{\text{кач}}$, $P_{\text{то}}$, $P_{\text{ряд}}$, $P_{\text{пк}}$ - количества наблюдаемых скважин (проб) соответственно по геологическим участкам качественных ($C_i > C_{\text{г.то}}$), модосодержащих ($C_i \approx C_{\text{г.то}}$) и рядовых ($C_i < C_{\text{г.то}}$) и эксплуатационным участкам приконтурных ($C_j < C_{\text{э.то}}$) руд.

По результатам сравнения степени неоднородности качества с привлечением формул (26)-(29) установлено, что при квалитетизации геологического запаса степень неоднородности качества в пределах каждого районированного участка уменьшается в несколько раз от его исходного геологического уровня.

Б. Повышение однородности качества по степеням концентрации и информативности геологического содержания также предопределена по самой квалитетической структуре согласно концепции

дифференциации геологического запаса. Степень концентрации качества является предопределяющим показателем качественной однородности и устойчивости уровня изменения геологического содержания в пределах информационного массива залежи.

Для оценки концентрации качества используется формула [Буряковский Л.А. Энтропия как мера неоднородности горных пород., М., Советская геология, №3, 1968 г.].

$$K = \frac{c_i}{\sum_{i=1}^n c_i} \quad (30)$$

где n - число i -ых содержаний, $\bar{c}_0, c_i$ - средние содержания по геологическому запасу и отдельному i -му районированному участку; K_i - статистический коэффициент концентрации качества.

Согласно формуле (30) при районировании геологического запаса на три однородные геологические участки, повышение степени концентрации качества выражается неравенствами

$$\frac{\bar{c}_{\text{кач}}}{\sum_{i=1}^n c_{\text{кач},i}} > \frac{\bar{c}_{\text{мо}}}{\sum_{i=1}^n c_{\text{ми}}} > \frac{\bar{c}_{\text{ряд}}}{\sum_{i=1}^n c_{\text{ряд},i}} > \frac{\bar{c}_{\text{пк}}}{\sum_{i=1}^n c_i} > \frac{\bar{c}_0}{\sum_{i=1}^n c_i} \quad (31)$$

При преобразовании суммы содержаний $\sum_{i=1}^N c_i$ через площадную плотность содержаний правосторонность этого неравенства сохраняется в такой же последовательности.

В геологии широко распространена формула, разработанная Вистелиусом А.Б. [Вистелиус А.Б. Задачи геохимии и информационные меры. Советская геология, № 12, 1964, с.26] для оценки изменчивости концентрации химических элементов. Названный информационный коэффициент, определяется по формуле

$$H_i = \frac{\ln n - H(x)}{\ln n}, \quad 0 \leq H_i \leq 1 \quad (32)$$

где n - количество подбъектов, отличающихся по совокупности свойств; $H(x)$ - энтропия по показателю.

Расчет степени концентрации содержаний по этой формуле проведен по двум вариантам. Первый вариант содержит данные по исходному геологическому запасу (по дифференциации):

$$P_i = \frac{c_i}{c_0} = 1 \quad (c_1 = c_0), n=1 \quad (n = N = 1).$$

Тогда получим $H(x) = -\sum_{i=1}^n P_i \log P_i = P_1 \log 1 = 0$, Второй вариант содержит данные трех дифференцированных участков: $n=3, P_1 = \frac{c_1}{c_0}, P_2 = \frac{c_2}{c_0}, P_3 = \frac{c_3}{c_0}$. Поскольку $\frac{c_1}{c_0} + \frac{c_2}{c_0} + \frac{c_3}{c_0} = 1$, примерно: $P_1 = 0,36, P_2 = 0,20, P_3 = 0,44$ ($\sum_{i=1}^3 P_i = 1$).

Тогда получим $H_2(x) = -(0,36 \log 0,36 + 0,44 \log 0,44 + 0,20 \log 0,20) = 0,81$. $\ln 3 = 1,11, H_2 = 0,27$.

