

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ,
ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.411:553.048 (575.1)

Причины неподтверждения разведанных запасов на золоторудном месторождении Чармитан

Reasons for non-confirmation of explored reserves at the Charmitan gold deposit

Охунов А. Х., [Зималина В. Я.](#),
Рахромова Н. Б., Мухаммедов Ж. Э.

Okhunov A. Kh., [Zimalina V. Ya.](#),
Rakhmonova N. B., Mukhammedov Zh. E.

Ошибки, возникающие в процессе разведки месторождений, могут быть разделены на две группы: погрешности определения тех или иных количественных характеристик оруденения (средняя мощность, содержания, плотность) и ошибки выявления условий залегания, формы и строения рудных скоплений.

В статье рассматриваются причины неподтверждения разведанных запасов по отдельным блокам рудных тел золоторудного месторождения Чармитан. Сравниваются подсчётные параметры и запасы руды и металла в контурах утверждённых запасов по четырём рудным телам с неподтвердившимися запасами. Изучаются основные расхождения в запасах руды и металла, неподтверждения мощностей тел и содержания золота, а также комплекс факторов: густота разведочной сети, статистическая и пространственная изменчивость полезных компонентов.

Ключевые слова: подтверждаемость, мощность, рудные тела, подсчётные блоки, морфология золота, содержание, параметры, месторождения, разведочная система, ГКЗ, утверждённые, подэтажные штреки.

Errors arising in the exploration of ore deposits can be divided into two groups: errors in determining specific quantitative characteristics of mineralization (average thickness, grade, density) and errors in identifying the conditions of occurrence, shape and structure of ore clusters.

This article discusses the reasons for the non-confirmation of explored reserves for individual blocks of ore bodies of the Charmitan gold deposit. The calculated parameters and ore and metal reserves are compared in the framework of proven reserves for four ore bodies with unconfirmed reserves. The main discrepancies in ore and metal reserves, non-confirmation of body thicknesses and gold grades, as well as a complex of factors are considered: the density of the exploration network, and statistical and spatial variability of useful components.

Keywords: confirmation, thickness, ore bodies, countable blocks, gold morphology, grade, parameters, deposits, exploration system, GKZ, approved, sublevel drifts.

Для цитирования: Охунов А. Х., [Зималина В. Я.](#), Рахромова Н. Б., Мухаммедов Ж. Э. Причины неподтверждения разведанных запасов на золоторудном месторождении Чармитан. Руды и металлы. 2022. № 3. С. 45–56. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10016.

For citation: Okhunov A. Kh., [Zimalina V. Ya.](#), Rakhmonova N. B., Mukhammedov Zh. E. Reasons for non-confirmation of explored reserves at the Charmitan gold deposit, 2022, № 3, pp. 45–56. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10016.



В ранее опубликованной статье [2] авторами сообщалось о высокой достоверности разведки на золоторудном месторождении Чармитан (Кошрабадский район, Узбекистан) в отработанных двух крупных рудных телах (№ 1 и № 8). Месторождение относится к жильному геолого-промышленному типу, золото кварцевому рудно-формационному [2]. Отмечалось, что в целом по рудным телам расхождение между подсчётными и утверждёнными ГКЗ запасами со знаком плюс, т. е. запасов золота добыто больше, чем было подсчитано и утверждено. По морфологии данные рудные тела представляют собой жилы сложной формы с расщеплениями, раздувами, пережимами и др.

Особенностями рудных жил в граносиенитах являются невысокие концентрации сульфидов и повышенная роль шеелита. По падению кварцевые жилы переходят в линейные штокверки мощностью до десятков метров, образуя единые штокверково-жильные системы. Локализация таких тел носит многоярусный характер. Скопления штокверково-жильных пород приурочены к отдельным звеньям флексуорообразных перегибов в минерализованной зоне по падению. С удалением от контакта интрузива на восток до 3 км оруденение локализуется в морфологически сложных коротких кварцевых жилах, сопровождающихся концентрацией прожилков [4].

Промышленные рудные тела месторождения, представленные жилами, имеют среднюю длину по простиранию 1200 м, мощность 1–3 м, протяжённость промышленных участков тел от 20 до 450 м, мощность 0,56–3,7 м. Отдельные рудные тела прослеживаются до глубины 1050 м. Они размещаются параллельно относительно друг друга, иногда кулисообразно, часто ветвятся и соединяются друг с другом, круто (70–80°) падают на север и северо-восток. В пределах месторождения изучено и разведано около 50 рудных тел, сгруппированных в четыре пространственно сближенные системы. Это (с севера на юг) рудные тела 6, 8; 1, 11, 17, 13; 3, 5, 14; 7, 22, 23, 27, 15. Рудные тела, приуроченные к экзоконтакту интрузива, обладают большей мощностью, чем находящиеся в эндоконтактовой части зоны. Рудные тела тяготеют к сколовым разрывам западно-северо-

ро-западного простирания с крутым северным падением.

В настоящей работе рассматривается система рудных тел 1а, 1б, 5, 11, 14, 14а, 14б.

