



ИНЖЕНЕРИЯ ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРЛІК ІС
ИНЖЕНЕРИЯ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО
ENGINEERING AND ENGINEERING

ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ИНЖЕНЕРИЯ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ
GEOLOGICAL ENGINEERING

DOI 10.51885/1561-4212_2024_4_92
MPHTI 38.01.75

Н.Е. Цоберг¹, Е.А. Одноконнова², Н.А. Зимановская¹, А.Ж. Амренова¹

¹Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева,

г. Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: yara_cat@mail.ru

E-mail: nata_zim@mail.ru

E-mail: amrenovaarailym@mail.ru

²ТОО «Геопроект Восток», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

E-mail: eodnokonnova@mail.ru

ИНТЕГРАЦИЯ КАЗАХСТАНСКОГО КОДЕКСА ПУБЛИЧНОЙ ОТЧЕТНОСТИ KAZRC ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АККАРГИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

АҚҚАРҒЫН КЕН АЛҚАБЫНЫҢ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ РЕСУРСТАРЫН БАҒАЛАУ ҮШІН KAZRC ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ЕСЕПТІК ЖАРИЯЛАНЫМДАРЫНЫҢ КОДЕКСІН ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

INTEGRATION OF THE KAZAKHSTAN PUBLIC REPORTING CODE KAZRC FOR ASSESSING THE RESOURCES OF GOLD DEPOSITS OF THE AKKARGINSKY ORE FIELD

Аннотация. Представленная статья освещает вопросы перехода геологической отчетности от стандартов ГКЗ к международным стандартам KAZRC, применительно к золоторудным запасам месторождений Аккаргинского рудного поля. Рассмотрены принципиальные различия при подсчете запасов по старой и по новой системе, внедряемой с 2024 года. При осуществлении исследования была рассмотрена краткая характеристика месторождения, методика проведенных геологоразведочных работ, технология добычи и переработки руд для оперативного и наглядного анализа данных. Дана классификация запасов руд по системе ГКЗ и по системе KAZRC. Детально разобраны и описаны критерии международной классификации ресурсов и критерии классификации запасов (ГКЗ). Разница этих систем показана при подсчете запасов и оценке минеральных ресурсов месторождений Аккаргинского рудного поля. Результаты подсчета показали существенное отличие количества руды и металла в зависимости от применяемого метода. Также описаны новые методы в заверке данных, процедуры, которые обеспечивают качество, точность, достоверность и прозрачность аналитической информации, представлены новые подходы к визуализации и интерпретации полученных результатов контроля качества геологоразведочных работ. Рассмотрены модифицирующие факторы, включающие горнотехнические, технологические, металлургические, инфраструктурные, экономические, маркетинговые, экологические, социальные и административно-управленческие аспекты Аккаргинского месторождения, применяемые в международных стандартах KAZRC при классификации и оценке минеральных ресурсов. Они показали свою эффективность при оценке рисков для недропользователя. Все это в целом дает представление и понимание о различиях применяемых подходов в оценке минеральных запасов и ресурсов.

Ключевые слова: золото, подсчет запасов, минеральные ресурсы, публичная отчетность KAZRC, Аккаргинское месторождение.

Аңдатпа. Ұсынылған мақалада геологиялық есептіліктің МҚК стандарттарынан KAZRC халықаралық стандарттарына, Аққарғын кен алқабы кен орындарының алтын кен қорларына қатысты ауысу мәселелері баяндалады. 2024 жылдан бастап енгізілген ескі және жаңа жүйе бойынша қорларды есептеу кезіндегі

түбегейлі айырмашылықтар қарастырылды. Зерттеуді жүргізу кезінде кен орнының қысқаша сипаттамасы, геологиялық барлау жұмыстарының әдістемесі, деректерді жылдам және көрнекі талдау үшін кендерді өндіру және өңдеу технологиясы қарастырылды. Бұрын пайдаланылған МҚК жүйесі бойынша және жаңа KAZRC жүйесі бойынша кендер қорларының жіктелімі берілді. Ресурстардың халықаралық жіктелу критерийлері және қорларды жіктеу критерийлері (МҚК) егжей-тегжейлі талданып, сипатталған. Осы екі жүйенің айырмашылығын көрсету үшін Аққарғын кен орнының кен орындарының қорларын есептеу және минералды ресурстарын бағалау жүзеге асырылды. Қорларды есептеу нәтижелері қолданылған әдіске байланысты кен мен металл мөлшері айтарлықтай ерекшеленетінін көрсетті. Деректерді растаудың жаңа әдістері де сипатталған. Аналитикалық ақпараттың сапасын, дәлдігін, сенімділігі мен ашықтығын қамтамасыз ететін процедуралар сипатталған. Геологиялық барлау жұмыстарының сапасын бақылаудың алынған нәтижелерін визуализациялау мен түсіндірудің жаңа тәсілдері ұсынылған. KAZRC халықаралық стандарттарында, минералдық ресурстарды жіктеу және бағалау кезінде қолданылатын тау-кен техникалық, технологиялық, металлургиялық, инфрақұрылымдық, экономикалық, маркетингтік, экологиялық, әлеуметтік және әкімшілік-басқару аспектілерін қамтитын түрлендіруші факторлар қаралды. Олар жер қойнауын пайдаланушы үшін тәуекелдерді бағалау кезінде өз тиімділігін көрсетті. Осының барлығы бізге пайдалы қазбалардың қорлары мен ресурстарын бағалауда қолданылатын тәсілдердің айырмашылықтары туралы түсінік береді.