Отсюда для первого случая $H_1 = 0$, а для второго случая $H_2 = 0,27$.

Результат по расчетам показывает, что при квалиметрической дифференциации неоднородного геологического запаса на однородные геологические участки степень концентрации геологического содержания повышается на 27% ($H_1 = 0 < H_2 = 27\%$).

В. Мера информативности показателей полезного ископаемого позволяет раскрыть структуру, свойства и закономерности формирования информационного массива и учесть степень влияния связанных с ними каждого внешнего и внутреннего факторов. Для доказательства о повышении степени информативности качественного показателя геологоразведочного массива при его дифференцировании воспользуемся распространенной на практике аналитической оценкой.

$$H = \sum_{i=1}^n P_i \log_2(\sum P_i) \quad (33)$$

В случаях, когда исходный геологический массив пространственно не разделен, т.е. в начальном структурном состоянии:

$$\sum P_i \log P_i = H_1 \quad (34)$$

В случае, когда массив пространственно разделен на геологические участки, качественных с повышенной концентрацией, рядовых с не повышенной концентрацией и приконтурных с пониженной концентрацией качества руд, имеем:

$$(\sum P_i) \log(\sum P_i) = H_2 \quad (35)$$

В общем случае вероятность равна

$$P_i = \frac{c_n}{c_0}, \quad (c_n = c_0), \quad H_2 = (\sum P_i) (\log(\sum P_i)) = \sum P_i \log P_i = \frac{c_n}{c_0} \log \frac{c_n}{c_0} = \log 1 = 0$$

В случае, когда массив разделен на три части и поскольку $\sum P_i = \frac{c_1}{c_0} + \frac{c_2}{c_0} + \frac{c_3}{c_0} = 1$, то можно принять для объемов качественных руд $\frac{c_k}{c_0} = 0,46$, рядовых руд $\frac{c_p}{c_0} = 0,50$, приконтурных руд $\frac{c_{np}}{c_0} = 0,10$.

Тогда $H_2 = 0,40 \log 0,40 + 0,50 \log 0,50 + \log 0,10 = 28,3$.

Отсюда: "степень информативности геологоразведочного массива при его разделении на три части, увеличивается на $\frac{H_2 - H_1}{H_1} * 100 = 28,3\%$ ", то есть почти не более четверти. При любых значениях вероятности

сти $P_i = \frac{c_i}{c_0}$, эта закономерность роста информативности при дифференцированном массиве останется верной, так как при любых значениях $P_i = \frac{c_i}{c_0}$ соблюдается классическое равенство: $\sum(P_1 + P_2 + \dots + P_n) = 1$.

Сравнительная оценка результатов по формулам (30)-(35) позволяет сделать вывод, что степени концентрации и информативности качества повышаются при квалиметризации геологического запаса по дифференцированным отдельным участкам. Следует вывод, что аналитическая обоснованность и достоверность приведенных выражений, по которым отражены пространственно-статистические закономерности повышения однородности по параметрам неоднородности, концентрации и информативности геологического содержания доказывают об эффективности воспроизводства неоднородного геологического запаса в однородные участки его с помощью модального геоиндикатора, являющегося единственным атрибутом качества, владеющим такими свойствами.

2. Целевые показатели разведанности и стабилизации качества, дисперсия изменчивости и точность геологического содержания.

Согласно квалиметрического свойства модального геоиндикатора по мере дифференциации геологического запаса последовательно изменяются значения основных показателей, определяющих качества геологических запасов.

А. Главный целевой показатель, предопределяющий разведанности и стабильности рудных объемов, дисперсия изменчивости представлена мерами амплитудного размаха $d_i(s_i)$ и статистического среднеквадратического отклонения $\sigma_i^2(s_i)$. Закономерное уменьшение амплитудной изменчивости по мере дифференциации геологического запаса исходит из концепции квалиметризации качества и отражено в базовой ее структуре.