Рудное тело 1а – одно из рядовых, оперяет тело 1 со стороны лежачего бока, располагаясь от него на расстоянии 15–25 м. Наибольшую протяжённость имеет на горизонте 840 м – около 600 м, на глубину прослежено до 700 м. Кварцевая жила обычно сопровождается маломощной (до 0,1–0,2 м) оторочкой полевошпатовых метасоматитов, затушёванных нередко процессами более поздней слабо выраженной березитизации. В плоскости рудного тела, в западной его части, обычно проявлена одноосевая новейшая тектоника, усугубляющая неравномерность параметров оруденения. Участки с повышенной мощностью или содержанием золота разобщены, имеют неправильную или близкую к изометрической форму и линейные размеры, превышающие первые десятки метров.

Рудное тело 11 – одно из ведущих рудных тел месторождения. Его граница на востоке – Промежуточный разлом, на западе – естественное выклинивание: при переходе структуры в интрузив протяжённость тела 450–550 м, на глубину прослежено до 650–750 м. На верхних горизонтах почти сразу выклинивается в интрузивных породах, на нижних – до 1/3 тела приходится на интрузив, где оно аналогично любому ординарному жильному телу месторождения. Морфология и внутреннее строение рудного тела 11 в экзоконтакте более своеобразно. Вместо одной появляется система маломощных стержневых жил, «обрастающих» субпараллельными, взаимно переходящими друг в друга и выклинивающимися прожилками.

Стержнем данной системы служит *рудное тело 14*, которое, расщепляясь на верхних горизонтах на тела 14 и 14а, образовало рудные тела 3 и 5 – их смещённые части. Своеобразна зональность системы. На верхних горизонтах (поверхность, горизонт 904 м – штольня 1) рудное тело 3 представлено главным образом маломощной убогосульфидной жилой с высокими содержаниями золота (золота-висмутеллуридная стадия). *Рудное тело 5* – относительно мощная (до 1,5 м) кварцевая (с карбонатом) жила с резко преобладающим развити-



ем пирит-арсенопиритовой стадии минерализации, что сказывается на невысоких содержаниях золота (золото-висмут-теллуридная стадия).

По-разному ведут себя рудные тела 3, 5, 12 и на глубину. На глубине около 250 м рудное тело 5 выклинивается, не потеряв своих минералогических особенностей. Наибольшим вертикальным размахом (более 300 м) отличается рудное тело 3, при этом контур промышленного оруденения склоняется с глубиной в сторону сопряжения тела с оперяющим разломом. В этом же направлении ориентирован и вектор минералогической и геохимической изменчивости. Уже на горизонтах 840 и 720 м в рудах широко представлена пирит-арсенопиритовая стадия минерализации, а с горизонта 720 (восточный фланг) и глубже в заметных количествах фиксируется золото-полисульфидная стадия минерализации: растут абсолютные содержания серебра, падают золото-серебряные отношения, ухудшаются технологические свойства руд. Последнее послужило основанием для отнесения части руд глубоких горизонтов к переходному технологическому типу, оконтуриваемому по более жёстким условиям золото-серебряных руд.

Структурная позиция рудных тел 3, 5, 14 объясняется приуроченностью их к контактам мощной апофизы граносиенитов в сланцевую толщу, тем, что на границе двух сред существовали более благоприятные условия для развития рудовмещающих трещин.

Рудное тело 14, располагаясь между двумя крупными секущими разломами, распространяется на глубину, значительно превышающую его протяжённость. Будучи слившейся частью рудных тел 3 и 5, оно заметно превосходит их по мощности, при этом мощность самой кварцевой жилы иногда составляет несколько метров. Максимум мощности тяготеет к горизонту 720 м, а ось повышенных мощностей – к Промежуточному разлому. В плоскости рудного тела проявлена малоамплитудная разрывная тектоника, которой и объясняется наличие отдельных «проколов» или локальных раздувов мощности. Повышенные содержания золота приурочены к небольшим относительно изометрическим участкам рудного тела, тяготею-

щим к тому или иному пограничному разлому. Повышенные содержания серебра (изолинии более низких золото-серебряных отношений) фиксируются главным образом в экзоконтактовой части рудного тела, ниже горизонта 840 м. Это вполне согласуется с минералогическими особенностями: если на горизонте 840 м всецело доминируют 1-я и 2-я стадии минерализации, то на горизонте 720 м и ниже в сульфидных отчётливо проявляется золото-полисульфидная стадия, составляющая от 10 до 30 % всех сульфидов, что предопределяет отнесение данной части руд к переходному технологическому типу и подтверждается рациональными анализами геолого-технологических проб.

Промышленные рудные тела по морфологии подразделяются на три типа: жильные (резко преобладают в количественном отношении); линейные минерализованные зоны, линейные штокверки; плитообразные минерализованные залежи. Жилы и жильные зоны в граносиенитах по простиранию и падению отличает выдержанность параметров.

Основные рудные тела месторождения Чармитан относятся к третьей группе. Согласно «Инструкции по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям» рекомендуемая разведочная сеть для этой группы составляет по простиранию 60–80 м, по падению 40–60 м.

На месторождении применена горно-буровая система разведки. При выборе горизонтов горных работ учитывалась необходимость достижения: обеспечения достоверности оценки непрерывности рудных тел по простиранию и падению; ускорения и удешевления разведки рудных тел на значительную глубину скважинами за счёт проходки опорных горных горизонтов.