Түйін сөздер: Алтын, қорларды есептеу, минералдық ресурстар, KAZRC жария есептілігі, Аққарғын кен орны.

Abstract. The presented article covers the issues of transition of geological reporting from GKZ standards to international KAZRC standards, in relation to gold reserves of deposits of the Akkarga ore field. The fundamental differences in calculating reserves using the old and new systems, introduced from 2024, are considered. When carrying out the study, a brief description of the deposit, the methodology of the geological exploration work, and the technology of mining and processing of ores for rapid and visual data analysis were considered. A classification of ore reserves was given according to the previously used GKZ system and the new KAZRC system. The criteria for the international classification of resources and the criteria for the classification of reserves (GKZ) are analyzed and described in detail. In order to show the difference between these two systems, reserves were calculated and the mineral resources of the Akkarga ore field deposits were assessed. The results of calculating reserves showed that depending on the method used, the amount of ore and metal differs significantly. New methods for data verification are also described. Procedures are described that ensure the quality, accuracy, reliability and transparency of analytical information. New approaches to visualization and interpretation of the obtained results of quality control of geological exploration are also presented. Modifying factors are considered, including mining, technological, metallurgical, infrastructural, economic, marketing, environmental, social and administrative aspects of the Akkarginiskoye deposit, used in international KAZRC standards, in the classification and assessment of mineral resources. They have shown their effectiveness in assessing risks for subsoil users. All this as a whole gives us an idea and understanding of the differences in the approaches used in assessing mineral reserves and resources.

Keywords: gold, reserve calculation, mineral resources, KAZRC public reporting, Akkarginiskoye deposit

Введение. До настоящего времени в Казахстане действовала только система ГКЗ (Государственный Комитет по запасам). Но система ГКЗ, которая надежно обслуживала геологоразведочную отрасль при советском государственном планировании, в новых рыночных условиях безнадежно устарела [Фрейман, Уразаева, Еньшин, 2023]. Процесс внедрения международных стандартов геологической отчетности KAZRC начался в 2016 году с момента вступления Казахстана в международный комитет CRIRSCO. В январе 2024 года завершился переходный период внедрения стандарта KAZRC, по которому отчитываются недропользователи новых месторождений. Все недропользователи, действующих месторождений отчитываются по выбору: либо ГКЗ, либо KAZRC.

Система ГКЗ не предоставляет прозрачности и достоверности данных и контроля качества работ. Например, ни сотрудники ГКЗ, ни независимые эксперты никогда не проверяли ни координаты, ни скважины, ни пробы, которые участвуют в подсчете запасов, при этом часть данных вообще может быть засекречена. Поэтому в применяемой системе ГКЗ могут быть допущены любые отклонения (вплоть до фальсификаций). Об этом очень хорошо знают инвесторы, и поэтому зарубежные компании вполне обоснованно не доверяют ее результатам.

Основные цели полного перехода на KAZRC:

I – прозрачность и достоверность сведений о состоянии минерально-сырьевой базы Казахстана, имеющие колоссальное значение для развития экономики страны;

II – повышение конкурентоспособности геологической и горнодобывающей отраслей Казахстана;

III – привлечение иностранных и развитие отечественных геологоразведочных компаний.

Одна из актуальных задач при этом заключается в подготовке отечественных высококвалифицированных специалистов в геологической отрасли.

Цель данного исследования – провести сравнение двух методов подсчета запасов и оценки минеральных ресурсов на примере золоторудных месторождений Аккаргинского рудного поля.

Исследуемая территория, под общим названием Аккаргинское рудное поле, расположена в Житикаринском районе Костанайской области в 110 км от г. Житикара. В структурном плане площадь Аккаргинского рудного поля расположена в зоне Джетыгаринского разлома. Основные рудоконтролирующие факторы – зоны разрывных нарушений субмеридиональной ориентировки и узлы их сопряжения с разломами северо-восточного и северо-западного направления.

Известные рудные зоны (участки золотодобычи Южно-Леонидовское и Южно-Аккаргинское) тяготеют к тектоническим зонам экзоконтактов гипербазитов. По аналогии с известными рудными зонами месторождения выделен комплекс линейных спектрометрических (СП) аномалий. Золотое оруденение развивается в приконтактных частях вмещающих пород с магматическими массивами основного и ультраосновного состава. Рудные тела в пределах метаморфизованных зон залегают в виде цепочки линз. Золотосульфидная минерализация встречается в окварцованных зонах дробления. Кварцевые жилы, редко содержащие золотое оруденение, развиваются в основном во вмещающих породах, но иногда секут и дайки, и зону лиственитизации.