Дисперсионная мера изменчивости геологического содержания определяется как сумма квадратов отклонений последовательных первых разностей содержания компонента по известной статистической формуле

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{i-1})^2}{K-1}, \quad (36)$$

где K - число первых последовательных разностей; $(x_i - x_{i-1})$ единичное абсолютное отклонение последовательных значений содержания компонента; n - количество различных значений содержаний.

Закономерность убывания размера дисперсии геологического содержания при дифференцированном районировании геологоразведочного массива с помощью квалиметрического геоиндикатора установлена по результатам аналитических исследований.

Дисперсионная мера σ^2 уменьшается пропорционально к уменьшению амплитудной изменчивости содержаний по корреляционным зависимостям [Kurmankozhaev A.K. The structural and empirical to estimate the distribution of quality of minerals. 340th International Geological Congress (IGC), Australia, Brisbane, 2012, 6st.]:

$$\begin{cases} \sigma^2 = 0,30 + 0,21d^2; & (z \geq 0,80) \\ \sigma = 0,5d^{0,71} \end{cases} \quad (37)$$

Дисперсия содержаний пропорционально связана со средним значением первых последовательных разностей и зависит от средней величины содержания [Ежов А.Н. Выравнивание и вычисление распределения рядов. Госстатиздат, 1961, 201 с].

$$\sigma^2 = \frac{(N-1)(N+3)+4(N-2)\bar{x}_{cp}}{20} - \bar{x}_{cp}^2 \quad (38)$$

$$\sigma^2 = 1,25\bar{\Delta}' \quad (39)$$

Приведенные аналитические оценки (37)-(39), описывающие зависимости дисперсии изменчивости σ^2 от среднего $\bar{x}_{cp}$, количества наблюдений (скважин) N амплитудного размаха d и средней первой разности $\bar{\Delta}'$ показывают о наличии закономерности уменьшения степени дисперсии при пространственной квалиметризации геологического содержания.

Б. Точность определения истинного среднего значения геологического содержания и объемов руд по дифференцированным геологическим участкам оценена с привлечением известных формул математической статистики. Реальная точность определения среднего значения содержания и объемов качественных, модосодержащих, рядовых и приконтурных руд достигается за счет дифференциации геологического запаса на отдельные однородные участки с достаточными размерными параметрами, а также за счет устранения многообразия конфигурации подсчетных участков и частых измерений при их оконтуривании, и создания возможности учета общих и локальных закономерностей распространения содержаний металла по залежи. Достоверность и геометрическая полнота оконтуривания дифференцированно районированных рудных участков по горизонту обеспечивается за счет создания квалиметризованных участков со значительными площадями и сохранности свойств непрерывности и линий плавности их оконтуривания, целостности и компактности их контуров в координированном пространстве горизонта.

В теории статистики известно, что при вычислении среднего значения по результатам n значений, дисперсия (стандарт) среднего уменьшается в $\sqrt{n}$ раз по сравнению с дисперсией (стандартом) отдельных значений [Францкий И.В. Математическая статистика и геометризация месторождений. Иркутск, ИПИ, 1975, 249 с.].

$$M_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (40)$$

Также уменьшается относительная ошибка среднего

$$\theta_{\bar{x}} = \frac{V}{\sqrt{n}}, \quad (41)$$

Где $M_{\bar{x}}$, $\theta_{\bar{x}}$ - среднеквадратичная и относительная ошибка определения среднего содержания; σ - среднеквадратическая ошибка определения отдельного значения содержания, V - коэффициент вариации ($V = \sigma / \bar{X}$).

В начальном до дифференциации общего геологического запаса $n=1$ и $M_{\bar{x}} = \sigma_0$, после дифференциации его на три участка качественных, рядовых и модосодержащих руд имеем $n=3$ и $M'_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{3}}$.

Отсюда вытекает неравенство:

$$\left\{ M'_{\bar{x}} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{3}} < M_{\bar{x}}^0, \right. \quad (42)$$

$$\left\{ \theta'_{\bar{x}} = \frac{V_0}{\sqrt{3}} < \theta_{\bar{x}} \right. \quad (43)$$

Неравенство (42), (43) показывает уменьшаемости среднеквадратической и относительной ошибки определения среднего содержания при дифференциации геологического запаса на однородные участки качественных, рядовых и приконтурных руд.