Месторождение разведывалось в три этапа, каждый из которых заканчивался представлением запасов на утверждение в ГКЗ. В первый этап горными работами были пройдены два верхних горизонта: на отметках +902 м (20–40 м от поверхности) и +840 м. Ниже этих отметок рудные тела бурились скважинами на 80–100 м.

На первом этапе выяснилось, что большинство рудных тел устойчивы и выдержаны по

Табл. 1. Расхождения подсчётных параметров и запасов

Table 1. Discrepancies between calculated parameters and reserves

| Номера блоков | Разведка | | | | Эксплуатация | | |
|---------------|-------------|-------------------------|----------------|------------------|---------------|--------------|-------------------------|
| | Мощность, м | Содержание Au, усл. ед. | Руда, усл. ед. | Металл, усл. ед. | Число сечений | Густота сети | Площадь, м ² |
| 1-14-C1 | 2 | 13,6 | 16 162 | 219,8 | 48 | 8 × 8 | 3108 |
| 1-27-C1 | 1,72 | 20,8 | 16 515 | 343,5 | 35 | 10 × 10 | 3623 |
| 1-29-C1 | 1,48 | 32,9 | 17 151 | 564,3 | 31 | 11 × 11 | 4373 |
| 1-32-C1 | 1,97 | 16,7 | 81 660 | 1363,7 | 164 | 9 × 9 | 15 642 |
| 1-39-C1 | 1,28 | 22,6 | 32 176 | 727,2 | 117 | 8 × 8 | 9310 |
| 1-40-C1 | 1,78 | 13,5 | 140 940 | 1902,7 | 374 | 8 × 8 | 29 326 |
| 1-41-C1 | 2,06 | 15,8 | 24 327 | 384,4 | 45 | 9 × 9 | 4374 |
| 1-43-C1 | 3,38 | 8,8 | 17 704 | 155,8 | 22 | 9 × 9 | 1940 |
| 1-49-C1 | 3,13 | 14 | 66 358 | 929 | 60 | 11 × 11 | 7852 |
| 1-50-C1 | 1,77 | 11 | 90 734 | 998,1 | 194 | 98 × 98 | 18 986 |
| 1-51-C1 | 1 | 10,1 | 6980 | 70,5 | 32 | 9 × 9 | 2585 |
| 1a-15-C1 | 1,09 | 9,6 | 23 514 | 225,7 | 73 | 10 × 10 | 7990 |
| 1a-20-C1 | 2,4 | 19,8 | 32 867 | 650,8 | 55 | 9 × 9 | 5072 |
| 5-4-C1 | 2,53 | 6,9 | 15 051 | 103,9 | 21 | 10 × 10 | 2288 |
| 11-8-C1 | 3,36 | 10,7 | 286 748 | 3068,2 | 384 | 9 × 9 | 31 608 |
| 11-9-C1 | 4,22 | 6,7 | 43 959 | 294,5 | 45 | 9 × 9 | 3858 |
| 11-11-C1 | 0,76 | 12,4 | 5786 | 71,7 | 19 | 12 × 12 | 2820 |
| 14-4-C1 | 4,42 | 10,4 | 105 473 | 1096,9 | 106 | 9 × 9 | 8838 |

простирацию и падению. Поэтому на втором этапе разведки горизонт горных работ был заложен в качестве опорного на отметке +720 м, т. е. на 120 м ниже предыдущего. Выше и ниже этого горизонта разведка осуществлялась только скважинами. На третьем этапе, получив подтверждение выдержанности рудных тел, новый опорный горизонт был заложен также через 120 м, на отметке +600 м, с разведкой промышленных категорий скважинами уже на глубину 180–240 м от этого горизонта, что на устойчивых рудных телах вполне обоснованно.

Запасы подсчитывались методом геологических блоков на продольных вертикальных проекциях рудных тел. Объём блоков определялся как произведение площади блока на его высоту. Оконтуривание рудных тел по мощности производилось на планах опробования масштаба 1 : 200, геологических разрезах масштаба 1 : 500. Оконтуривание рудных тел в их проекциях на вертикальную плоскость выпол-

нялось в масштабе 1 : 500. К запасам руд категории C₁ отнесены участки рудных тел, разведанные по сети горных выработок (10–20) × 60 м. Запасы кат. C₁ подвешивались также к горизонтам горных работ при наличии единичных сечений, колонковых скважин, подтверждающих промышленное оруденение на величину экстраполяции. Блокировка запасов с учётом крутого залегания рудных тел осуществлялась в проекциях на вертикальную плоскость.

Средние содержания золота в рудных телах в сечениях и блоках устанавливались способом средневзвешенного: в сечениях содержания умножались на длину пробы, по горизонтам – на мощность рудного интервала. Средние мощности рудных тел определялись как среднеарифметические.