По вещественному составу руды месторождений относятся преимущественно к прожилково-малосульфидному типу. Южно-Аккаргинское месторождение развито в основном в графитизированных серицит-хлоритовых сланцах протерозоя, в зонах разломов и метасамотитов, приурочено к зоне восточной ветви Джетыгаринского глубинного разлома. Разделяется в плане на 16 рудных зон. Рудные тела имеют сложную морфологию с раздувами до 19 м и пережимами до 0,24 м, прослеживаются на расстояние более 17 км. Нередко рудные тела осложнены апофизами различных размеров.

Южно-Леонидовское месторождение и другие рудные зоны приурочены в основном к вулканогенным породам силура (Sw_2-l_d). Приурочено к зоне западной ветви Джетыгаринского глубинного разлома. Разделяется в плане на 6 рудных зон. Рудные тела сложной морфологии с извилистыми контактами и многочисленными апофизами. Прослеживаются на расстояние более 14 км.

Материалы и методы исследования. Пликативная тектоника представлена антиклинальной структурой, образованной сланцевой толщей верхнего протерозоя, а в центральной части – синклиальной складкой с терригенно-карбонатными и углефицированными отложениями верхнего девона, разделяющей Центральный и Восточно-Аккаргинский массивы. Синклиальная складка также имеет меридиональное простирание с крутым падением крыльев, которые осложнены тектоническими нарушениями.

Первые сведения о золотоносности площади относятся к 1915-16 гг., когда было открыто месторождение «Аккарга золотая», расположенное в центральной части площади. Месторождение эксплуатировалось в 1922-40 гг. По сведениям отчетных данных за этот период добыто 11800 т. руды и 115,5 кг золота. В последующие годы здесь проводились геологическая и глубинная литогеохимическая съемка 1:50000 масштаба и поисковые

работы на золото: в 1929-30 гг. под руководством Д.С. Штейнберга, в 1958-60 гг. М.И. Русиним и И.В. Гачкевича, в 1961-63 гг. В.Ф. Митрофанского, в 1977-86 гг. геохимической партией Затобольской ГРЭ (Баубекова, Коваль, 2022; Протокол заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых, 2016).

По результатам всех этих работ в 2016 г. разработано ТЭО промышленных кондиций на окисленные золотосодержащие руды месторождений Аккаргинского рудного поля и составлен отчет (Пятков, 2016), который утвержден ГКЗ РК (Протокол заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых, 2016). Опытнo-промышленная эксплуатация месторождений была начата с двух карьеров, расположенных на Южно-Леонидовском месторождении и 4 зоне Южно-Аккаргинского месторождения. Переработка осуществлялась методом кучного выщелачивания. В результате проведенных геологоразведочных работ были доизучены известные и выявлены новые минерализованные зоны с промышленными содержаниями золота.

На основе повариантного подсчета запасов окисленных золотосодержащих руд для открытой отработки месторождений Аккаргинского рудного поля разработаны и утверждены протоколом ГКЗ РК (Протокол заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых, 2020) оценочные кондиции со следующими параметрами:

- бортовое содержание золота в пробе, включаемой в подсчет запасов при оконтуривании балансовых руд, – 0,5 г/т;

- минимальная мощность рудного тела, включаемого в контуры подсчета запасов, – 2,0 м (при меньшей мощности, но высоком содержании золота руководствоваться соответствующим метрограммом – 1,0 г/т*м);

- максимальная допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов, – 3,0 м;

- к забалансовым отнести запасы окисленных руд, оконтуренных по бортовому содержанию золота 0,3 г/т и расположенных как в пределах, так и за пределами проектного карьера.

На основании новых данных доразведки, эксплоразведки и отработки согласно новой форме геологической отчетности, недропользователю необходимо было выполнить оценку запасов и ресурсов руд Аккаргинского рудного поля по стандарту KAZRC для открытой отработки.

Используя все материалы ранее выполненных исследований и данные, полученные за период с 2018 по 2023 годы, была выполнена оценка минеральных запасов и ресурсов месторождений Аккаргинского рудного поля в соответствии с кодексом KAZRC и параллельно по системе ГКЗ.

Результаты геологоразведочных работ, выполненных на протяжении всего периода изучения месторождений Аккаргинского рудного поля, свидетельствуют о том, что месторождения имеют очень сложное геологическое строение, основная часть запасов характеризуется резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, невыдержанным качеством полезного ископаемого с очень неравномерным распределением золота. Согласно инструкции (Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям благородных металлов, 2005), месторождения такого типа относятся к третьей группе сложности.

Для выполнения поставленной цели исследования – сравнить два метода подсчета запасов и оценки ресурсов применительно к месторождениям Аккаргинского рудного поля, были использованы результаты исторических исследований, а также результаты геологоразведочных работ в период с 2013 по 2023 годы (табл. 1).