Это положение распространяется также к изменению допустимой ошибки вероятностного значения среднего содержания ($\Delta_{\bar{x}}$).

$$\Delta_{\bar{x}} = 3\sigma \frac{1}{\sqrt{n}}, \quad (44)$$

Допустимая ошибка при дифференциации геологического запаса принимается меньше, чем значения до его дифференциации.

Погрешность графика в изолиниях определяется по формуле:

$$m_x = \pm \frac{\sigma_0 \sqrt{1-r^2} t}{\sqrt{n}} \quad (45)$$

где σ_0 - среднее квадратичное отклонение; t - коэффициент вероятности; n - число наблюдений, r - коэффициент связи смежных значений содержания.

Абсолютная ошибка линейной интерполяции с постоянным шагом и практически постоянными вторыми разностями не превосходит абсолютной величины вторых разностей [Гутер Р. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. М., Наука, 424 с].

$$R_{un} < \frac{1}{8} |\Delta''| \quad (46)$$

Из формул (45) и (46) следует, что ошибки проведения изолиний и интерполяции при дифференцированном районировании геологического запаса по сравнению с результатами традиционных геологических подсчетных блоков несколько уменьшаются.

Следует факторный вывод, что повышение точности определения среднего значения содержания за счет уменьшения ошибок определения его составляющих согласно (42)-(46) вполне реален и обусловлен концептуальным положением квалиметризации геологического запаса.

Снижение неопределенности геологического содержания при квалиметризации геологического запаса происходит за счет повышения точности определения его истинного среднего значения по дифференцированным участкам. Установлено, что поскольку точность определения среднего содержания, как правило, ограничено собственно геологической неопределенностью каждого выемочного участка или блока пока они полностью не отработаны. Поэтому расчетному значению среднего содержания руды присущи определенная степень геологической неопределенности. Геологическая неопределенность зависит от контрастности, детальности и наглядности структуры информационного пространства карты. Значительность степени этих информобразующих показателей информационного массива предопределяет и доказывает, что степень неопределенности при квалиметрическом картировании уменьшится до минимума. Мера неопределенности в статистике определяется, исходя из свойства энтропии, при этом ее величина не зависит от значений переменных, а зависит только от их вероятностей.

Согласно теории информации, из свойств величины энтропии исходит, что несмещенную оценку вероятности можно получить, максимизируя функцию энтропии, отражающую неопределенность данной информации.

$$S = -k \sum_i P_i \ln P_i, \quad P_i = \frac{C_i}{C_0}, \quad (47)$$

где P_i - вероятность; S - энтропия по значениям концентраций i -го признака; k - эмпирический коэффициент, дол.ед.

Согласно формуле (47) легко доказать, что неопределенность геологического содержания при дифференциации рудного массива на p отдельные участки уменьшается.

Закономерное уменьшение мер изменчивости (σ^2 , d) содержаний по мере дифференцирования геологического запаса на однородные участки (формулы 36-39) по сравнению с традиционным подходом подготовки запасов и повышение точности определения среднего содержания и размерных параметров запасов по сущности является подтверждающим результатом целевой задачи квалиметризации неоднородного базового геологического запаса на однородные участки по заявляемому способу с помощью модального геоиндикатора. Важным факторным выводом нашедшее подтверждение является "полная достоверность, что модальная величина содержания разделяет массив геологического запаса на участки с таким порядком, при котором повышение однородности и точности, уменьшение дисперсии и неопределенности геологического содержания описывается определенной закономерностью".

Единым техническим результатом изобретения является повышение квалиметрической готовности и готовности геологических запасов до устойчивого оптимума разведанности и стабилизации качества рудных продукций. Сокращаются затраты на эксплоразведки и стабилизации качества, время и трудоемкость принятия решения по квалиметрическим картам.