Учитывая крепость и устойчивость руды и вмещающих пород, угол падения и выемочную мощность рудного тела, горно-геологические условия, запасы рудных тел отрабатыва-



в блоках по данным разведки и эксплуатации

in blocks according to exploration and exploitation data

| Эксплуатация | | | | Расхождения, % | | | |
|--------------|-------------------------|----------------|------------------|----------------|-------------------------|--------|--------|
| Мощность, м | Содержание Au, усл. ед. | Руда, усл. ед. | Металл, усл. ед. | Мощность | Содержание Au, усл. ед. | Руда | Металл |
| 1,71 | 9,77 | 13 818 | 135 | -14,5 | -28,2 | -14,5 | -38,58 |
| 1,96 | 9,96 | 18 818 | 187,43 | 14 | -52,1 | 13,9 | -45,44 |
| 1,95 | 13,8 | 22 597 | 311,85 | 31,8 | -58,1 | 31,8 | -44,74 |
| 3,16 | 10,1 | 130 986 | 1322,9 | 60,4 | -39,5 | 60,4 | -2,99 |
| 1,25 | 13,1 | 31 421 | 411,62 | -2,3 | -42 | -2,3 | -43,4 |
| 1,27 | 9,59 | 100 559 | 964,4 | -28,7 | -29 | -28,7 | -49,32 |
| 1,8 | 9,8 | 21 258 | 208,32 | -12,6 | -38 | -12,6 | -45,81 |
| 2,18 | 8,13 | 11 419 | 92,84 | -35,5 | -7,6 | -35,5 | -40,41 |
| 1,75 | 13,5 | 37 100 | 500,86 | -44,1 | -3,6 | -44,1 | -46,09 |
| 1,13 | 9,23 | 579,26 | 534,66 | -36,2 | -16,1 | -36,2 | -46,43 |
| 0,59 | 5,96 | 4117,9 | 24,54 | -41 | -41 | -41 | -65,19 |
| 0,65 | 7,7 | 14 022 | 108,11 | -27,52 | -11,7 | -27,52 | -35,97 |
| 1,78 | 8,5 | 24 376 | 207,2 | -25,83 | -57,1 | -25,83 | -68,16 |
| 1,65 | 6,8 | 9816 | 66,75 | -34,78 | -1,4 | -34,78 | -35,76 |
| 1,76 | 10,2 | 150 201 | 1532,1 | -47,62 | -4,67 | -47,62 | -50,07 |
| 1,8 | 6,8 | 18 750 | 127,5 | -57,35 | 1,49 | -57,35 | -56,71 |
| 0,57 | 9,9 | 4340 | 42,97 | -25 | -20,16 | -25 | -40,08 |
| 3,07 | 8,86 | 73 258 | 649,1 | -30,54 | -14,81 | -30,54 | -40,83 |

лись системой разработки поэтажных штреков мелкошпуровой отбойкой.

Направление проведения и сечения горизонтальных выработок задаются геолого-маркшейдерской службой. Подэтажные штреки проводились с применением буровзрывных работ.

Нами сопоставлялись данные разведки и эксплуатации, полученные на месторождении Чармитан по рудным телам 1а, 1б, 5, 8, 11, 14, 14а, 14б, представляющим собой жилы сложной формы с расщеплениями, раздувами, переживаниями и др. Результаты сопоставления запасов по подсчётным блокам в этих рудных телах показали в целом их высокую сходимость. Однако по ряду блоков в рудных телах 1, 1а, 5, 11, 14, 14а отмечается неподтверждение разведанных запасов в сравнении с фактически отработанными (табл. 1).

В табл. 1 сравниваются подсчётные параметры и запасы руды и металла в контурах утверждённых запасов по четырём рудным телам

с неподтвердившимися запасами. Основные расхождения в запасах руды и металла происходят из-за неподтверждения мощностей и содержаний золота. Расхождения по мощностям колеблются в пределах от -2,3 до -57,35 %, содержаний от -3,6 до -57,1 %.

Ниже рассмотрено влияние систем разведки на оценку морфологии тел. Группа буровых систем, являясь самой универсальной и экономичной, обеспечивает получение достаточно полной и представительной разведочной информации на месторождениях, имеющих значительные размеры тел полезных ископаемых с выдержанной морфологией и невысокой степенью дискретности оруденения. Буровые скважины пересекают рудные тела преимущественно по направлению их мощности, т. е. вкрест простирания. Наблюдения за изменчивостью параметров рудных залежей по простиранию и падению осуществляются дискретно (точечно) по системам скважин, расположенных в ли-

нию с увязкой данных смежных скважин методом интерполяции. В каждой из этих систем могут выделяться подсистемы, зависящие от типа буровых установок, геологических особенностей месторождения и условий залегания тел полезных ископаемых.

Группа горных систем даёт возможность получить полную и более достоверную информацию об изменчивости геологических свойств разведываемых месторождений, даже несмотря на сложность их геологического строения, невыдержанную форму и прерывистость рудных тел, а также крайне неравномерное распределение полезных компонентов. К этой группе относятся системы канав, шурфов, штолен, разведочных шахт. Каждая из систем имеет свои разновидности. Группа горно-буровых систем характеризуется применением в различных сочетаниях горных выработок и буровых скважин. Их соотношение зависит от геоморфологии района, сложности геологического строения месторождения и изменчивости свойств полезного ископаемого.