Таблица 1. Накопленная база данных по месторождениям Аккаргинского рудного поля

Виды работ	Ед. измерения	Итого 2008-2015	Итого 2016-2019	Итого 2020-2022
Колонковое бурение	кол-во скв./проб	318/25 128	76/4 366	37/4 646
КГК бурение	кол-во скв./проб	1 081/32 874	1 341/23 180	-
РС-бурение	кол-во скв./проб	72/4 888	665/17 680	423/18 987
Канавы	кол-во/проб	50/2 014	320/8 020	198/6 437
Борозды	кол-во/проб	389/ 12 229	1 821/35 069	2 191/60 673
<i>Примечание – составлено автором</i>				

Для решения поставленных задач был использован следующий комплекс геолого-разведочных работ: топографо-геодезические работы (Rakhymberdinaetal, 2022); разведочное бурение; опробование; инженерно-геологические исследования; лабораторные и технологические исследования.

После анализа данных результатов проведенных на месторождении геологоразведочных работ встречается первое различие в исследуемых подходах подсчета запасов и оценки ресурсов. Это различие в категоризации запасов золотосодержащих руд.

По стандартам ГКЗ все запасы делятся на категории С₁, С₂ и забалансовые.

Согласно инструкции, применительно к золоторудным месторождениям 3-й группы сложности для разведки по категории С₁ рекомендуется применять разведочную сеть плотностью 40-60×40-60 м, для категории С₂ – сеть плотностью 80-120×80-120 м. Фактически сложившаяся по состоянию на 01.01.2020 г. разведочная сеть по категории С₁ близка или несколько гуще по сравнению с рекомендуемой. То же самое можно сказать и о плотности сети, принятой для классификации запасов по категории С₂.

Существующая разведочная сеть позволяет выделять в основных рудных телах блоки категории С₁. Запасы мелких единичных линз месторождения и на флангах основных рудных тел отнесены к категории С₂.

Согласно кодексу KAZRC минеральные ресурсы делятся на категории Выявленные и Предполагаемые:

– к категории Выявленные отнесены окисленные минеральные ресурсы по бортовому содержанию золота 0,3 г/т на участках, где есть современное бороздовое опробование полотна карьера плотностью 10x10 м, с экстраполяцией их на глубину 20 метров;

– к категории Предполагаемые отнесены:

1) все оставшиеся окисленные минеральные ресурсы, так как оценка этих ресурсов выполнена на основании геологоразведочных данных недостаточного уровня достоверности;

2) все первичные и смешанные ресурсы, независимо от сети разведочных работ, так как эти руды ещё не добывались и не перерабатывались.

Минеральные запасы Кодекс KAZRC определяет в порядке возрастания уверенности в модифицирующих факторах: вероятные и доказанные запасы.

Вероятные Минеральные Запасы – это рентабельная для отработки часть Выявленных Минеральных Ресурсов и, при некоторых обстоятельствах, Измеренных Минеральных Ресурсов. Модифицирующие факторы, применяемые при оценке Вероятных Минеральных Запасов, имеют более низкий уровень достоверности, чем таковые для Доказанных Минеральных Запасов.

Доказанные Минеральные Запасы – это экономически извлекаемая часть Измеренных минеральных ресурсов. Доказанные Минеральные Запасы предполагают наиболее высокую степень уверенности в Модифицирующих факторах.

Минеральные запасы должны включать поправку на разубоживание и потери (Казахстанский кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и минеральных запасах KAZRC, 2017).

Таким образом, условиями перевода минеральных ресурсов в запасы являются:

- 1) наличие ресурсов категорий Выявленные и Измеренные;
- 2) наличие правоустанавливающих документов (лицензия, горный и земельный отвод, протоколы ГКЗ и др.);
- 3) желание и возможность недропользователя отрабатывать запасы (внутренний план компании, команда и др.).

За основу классификации минеральных запасов Южно-Аккаргинского рудного поля были приняты следующие модифицирующие факторы:

- 1) метод добычи - открытым способом, по углубочной системе разработки,
- 2) средняя глубина проектного карьера от поверхности – 28-30 м,
- 3) коэффициент вскрыши – 10,1-11,7 м³/т,
- 4) принятые параметры потерь – 4,1-3,33 % и разубоживания – 11,19-10,5 %,
- 5) гидрогеологические условия – простые, не требуется предварительного осушения,
- 6) устойчивость бортов карьера – средней сложности,
- 7) метод переработки – кучное выщелачивания после предварительной агломерации с добавлением цемента,
- 8) цены на золото – за одну тройскую унцию 1700 долларов США или за 1 грамм золота 54,66 долларов США.

В стандартах KAZRC особое внимание уделяется процедурам контроля качества и достоверности QA/QC, которые должны выполняться неукоснительно – рекомендуемый общий минимальный процент контрольных проб составляет 18-20 %.

В данном исследовании установлено, что указанный контроль проводился в соответствии с рекомендациями (Приложения Р007-22 к методическим рекомендациям по подготовке Отчетов о результатах геологоразведочных работ, 2022). Для итоговой оценки был использован достаточный объем контрольных проб.

Использовался только указанный период, так как на исследуемом месторождении процедуры контроля качества QA/QC при ведении геологоразведочных работ начали применяться только с 2020 года. Именно поэтому стало возможно оценить минеральные ресурсы и запасы в соответствии с новыми правилами публичной отчетности.