Система отдельных результатов по изобретению включает:

1) Выявление и расширение полезных потенциальных свойств и полноты учета геопространственной информации скалярного геологоразведочного поля; повышение надежности, достоверности, оперативности и детальности информации и оценок о распределении содержаний металлов, точности, компактности и наглядности отображения; упрощение анализа и сравнение вариантов; выявление ранее не обнаруженных зон информационного разнообразия, расширение глубинной геопространственной характеристики формирования качества на уровне геологоразведки.

2) Реальные устойчивые уровни квалиметрической однородности качества по целевым параметрическим показателям разведанности, стабилизации, календарного планирования и подготовки готовых запасов за счет уменьшения дисперсии изменчивости и неопределенности геологического содержания, повышения концентрации, информативности, точности его распространения, активных площадей и вариации готовых запасов по дифференцированным эксплуатационным участкам в пределах геологоразведочного массива на ранее не достигнутых пределах, усреднительные процессы, исключаяющие потери и пересортицы рудных продукций.

3) Прямой квалиметрический подход к формированию качества в пределах скалярного геологоразведочного массива с устойчивой однородностью и максимальной полезности за счет использования принципа "обратной связи" от целевых показателей геолого-технологических процессов к квалиметризации исходного геологического запаса.

4) Сокращение времени и трудоемкости, числа многократных определений, повышение достоверности выявляемых закономерностей, полноты информации и надежности оценок, устранение основных ошибок определения истинного среднего содержания и объема оконтуриваемых запасов, достигнутых за счет увеличения расширенных пространств, компактности и однородности активных площадей с максимальной полезностью и параметрической достоверностью, размеры которых обеспечивают вариации сосредоточенных в них запасов при квалиметрическом картировании качества.

Сравнительные преимущества заявляемого способа по изобретению от существующих традиционных заключается в устранении следующих недостатков, включающих:

1) Практику последовательного многократного увеличения необоснованных по размерам и полезности эксплоразведочных скважин, объемов опробования горных выработок и очистных забоев, часто сопровождаемые с неопределенностью достичь предела сгущения, соответствующего истинному среднему значению геологического содержания по технологическому блоку и эксплуатационному участку, из-за дискретно размещенных множества разрозненных геологических подсчетных блоков с расчетными значениями среднего содержания, делающим многофакторным, трудоемким и порой невозможным установить реальные закономерности и другие специфические особенности распространения среднего геологического содержания, независимо от используемых различных компьютерных и других модельных разработок и планов изолиний содержаний, сопровождаемых, часто, систематическими и случайными ошибками интерполяции, сглаживания, типологизирования.

2) Традиционную технологию стабилизации качества руд путем "принудительных" процессов, и использования целевым критерием предполагаемого численного показателя усреднения через дисперсию содержания до и после добычи, которые привели к созданию механического процесса физического перемешивания рудных масс, к условиям, обуславливающим невозможности использования различных специфических особенностей и закономерностей по различным участкам залежи, приводящим к недостоверным результатам усреднительных работ из-за возникающих различных факторов и последствий трудоемкости усреднительных процессов.

3) Существующего традиционного способа обеспечения готовыми к выемке запасами рудника путем рационального развития и проведения подготовительно - нарезных выработок по количественно -

геометрическим целевым показателям с учетом производительности и интенсивности добычи, по которым не учитываются спросы рынка, и создаются без пространственной привязки с геометрией и вариацией размещения активных площадей в пределах массива залежи.

Технологический порядок реализации заявляемого способа квалитметрической подготовки геологических запасов твердого ископаемого выполняется следующим образом:

1) Составление по данным базовой детальной геологоразведки и связанной с ними геологоразведочной информации, координирование геолого-маркшейдерских планов в соответствующем масштабе с нанесением на них содержаний по горизонтам; формирование статистических совокупностей и построение гистограммы эмпирического распределения значений геологического содержания.