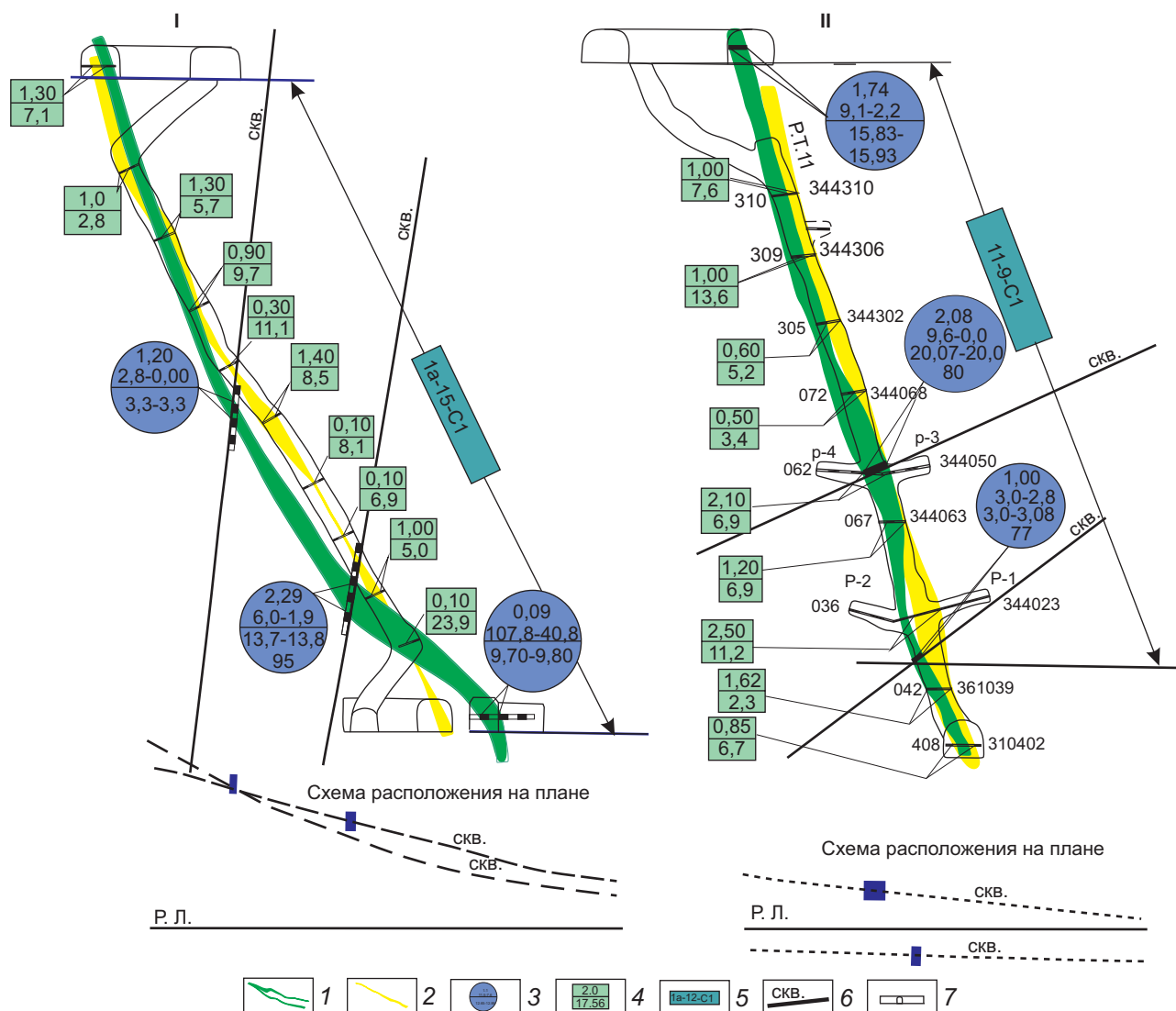
Факторы, влияющие на выбор систем разведки, подразделяются на геологические, горно-технологические и географо-экономические. Определяющими из них являются геологические факторы, характеризующие структурно-морфологические особенности месторождения и слагающих его тел полезных ископаемых, их форму, размеры, строение, вещественный состав, характер и степень его изменчивости. Горно-технологические факторы обуславливают способы вскрытия и технологию разработки месторождения исходя из горно-геологических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. При подготовке месторождения к подземной разработке высокопроизводительными системами, а также способами подземного выщелачивания предпочтение отдаётся разведке системами буровых скважин. Аналогично решается вопрос с выбором разведочных систем, когда речь идет о месторождениях с высокой обводнённостью или большой мощностью рыхлых отложений, перекрывающих рудопродуктивные залежи. И, наоборот, повышенная трещиноватость и раздробленность рудовмещающих толщ являются препятствием для приме-

нения колонкового бурения в связи с недостаточным выходом керна.

Нами проанализировано влияние морфологии рудных тел на достоверную оценку мощностей, а следовательно, запасов. Одни из главных геологических факторов – морфология рудных тел, степень неравномерности их распределения в рудоконтролирующей структуре, т. е. внутреннее строение рудного тела. Из методических факторов на достоверную оценку запасов оказывают влияние густота и форма разведочной сети, метод определения подсчётных параметров – вычисление средних значений мощностей и содержаний полезных компонентов. Из технических факторов на достоверную оценку запасов влияют метод взятия проб, анализ проб, их представительность, искривление скважин и горных выработок и др.