Обработка, интерпретация и визуализация результатов контроля качества выполнялись в виде графиков рассеяния, графиков Шухарта, HARD и квантиль-квантиль (рис. 1).

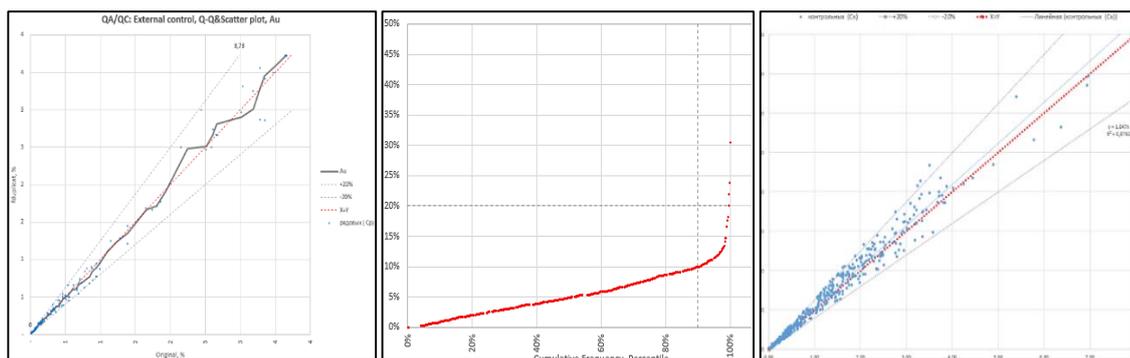


Рисунок 1. Обработка результатов контроля качества в виде графика HARD, графика рассеяния и квантиль-квантиль

Примечание – составлено автором

Результаты и их обсуждение. Результатом настоящей работы в первом случае является подсчет запасов окисленных руд месторождений Аккаргинского рудного поля для открытой отработки по стандарту ГКЗ РК на основании полученных и проанализированных данных проведенных геологоразведочных работ. Подсчет запасов выполнен с использованием программы «Micromine» методом Кригинга с учетом данных, полученных за период 01.01.2020 – 01.01.2023 гг., по утвержденным кондициям для открытой отработки окисленных руд в 2020 г.

Использованная исходная база данных содержит данные опробования с вычисленными координатами каждого интервала опробования на основе первичных данных по координатам устьев скважин, начала борозд, инклинометрии. Основная проверка базы данных проводилась в программе «Micromine» на предмет совместимости полученных файлов друг с другом.

Особенности геологического строения месторождений данной группы дали возможность отнесения запасов к категориям C_1 и C_2 :

- к категории C_1 отнесены окисленные руды, разведанные по сети 40-60×40-60 м и гуще;
- к категории C_2 отнесены запасы мелких единичных линз месторождений.

К категории Забаланс отнесены запасы согласно кондициям, утвержденным в ГКЗ РК, и все окисленные руды за пределами проектных карьеров, оконтуренные по бортовому содержанию золота 0,3 г/т.

Так как добыча на месторождениях ведется на основании Контракта № 5394-ТПИ и Лицензии на добычу, соответственно и баланс месторождений ведется раздельно, согласно двум документам. Дальнейшие расчеты выполнены с территориальным разделением запасов: в границах горного отвода; в границах лицензии; в границах геологического отвода (за пределами горного отвода и лицензии).

В результате подсчета по состоянию на 02.01.2023 г. балансовые запасы месторождений Аккаргинского рудного поля по категории C_1+C_2 составили:

- Южно-Аккаргинское месторождение: руды – 966,95 тыс.т., золота – 1 384,60 кг.
- Южно-Леонидовское месторождение: руды – 1 086,52 тыс.т., золота – 1 375,51 кг.

Экономический анализ результатов выполненной оценки запасов, подсчитанных по системе ГКЗ, показывает, что отработка золотосодержащих руд открытым способом с переработкой руды по утвержденной технологической схеме является прибыльной и экономически эффективной. Внутренняя норма прибыли (IRR) по рассчитанным запасам по бортовому содержанию золота 0,5 г/т. составляет 21,8 % при сроке окупаемости проекта 3,4 года. Чистая прибыль за весь период составляет 4, 952 млн. \$.

Результатом настоящей работы во втором случае является оценка минеральных ресурсов и запасов золотосодержащих руд месторождений Аккаргинского рудного поля в соответствии с Кодексом KAZRC.

Принципиальное отличие данной классификации в том, что минеральные ресурсы – это то, что находится в недрах, а минеральные запасы – то, что будет извлечено для дальнейшего использования.

Для оценки минеральных ресурсов была создана модель минерализации, состоящая из следующих этапов:

1. Составление базы данных для хранения информации по данным геологической разведки;
2. Статистический анализ первичных геологических данных, исправление ошибок, группировка данных, заверка базы данных, выявление закономерностей оруденения;
3. Построение скважин в пространстве 3D-визуализации модели, группировка по профилям;

4. Выделение и оконтуривание рудных и нерудных интервалов, расчёт композитных интервалов, уточнение интервалов по значениям бортового содержания или природного борта (интерпретация геологических данных);

5. Уточнение границ пространственного размещения руд, пород, литологических разностей, зоны окисления и переходной зоны;

6. Каркасное моделирование месторождения (выделение зон минерализации, рудных тел и пород, поверхностей и др.);

7. Создание пустых блочных моделей на основе параметров минерализованных зон и др.;

8. Геостатистический анализ данных разведки, вариография, определение законов пространственной изменчивости геологических характеристик компонентов;

9. Интерполяция содержаний компонентов в пустую блочную модель методами обратных расстояний, Кригинга и др.;

10. Категоризация полученных данных, составление отчётов по ресурсам и запасам.