2) По квалитметрическим модальным критериям осуществляется базовое дифференцированное районирование геологоразведочного рудного массива по горизонту; по модальным классовым промежуткам строятся контурные полосы, содержащие модальные значения; проведение квалитметризации процессов картирования геологического запаса: по сочетанию модальных значений и совокупностей сгруппированных вокруг него содержаний ($C_i \approx C_{mo}$) выделяют участки модотипной руды, содержащей модальные значения; по сочетанию положительных отклонений, превышающих модальное значение и совокупности значений содержаний металла ($|C_i - C_{mo}| > 0$) выделяют геологические участки качественной руды с повышенной концентрацией качества; по сочетанию отрицательных отклонений, не превышающих модального значения и совокупности значений содержаний металла ($|C_i - C_{mo}| < 0$) выделяют геологические участки рядовой руды, преимущественно с пониженной концентрацией качества.

3) Определение размерных параметров дифференцированных геологических запасов по участкам, отдельно по модальной площади и площадям, содержащие качественные и рядовые руды, для этого используются разработанные аналитические оценки их расчета с учетом пространственной связи частотных интервалов статистического ряда распределения содержаний и геометрических площадей по участкам; оконтуривание и отображение на квалитметрических картах дифференцировано оконтуренных геологических участков с помощью подсчитанных площадей качественных руд с повышенной концентрацией, рядовых руд с не повышенной концентрацией, главной геоиндикаторной площади с концентрацией руд с модальным содержанием руд.

4) Проведение дифференциации по геологическим участкам рядовых руд на эксплуатационные участки при значительности их размеров; аналогично порядку базового уровня дифференциации, геологические участки рядовых руд будут разделены на два эксплуатационных участка: участки рядовых руд с концентрацией качества превышающих технические условия, мало и не содержащих некондиционные рудные балласты; участки приконтурных (прибортовых) руд, с концентрацией близкой или не превышающей технические условия и содержащие смешанные рудопородные и другие убогие рудные балласты;

5) Доставка квалитметрических карт по горизонтам, содержащие дифференцированно районированные и оконтуренные геологические участки качественных и рядовых руд, и руд с модальными содержаниями, а также эксплуатационные участки рядовых руд, превышающих и приконтурных, не превышающих технические условия.

Углубленная квалитметризация полученных эксплуатационных участков выполняется, исходя из целевых показателей решаемых геолого-технологических задач эксплоразведки и опробования буровзрывных скважин и очистных забоев, календарного планирования и стабилизации качества, подготовки готовых запасов путем построения специальных техноморфологических структур. При построении их техноморфологических структур используются комбинированные виды модальных геоиндикаторов с кондиционно-технологическими критериями.

Пример. Оценка реализации заявляемого способа квалитметрической подготовки геологических запасов твердого ископаемого проведена на основе результатов экспериментальной проверки изменений целевых показателей квалитметризации геологоразведочного массива при квалитметрической дифференциации его с помощью модальных геоиндикаторов. Объект месторождение "Геофизическое": пологое залегание ($10-50^\circ$), глубина колеблется от 150 до 300 м, главный химический компонент хромитовых руд - окись хрома (Cr_2O_3), мощность колеблется от 30 до 80 м, среднее содержание Cr_2O_3 в запасах категории (В+С) составляет 49,5%, подсчитано по данным детальной (базовой) разведки, скважины которые пробурены по сетке 20×40 м. По действующей кондиции (№ 256-К) и техническим условиям в настоящее время к товарным хромитовым рудам относятся руды с содержанием окиси хрома не менее 45% (при балансовом содержании 30%). По фактическим данным скважин детальной разведки составлены статистическая совокупность ($N=158$) и вариационный ряд распределения содержания Cr_2O_3 с классовым интервалом $h=2,0\%$ (таблица).