На рисунке приведены фактические данные по морфологии двух рудных тел по результатам разведки и эксплуатации. Данные разведки заимствованы из подсчёта запасов 1985 г., данные эксплуатации – из документации паспортов эксплуатационных блоков Зармитанского рудника. Из рисунка видно, что морфология рудных тел при разработке оказалась значительно сложнее, чем она отрисована при разведке. Это естественно: применённая разведочная сеть (40 × 40 м) не могла охватить все изменения рудного тела между разведочными сечениями. При анализе выявлено три вида погрешностей: погрешность оконтуривания, т. е. завышение и занижение мощностей и объёмов в сравнении с истинными; искажение формы рудного тела, выражающееся в упрощении его контуров (приконтурные искажения); пространственное смещение. Причина заключается в том, что количество разведочных выработок обычно недостаточно для того, чтобы зафиксировать все детали формы и точно установить границы рудного тела.

Материалы эксплуатационной разведки неизмеримо обширнее и детальнее разведочных. Нами рассмотрены только те разрезы, где отклонения в мощностях значительные, со знаком минус, хотя в практике разработки встречаются (довольно часто) расхождения мощностей со знаком плюс. Объясняется это тем, что



Морфология рудных тел I, II по данным разведки и эксплуатации:

I – морфология по данным разведки; 2 – морфология по данным эксплуатации; 3 – разведочные сечения по данным разведки; 4 – эксплуатационные сечения по данным эксплуатации; 5 – подсчётные блоки; 6 – колонковые скважины; 7 – горные выработки

Morphology of the ore body I, II according to exploration and exploitation data:

I – morphology according to exploration data; 2 – morphology according to exploitation data; 3 – exploration sections according to exploration data; 4 – operational sections according to the exploitation data; 5 – counted blocks; 6 – core wells; 7 – mine workings

жилы месторождения Чармитан не прямолинейные на глубину, а имеют выпуклые и вогнутые участки (границы). Соответственно, это отражается на морфологии рудных тел, которая влияет на мощность и запасы руды и металла [3].

На неподтверждение запасов золота значительно влияет также содержание металла в руде. В работе В. В. Богацкого [1] помещена таблица по мировым золоторудным рудникам, где содержание золота в недрах превышает его количество при извлечении и в хвостах. Пре-



вышение иногда составляет 20–30 %, поэтому при эксплуатации оно в некоторых случаях заведомо учитывается. В нашей стране требуется 100 %-ная сходимости содержаний и запасов. В. В. Богацкий приводит методику расчёта возможного завышения содержания при разведке [1]. Нами она использована для расчёта возможных завышений содержания на примере рудного тела 1.

Коротко объяснить эти завышения можно следующим. Как известно, распределение содержаний золота чаще всего подчиняется логнормальному закону. Среднее значение содержания золота, рассчитанное при логнормальном законе распределения, значительно ниже, чем при нормальном. Поскольку при подсчёте классическим методом расчёт среднего значения производится среднеарифметическим, соответствующим нормальному закону, а не среднегеометрическим способом, соответствующим логнормальному распределению, происходит завышение содержаний золота.

В рамках изучения этой проблемы рассчитаны статистические характеристики параметров оруденения (мощностей, содержаний и метров программ золота). В табл. 2 приведены статистические характеристики параметров золотого оруденения, показывающие изменчивость содержаний золота внутри рудных тел на этапе эксплуатации. Коэффициенты вариации содержаний золота и другие параметры изменяются в широких пределах. По коэффициентам вариации (в Узбекистане этот показатель введён в определение группы сложности для разведки в Классификацию запасов, 1999 г.) месторождение Чармитан относится к третьей группе сложности. Кроме характеристик изменчивости, рассчитаны коэффициенты неравномерности НР (табл. 3), отражающие отношение максимального значения параметра в выборке к среднему: $НР = P_{\max} / P$.

В табл. 3 по 13 подсчётным блокам приводятся показатели неравномерности по мощностям и содержаниям золота на этапах разведки и эксплуатации. Как видно из таблицы, по мощностям эти показатели меньше, чем по содержаниям; кроме того, значения этого показателя выше на этапе эксплуатации.

Таким образом, при такой неравномерности распределения золота внутри рудных тел чрезвычайно трудно оценить среднее содержание, что отражается на достоверности запасов. Следует остановиться ещё и на влиянии густоты разведочной сети на этапе эксплуатации. В табл. 1 приводятся значения густоты сети в подсчётных блоках с неподтвердившимися запасами. Как видно из таблицы, густота сети при эксплуатационной разведке не влияет на достоверность запасов. Это отмечалось нами ранее [2] по рудным телам № 1 и № 8.

Итак, на основании проведённых исследований можно сделать следующие выводы.

1. Одной из главных причин неподтверждения запасов на месторождении Чармитан является изменение представлений о геологических особенностях изучаемых рудных тел. Как известно, на этапе разведки рудные тела месторождения рисовались как системы небольших размеров кварцевых жил. Эксплуационными работами была установлена золотоносность вмещающих пород, заключающих многочисленные разноориентированные кварцевые прожилки, вкрапленную и прожилковую сульфидную минерализацию. Представления о рудных телах на этапе разведки как о простых жилах на этапе эксплуатации значительно изменились в сторону их усложнения.