Оценка ресурсов окисленных золотосодержащих руд на месторождениях Аккаргинского рудного поля была выполнена по бортовому содержанию золота 0,3 г/т.

Использованная исходная база данных содержит данные опробования с вычисленными координатами каждого интервала опробования на основе первичных данных по координатам устьев скважин, начала борозд, инклинометрии, а также данных химических анализов по золоту, никелю, кобальту и железу. Подсчет запасов выполнен в программе «Micromine» методом Кригинга.

Использованная база данных и метод подсчета аналогичны первому методу. Для оценки разумных перспектив возможной рентабельной добычи открытым способом была выполнена оптимизация карьеров. Параметры, которые были заложены в оптимизатор:

- Производительность по руде – 500 тыс. т/год,

- Переработка (извлечение золота) – 72,33 %,

- Себестоимость добычи руды, выемки вскрыши, переработки – 3,15, 3,15, 6,69 \$/т соответственно,

- Роялти (НДПИ) – 7,5 %, 4,8 \$/т,

- Стоимость золота – 2000 \$/тр. унц., 64,3 \$/г,

- Чистая прибыль на тонну руды – 1,9 \$/т.

Оптимизация проводилась с использованием специализированного программного обеспечения «Micromine», блок «Pit optimizer», по алгоритму Lerchs-Grossman.

Показатели эксплуатационных затрат были приняты по фактически достигнутым данным, полученным у недропользователя. Оптимизация карьера проводилась при прогнозной стоимости золота по оптимистичному сценарию на краткосрочную перспективу.

Согласно прогнозу Кристофера Льюиса (<https://www.zolotoy-zapas.ru/>), сейчас золоту приходится иметь дело со множеством перекрёстных течений. По данным Bloomberg, с начала 2024 года рост цен на золото превысил 23 % на фоне усиления ожиданий того, что ФРС США вскоре начнет цикл сокращения ставок. Кроме того, росту цены способствовало повышение спроса на активы-убежища из-за конфликтов на Ближнем Востоке и в Восточной Европе. Ралли в золоте также помогли активные покупки драгоценного металла со стороны центральных банков и устойчивый спрос на внебиржевом рынке. Для рынка золота начало цикла снижения процентных ставок, вероятно, добавит поддержки. Более низкие ставки, как правило, позитивно сказываются на цене золота.

Ожидаемое снижение ставки в США придаст новый импульс ценам на золото и приведет их к новым максимумам. Геополитика останется одним из ключевых факторов, определяющих цены на золото. Конфликты в Восточной Европе и на Ближнем Востоке, а

также напряженность между США и Китаем предполагают, что спрос на безопасные активы продолжит поддерживать цены на золото в краткосрочной и среднесрочной перспективе. Кроме того, ожидается, что центральные банки продолжат увеличивать свои активы, что также должно оказать поддержку. Эксперты ING пересмотрели прогноз по ценам на драгоценный металл в сторону повышения и теперь ожидают, что в 2025 году средняя цена золота составит \$2700 за унцию.

Исходя из этого прогноза для оптимизации карьера принята стоимость золота 2000 \$ за 1 тройскую унцию (оптимистичный сценарий на краткосрочную перспективу).

Ресурсы для рентабельной добычи открытым способом, по бортовому содержанию золота 0,3 г/т, посчитанные по состоянию на 01.01.2023 г., составили:

- Южно-Аккаргинское месторождение. Окисленные руды: Выявленные – 708 876 тонн руды, 692 кг золота, Предполагаемые – 2 482 953 тонн руды, 2 164 кг золота. Смешанные руды: Предполагаемые – 811 039 тонн руды, 775 кг золота, Первичные руды: Предполагаемые – 2 099 310 тонн руды, 2 225 кг золота;

- Южно-Леонидовское месторождение. Окисленные руды: Выявленные – 371 769 тонн руды, 436 кг золота, Предполагаемые – 1 165 655 тонн руды, 1 026 кг золота, Смешанные руды: Предполагаемые – 294 230 тонн руды, 279 кг золота, Первичные руды: Предполагаемые – 3 877 236 тонн руды, 3 468 кг золота.

В категорию Вероятные Минеральные Запасы переведены соответственно окисленные Выявленные ресурсы с учетом модифицирующих факторов.

По состоянию на 02.01.2023 г. Вероятные Минеральные Запасы составили: Южно-Аккаргинское месторождение – 765 470 тонн руды, 664 кг золота. Южно-Леонидовское месторождение – 401 550 тонн руды, 422 кг золота.

Далее был проведен анализ экономической эффективности разработки месторождений Аккаргинского рудного поля.