№	Классы	Частоты
1	40-42	9
2	42-44	10
3	44-46	21
4	46-48	26
5	48-50	30
6	50-52	27
7	52-54	25
8	54-56	10
		158

Подсчитаны общая площадь залежи $S_0=280000 \text{ м}^2$, среднее квадратическое отклонение $\sigma=3,6$, коэффициент вариации $V=9,2$, среднее содержание $\bar{C}_{\text{ср}} = 49,6\%$, размер классового интервала $h=2,0\%$, асимметрия $A<0$, эксцесс $\varepsilon<0$. В сводной таблице приведены пространственно районированные участки по квалиметрическим геоиндикаторам и результаты расчета целевых показателей квалиметризации геологоразведочного массива модального и среднего значения, дисперсии изменчивости по дифференцированным геологическим и эксплуатационным участкам в условиях хромитового месторождения "Геофизическое". Результаты расчета значений модального и среднего значений, амплитудной и дисперсионной меры изменчивости геологического содержания по дифференцированным с помощью трех квалиметрических геоиндикаторных критериев ($C_i > C_{\text{мо}}$, $C_i \approx C_{\text{мо}}$, $C_i \approx C_{\text{мо}}$) геологическим ($n=3$) и эксплуатационным ($n=3$) участкам, приведенных в сводной таблице, показали, что по мере сгущения уровня квалиметрической дифференциации запасов в соответствии с ограничениями геоиндикаторных критериев модальная величина геологического содержания уменьшена от максимального 50% до минимального 46%, среднее его значения пропорционально - от 54% до минимального 42,5%.

Значения дисперсии и амплитудной изменчивости геологического содержания минимальны в пределах участков модотипных (0,72 и 2,0%) и качественных (1,20 и 3,2%) руд, максимальны в пределах рядовых (1,19%) и приконтурных (1,35 и 5,0%) руд, и обусловлены за счет уменьшаемости степени концентрации содержаний в этих участках.

Оценка изменений величины точности определения среднего значения геологического содержания проведена по формулам (40)-(43). По общему геологическому запасу до его квалиметризации ($\sigma=3,6, N=9,2$).

Пространственно районированные участки, их квалиметрические геоиндикаторы	Статистические характеристики качества по районированным участкам				
	Модальное значение, $C_{\text{мо}}$, %	Среднее значение, $C_{\text{ср}}$, %	Амплит. изменчив, d_i дол.ед.	Дисперсион. мера изменчивости, $\sigma^2 = D$	Площадь участка, S_i , м^2
1. Геологические районированные участки ($\bar{C}_{\text{ср}} = 50,9$, $d_0 = 16,0\%$ $S_0 = 280000 \text{ м}^2$, $C_{\text{мо}} = 50\%$)					
Участок качественных руд ($C_i > C_{\text{мо}} = 50\%$, $51 > 50 < 56\%$)	50,0	54,0	3,0	1,0	7400
Участок модотипных руд ($C_{\text{мо}}^{\text{н}} < C_{\text{мо}} < C_{\text{мо}}^{\text{в}}$; $49 < C_{\text{мо}} < 51\%$)	50,0	50,5	2,0	0,72	17000
Участок рядовых руд ($C_i < C_{\text{мо}} = 50\%$, $40 < C_{\text{мо}} < 49,0\%$)	50,0	46,0	6,0	1,19	20000
2. Эксплуатационные районированные участки ($\bar{C}_{\text{ср}} = 45,0$, $d_{\text{з.у}} = 9,0$, $C_{\text{мо}} = 44,6$, $S_0 = 20000 \text{ м}^2$)					
Участок рядовых руд ($C_j > C_{\text{мо}} = 46\%$, $46 < C_{\text{мо}} < 49\%$)	46,0	47,0	3,0	0,93	6500
Участок модотипных руд ($C_{\text{мо}}^{\text{н}} < C_{\text{мо}} < C_{\text{мо}}^{\text{в}}$; $44 < C_{\text{мо}} < 46\%$)	46,0	45,5	2,0	0,71	10000
Участок приконтурных руд ($C_j < C_{\text{мо}} = 46\%$, $40 < C_{\text{мо}} < 46\%$)	46,0	42,5	5,0	1,35	3500

Среднеквадратическая ошибка определения геологического содержания равна $M_{\varepsilon} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{3,6}{\sqrt{158}} = 0,305$. При дифференциации общего геологического запаса на три геологические участки ($\sigma_1 \approx \sigma_2 \approx \sigma_3 = 2,12$) $M'_{\varepsilon} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N}} = \frac{1,35}{\sqrt{158}} = 0,108$.