Изменение взглядов на распределение золотого оруденения вызвано, помимо геологических причин, ещё и техническими факторами. При детальной разведке под разведочным сечением понимается среднее по мощности и содержанию из двух линий опробования. Такой подход даёт более упрощённые представления, поскольку данные опробования по разным стенкам могут сильно отличаться как по содержанию (от богатых до бедных), так и по мощности.

Внутреннее строение рудных тел, обуславливающее изменчивость геологоразведочных параметров на стадии разведки, не изучалось. Как показали исследования, изменчивость оруденения на стадии эксплоразведки оказывается гораздо сложнее, чем на стадии разведки (коэффициент вариации содержаний на стадии разведки составляет 122 %, эксплоразведки –

**Табл. 2. Статистические характеристики изменчивости параметров рудных тел**

Table 2. Statistical characteristics of the variability of the parameters of ore bodies

| Параметры | Число данных | Колебания значений | | Среднее значение | Стандарт | Коэффициент вариации, % | Экссесс | Асимметрия | Закон распределения |
|--------------------------------------|--------------|--------------------|--------|------------------|----------|-------------------------|---------|------------|---------------------|
| | | min | max | | | | | | |
| В целом по месторождению | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 3224 | 0,03 | 68 | 2,34 | 3,74 | 159,88 | 59,44 | 6,15 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 0 | 147,1 | 11,22 | 13,84 | 123,31 | 23,06 | 4,02 | |
| Метрограмм Au | | 0 | 516,8 | 19,44 | 30,34 | 156,09 | 67,58 | 6,37 | |
| По рудным телам | | | | | | | | | |
| <i>Рудное тело 1</i> | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 683 | 0,05 | 9,52 | 1,73 | 1,66 | 96,17 | 5,26 | 2,27 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 0,20 | 137,60 | 12,92 | 15,08 | 116,74 | 21,75 | 3,95 | |
| Метрограмм Au | | 0,04 | 123,25 | 17,08 | 16,73 | 97,98 | 4,62 | 1,91 | |
| <i>Рудное тело 1а</i> | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 436 | 0,05 | 15,00 | 1,52 | 1,29 | 85,17 | 32,63 | 4,35 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 0,20 | 112,00 | 11,76 | 13,93 | 118,45 | 15,70 | 3,42 | |
| Метрограмм Au | | 0,09 | 108,30 | 14,81 | 15,32 | 103,43 | 5,68 | 2,15 | |
| <i>Рудное тело 1б</i> | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 141 | 0,10 | 7,00 | 1,25 | 1,11 | 89,27 | 6,77 | 2,32 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 0,60 | 124,70 | 11,98 | 16,78 | 140,07 | 22,10 | 4,20 | |
| Метрограмм Au | | 0,45 | 311,75 | 13,20 | 27,91 | 211,50 | 94,72 | 8,97 | |
| <i>Рудное тело 5</i> | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 187 | 0,08 | 11,70 | 1,44 | 1,26 | 87,12 | 24,42 | 3,85 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 0,30 | 46,20 | 7,24 | 6,35 | 87,72 | 9,16 | 2,55 | |
| Метрограмм Au | | 0,23 | 136,89 | 10,40 | 14,26 | 137,08 | 36,74 | 5,08 | |
| <i>Рудное тело 14, блок 14-1-С</i> | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 65 | 0,45 | 36,00 | 4,67 | 5,17 | 110,73 | 20,73 | 3,78 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 0,50 | 25,70 | 6,90 | 4,61 | 66,81 | 3,52 | 1,58 | |
| Метрограмм Au | | 0,25 | 493,20 | 36,01 | 65,85 | 182,87 | 37,19 | 5,57 | |
| <i>Рудное тело 14а, блок 14а-1-С</i> | | | | | | | | | |
| Мощность, м | 39 | 0,30 | 10,67 | 2,79 | 2,15 | 76,93 | 4,34 | 1,87 | Логнормальный |
| Содержание Au, г/т | | 2,00 | 30,30 | 6,32 | 5,96 | 94,41 | 8,34 | 2,83 | |
| Метрограмм Au | | 2,00 | 88,56 | 15,17 | 15,80 | 104,19 | 11,80 | 3,01 | |

Табл. 3. Характеристика степени неравномерности золотого оруденения, по В. В. Богацкому

Table 3. Characteristics of the degree of unevenness of gold mineralization, according to V. V. Bogatsky