Применяя методы оценки эффективности долгосрочных проектов по чистой прибыли, по окупаемости, по внутренней норме прибыли и чистой текущей стоимости можно сделать следующий вывод: на сегодняшний день для недропользователя ТОО «Брендт» отработка минеральных запасов окисленных руд открытым способом по существующей технологии переработки методом кучного выщелачивания и на существующих мощностях предприятия является экономически эффективной, при ставке дисконтирования @ = 10 % NPV достигает 417 тыс. долл. США, при внутренней норме прибыли (IRR) 16,5 % чистая прибыль составляет 1 343 тыс.\$ при сроке окупаемости 2,8 года.

Вовлечение в отработку посчитанных предполагаемых ресурсов с учетом потерь и разубоживания позволит увеличить количество извлекаемого металла и повысить экономическую эффективность отработки месторождения.

Заключение. В результате проведенного исследования двух методов можно с уверенностью говорить, что между ними есть большая доля сходства. Такие параметры, как: общая геология, геология самого месторождения, методы разведки, технология извлечения, гидрогеологические и инженерно-геологические особенности, экологические и социальные факторы, юридические аспекты, методы моделирования и методы оценки содержаний и объемной массы вещества являются абсолютно аналогичными.

Главные различия методов:

- Процедуры по обеспечению качества информации, получаемой в процессе разведки (QA/QC);

- Понимание реалистичных перспектив освоения месторождения и понимание влияния модифицирующих факторов;

- Методы классификации Минеральных ресурсов и Запасов;

- Оценка рисков;
- Ответственность (KAZRC - Компетентное Лицо, ГКЗ – авторы отчета, эксперты, комитет по запасам).

В итоге мы можем видеть разницу в количестве полезного ископаемого на месторождениях Аккаргинского рудного поля:

- при подсчете по стандартам ГКЗ запасы забалансовых руд составляют: 5 518 тыс. тонн руды и 3 711,98 кг золота,

- при подсчете по KAZRC количество минеральных ресурсов, Выявленных и Предполагаемых, составляет 5 834,52 тыс. тонн руды, 5 372 кг золота.

Количество запасов, которые недропользователь на сегодняшний день уже может добывать и перерабатывать, различается существенно:

- ГКЗ – 2 053,47 тыс. т. руды, 2 760 кг золота,

- KAZRC – 1 167,02 тыс. т. руды, 1 085 кг золота.

Благодарности. Авторы выражают благодарность за поддержку и консультации генеральному директору ТОО «Брендт» Б.Ш. Еркееву, главному геологу ТОО «Брендт» Т. Абдину.

Статья составлена на основе материалов исследований по теме AP23484205, финансируемой МНВО РК (договор № 239/ ГФ24-26 от 09.09.2024 г.)

Список литературы

- Rakhymberdina, M.Y., Grokhotov, E.V., Assylkhanova, Z.A., Toguzova, M.M. Using space survey materials for modeling hydrodynamic accidents at mining enterprises in Kazakhstan. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – ISPRS Archives, 2022, 46(5/W1-2022). – P. 193-198.
- Баубекова Г.К., Коваль В.В. География месторождений золота и рудопроявления в Костанайской области. Естественно-научные исследования. 2022. – С. 80-82 // Baubekova G.K., Koval' V.V. Geografiya mestorozhdenij zolota i rudoproyavleniya v Kostanajskoj oblasti. Estestvennonauchnye issledovaniya, 2022. – S. 80-82.
- Беспаяев Х.А., Глоба В.А., Абишев В.М., Гуляева Н.Я. Месторождения золота Казахстана: Справочник. Алматы, Информационно-аналитический центр геологии, экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. 2017. – 232 с // Bespaev H.A., Globa V.A., Abishev V.M., Gulyaeva N.YA. Mestorozhdeniya zolota: Kazahstana Spravochnik. Almaty, Informacionno-analiticheskij centr geologii, ekologii i prirodnyh resursov Respubliki Kazahstan. – 2017. – 232 s.
- Гачкевич И.В., Белых М.П. Поисково-оценочные работы на золото на Южно-Аккаргинском участке и на флангах Южно-Леонидовского и Аккаргинского участков: Отчет о результатах работ, проведенных в 1990-1996 гг. СКТУО и ИН, Джетыгаринская ГРЭ, 1996 // Gachkevich I.V., Belyh M.P. Poiskovo-ocenochnye raboty na zoloto na YUzhno-Akkargin'skom uchastke i na flangah YUzhno-Leonidov'skogo i Akkargin'skogo uchastkov: Otchet o rezul'tatah rabot, provedennyh v 1990-1996gg. SKTUO i IN, Dzhetygarinskaya GRE, 1996.
- Глоба В.А., Абишев В.М. Перспективы открытия новых и нетрадиционных типов месторождений золотых в Казахстане: Сб. «Геология, минералогия и геохимия новых и нетрадиционных типов золотой минерализации». Алматы, 1991. – С. 4-16 // Globa V.A., Abishev V.M. Perspektivy otkrytiya novyh i netradicionnyh tipov mestorozhdenij zolotyh v Kazahstane: Sb. «Geologiya, mineralogiya i geohimiya novyh i netradicionnyh tipov zolotoj mineralizacii». – Almaty, 1991. – S. 4-16.
- Даукеев С.Ж. Ресурсы золота Казахстана. Минерально-сырьевые ресурсы Казахстана, 1-я редакция, 1994. – С. 15-20 // Daukeev S.ZH. Resursy zolota Kazahstana. Mineral'no-syr'evye resursy Kazahstana, 1-ya redakciya, 1994. – S. 15-20.
- Джафаров Н.Н., Джафаров Ф.Н. Полезные ископаемые Джетыгаринского рудного района (Костанайское Зауралье). – Алматы: «Алеем», 2002. – 244 с // Dzhafarov N.N., Dzhafarov F.N. Poleznye iskopaemye Dzhetygarinskogo rudnogo rajona (Kostanajskoe Zaural'e). – Almaty: «Aleem», 2002. – 244 s.
- Инструкция по применению Классификации запасов к месторождениям благородных металлов (золото, серебро, платина), утверждена приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан, Кокшетау, 2005 // Instrukciya po primeneniyu Klassifikacii zapasov k mestorozhdeniyam blagorodnyh metallov (zoloto, serebro, platina), utverzhdena prikazom Ministra energetiki i mineral'nyh resursov Respubliki Kazahstan, Kokshetau, 2005.