Здесь учтено, что дисперсия по геологическому запасу месторождения ($\sigma=3,6$) при дифференциации его уменьшается до 0,72-1,35 (таблица).

Уменьшение ошибки определения геологического содержания от 0,305 до 0,108 согласно расчетных значений по формулам (40)-(43) является вполне устойчивым реальным результатом.

Экспериментальные результаты аналитической оценки показывают, что квалиметризация базового геологоразведочного массива с помощью модальных геоиндикаторов приводит к изменению значений целевых показателей однородности, разведанности и стабильности готовых объемов руд. Результаты определения фактических значений целевых показателей квалиметрической подготовки базового геологического запаса, подсчитанных по данным базовой детальной разведки в условиях хромитового месторождения "Геофизическое", подтвердили установленные выше закономерности, присущие дифференцированным геологическим участкам. На примере установлено, что дифференцированное районирование геологического запаса залежи на отдельные геолого-геометрические участки приводит к уменьшению изменчивости и ошибки определения и неоднородности, повышению концентрации и информативности геологического содержания, соответственно геологическая неопределенность уменьшается по мере повышения точности, информативности и изменчивости геологического содержания.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ квалиметрической подготовки геологических запасов твердых ископаемых, включающий квалиметризацию разведанных запасов, модальных критериев дифференциации, картирования по горизонтам рудника, содержащий этапы на которых

по данным детальной геологоразведки и связанной с ними геологоразведочной информации определяют величину классового промежутка, строят и устанавливают основные параметры гистограммы распределения геологического содержания;

по квалиметрическим модальным критериям с учетом классового промежутка проводят дифференцированное районирование и квалиметризацию процессов картирования геологического запаса: по сочетанию модальных значений и совокупностей сгруппированных вокруг него содержаний ($C_i \approx C_{mo}$) выделяют участки монотипной руды, содержащей модальные значения; по сочетанию положительных отклонений, превышающих модальное значение, и совокупности значений содержания металла ($|C_i - C_{mo}| > 0$) выделяют геологические участки с повышенной концентрацией руды; по сочетанию отрицательных отклонений, не превышающих модального значения, и совокупности значений содержаний металла ($|C_i - C_{mo}| < 0$) выделяют геологические участки с пониженной концентрацией руды;

определяют размерные параметры дифференцированных геологических запасов по участкам с повышенной концентрацией руды и с пониженной концентрацией руды, отдельно по модальной площади и/или площадям, с помощью аналитической оценки их расчета с учетом пространственной связи частотных интервалов статистического ряда распределения содержаний и геометрических площадей по участкам; выделяют на квалиметрических картах дифференцированно оконтуренные геологические участки с учетом посчитанных площадей с повышенной концентрацией руды, с пониженной концентрацией руды, а также главной геоиндикаторной площади с модальным содержанием руды;

проводят дифференциацию геологических участков рядовых руд на два эксплуатационных участка при значительности размеров аналогичного порядка базового уровня дифференциации с помощью квалиметрических модальных критериев по ним и кондиционно-технических параметров рудных продукций на участки с концентрацией руды, превышающей технические условия, мало и не содержащих некондиционные рудные балласты; участки приконтурных руд, с концентрацией близкой или не превышающей технические условия и содержащие смешанные рудопородные и другие некондиционные рудные балласты;

составляют квалиметрические карты по горизонтам, содержащие дифференцированно районированные и оконтуренные на предыдущих этапах геологические участки качественных и рядовых руд, и руд с модальными содержаниями, а также с учетом выделенных эксплуатационных участков рядовых руд, превышающих и приконтурных, не превосходящих технические условия.