Интернет ресурс <https://www.zolotoy-zapas.ru/> // Internet resurs <https://www.zolotoy-zapas.ru/>

Казахстанский кодекс публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и минеральных запасах KAZ RC, подробно главы 31-39 // Kazhstanskij kodeks publichnoj otchetnosti o rezul'tatah geologorazvedochnyh rabot, mineral'nyh resursah i mineral'nyh zapasah KAZ RC, podrobno glavy 31-39.

Приложения P007-22 к методическим рекомендациям по подготовке Отчетов о результатах геологоразведочных работ, Минеральных Ресурсах и Минеральных Запасах в соответствии с Кодексом в редакции 2022 года // Prilozheniya R007-22 k metodicheskim rekomendaciyam po podgotovke Otchetov o rezul'tatah geologorazvedochnyh rabot, Mineral'nyh Resursah i Mineral'nyh Zapasah v sootvetstvii s Kodeksom v redakcii 2022 goda.

Протокол заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых от 20 июля 2016 года, № 1690-16К // Protokol zasedaniya Gosudarstvennoj komissii po zapasam poleznyh iskopaemyh ot 20 iyulya 2016 goda, № 1690-16K

Протокол заседания Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых от 15 сентября 2020 года, № 2209-20-У // Protokol zasedaniya Gosudarstvennoj komissii po zapasam poleznyh iskopaemyh ot 15 sentyabrya 2020 goda, № 2209-20-U

Пятков А.В. и др. Подсчет запасов окисленных золотосодержащих руд месторождений Южно-Аккаргинское и Южно-Леонидовское Аккаргинского рудного поля по состоянию на 01.01.2016 г., Костанайская область. Фонды ТОО «Брендт» // Pyatkov A.V. i dr. Podschet zapasov okislennyh zolotosoderzhashchih rud mestorozhdenij YUzhno-Akkarginskoe i YUzhno-Leonidovskoe Akkarginskogo rudnogo polya po sostoyaniyu na 01.01.2016 g., Kostanajskaya oblast'. Fondy ТОО «Brendt».

Фрейман Г.Г., Уразаева С.Б., Еньшин Н.В. Переход на стандарты KAZRC – ожидания и риски: Доклад, озвученный на 13-ом горно-геологическом форуме МАЙНЕКС Казахстан 2023, Астана // Frejman G.G., Urazaeva S.B., En'shin N.V. Perekhod na standarty KAZRC – ozhidaniya i riski: Doklad, ozvuchennyj na 13-om gorno-geologicheskom forume MAJNEKS Kazahstan 2023, Astana

Черепанов В.С. Геологический отчет о результатах детальных поисковых работ на золото, проведенных на Леонидовском участке Кустанайской области Джетыгаринского района (1982-1986гг.). СКПГО, Затобольская ГРЭ, 1986 // Cherepanov V.S. Geologicheskij otchet o rezul'tatah detal'nyh poiskovyh rabot na zloto, provedennyh na Leonidovskom uchastke Kustanajskoj oblasti Dzhetygarinskogo rajona (1982-1986gg.). SKPGO, Zabol'skaya GRE, 1986.

Information about authors

Tsoberg Nadezhda – undergraduate student of group 23-MGR-2t, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: yara_cat@mail.ru, +7 705 228 65 33

Odnokonnova Elena – general director of Geoproject Vostok LLP, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: eodnokonnova@mail.ru +7 777 673 8120

Zimanovskaya Natalya – PhD, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: nata_zim@mail.ru, ORCID 0000-0002-9881-690X, +7 705 417 54 09

Amrenova Arailym – doctoral student of group 23-GR-3z, D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, E-mail: amrenovaarailym@mail.ru, ORCID 0009-0004-8251-937, +7 771 615 1488