Разведка

| Номера блоков | Число исходных данных | Мощность, м | | | НР | Содержание Au, усл. ед. | | | НР |
|---------------|-----------------------|-------------|------|---------|----|-------------------------|-------|---------|------|
| | | от | до | средняя | | от | до | среднее | |
| 1-14-C1 | 21 | 0,55 | 4,08 | 1,97 | 2 | 4,7 | 27,1 | 14,21 | 2,01 |
| 1-27-C1 | 19 | 0,47 | 4,25 | 1,72 | 2 | 0,8 | 57,1 | 20,32 | 2,74 |
| 1-29-C1 | 22 | 0,5 | 2,63 | 1,49 | 1 | 8,4 | 162,2 | 37,54 | 4,93 |
| 1-32-C1 | 86 | 0,14 | 6,66 | 1,97 | 3 | 2,2 | 128,6 | 20,11 | 5,25 |
| 1-39-C1 | 28 | 0,34 | 3,5 | 1,28 | 2 | 0,5 | 71 | 23,57 | 3,13 |
| 1-40-C1 | 127 | 0,14 | 8,13 | 1,77 | 4 | 0,2 | 128,6 | 15,34 | 9,5 |
| 1-41-C1 | 15 | 0,66 | 5,95 | 2,06 | 3 | 6 | 55,3 | 20,22 | 3,51 |
| 1-43-C1 | 6 | 1,1 | 7,46 | 3,38 | 2 | 2,7 | 47,4 | 17,9 | 5,4 |
| 1-49-C1 | 11 | 0,59 | 6,5 | 3,13 | 2 | 2,9 | 70,7 | 18,21 | 5,03 |
| 1-50-C1 | 53 | 0,1 | 5,63 | 1,77 | 3 | 0 | 64,9 | 12 | 5,68 |
| 1-51-C1 | 6 | 0,3 | 0,95 | 0,66 | 1 | 6,9 | 61,2 | 19,05 | 4,8 |
| 1a-15-C1 | 35 | 0,09 | 2,85 | 1,09 | 2 | 0,5 | 107,8 | 13,32 | 11,2 |
| 1a-20-C1 | 74 | 0,05 | 9,01 | 1,72 | 5 | 0,2 | 145,5 | 17,98 | 8,71 |

Эксплуатация

| Номера блоков | Число исходных данных | Мощность, м | | | НР | Содержание Au, усл. ед. | | | НР |
|---------------|-----------------------|-------------|------|---------|----|-------------------------|-------|---------|------|
| | | от | до | средняя | | от | до | среднее | |
| 1-14-C1 | 48 | 0,55 | 4,08 | 1,71 | 2 | 1,4 | 27,1 | 9,29 | 2,77 |
| 1-27-C1 | 35 | 1 | 5 | 1,96 | 2 | 2,5 | 31,8 | 11,06 | 3,19 |
| 1-29-C1 | 31 | 0,5 | 3,3 | 1,95 | 1 | 2,4 | 34 | 14,32 | 2,46 |
| 1-32-C1 | 164 | 0,1 | 17 | 2,22 | 7 | 1,2 | 62,7 | 11,94 | 6,23 |
| 1-39-C1 | 117 | 0,05 | 4,6 | 1,25 | 3 | 1,5 | 173,4 | 16,38 | 13,2 |
| 1-40-C1 | 374 | 0 | 9,5 | 1,27 | 7 | 0,7 | 90,5 | 11,36 | 9,44 |
| 1-41-C1 | 45 | 0,2 | 4,6 | 1,8 | 2 | 0,6 | 35,5 | 11,21 | 3,63 |
| 1-43-C1 | 22 | 0,2 | 7 | 2,18 | 3 | 1,91 | 34,6 | 9,7 | 4,25 |
| 1-49-C1 | 60 | 0,02 | 6,6 | 1,75 | 3 | 0,58 | 107,7 | 15,11 | 7,99 |
| 1-50-C1 | 194 | 0,02 | 9,7 | 1,13 | 8 | 0,4 | 257,8 | 11,81 | 27,9 |
| 1-51-C1 | 32 | 0,05 | 2 | 0,59 | 3 | 2,2 | 52,2 | 12,05 | 8,76 |
| 1a-15-C1 | 73 | 0,02 | 1,9 | 0,65 | 3 | 1,6 | 102,8 | 12,15 | 13,3 |
| 1a-20-C1 | 55 | 0,1 | 3,3 | 1,87 | 1 | 2,9 | 36,2 | 13,57 | 2,86 |

Примечание. НР – коэффициент неравномерности.

155–214 %). Это можно отнести к недостаткам разведки.

2. Опыт эксплуатационной разведки показал, что мощность рудных тел при открытой разработке систематически увеличивается,

а при подземной занижается. Причины этих изменений носят технический характер – использование различной технологии при детальной и эксплуатационной разведках. Увеличение мощностей рудных тел и функциональ-



но связанное с ним снижение содержаний обусловлено принципом обеспечения среднего содержания в добавленном контуре на уровне «бортового». Однако отсутствие такого кондиционного показателя, как минимальное содержание в выработке, при включении некондиционных участков может привести к снижению содержания металла в руде, не обеспечивающего его минимальное промышленное содержание в блоке. На стадии разведки таких раздувов мощностей не было, так как разведочные сечения состоят из двух линий опробования, мощность по которым считается как среднее арифметическое. Отстройка блоков осуществлена по крайним кондиционным пробам. При таком подходе контуры блоков получаются искусственными, сложными (особенно по мощности), а часть рудных тел может оказаться за их пределами.

Отсутствие при оконтуривании рудных тел визуально наблюдаемых признаков снижает технико-экономические показатели при эксплуатации.

3. Распространение при подсчёте запасов значений проб с весьма высокими содержаниями на весь объём с бедными рудами или пустыми породами способствует снижению содержаний металлов, а следовательно, их запасов. Значительная часть металла, причём с богатыми рудами, остаётся в целиках, что говорит о нерациональной системе отработки. Неподтверждение контуров промышленного оруденения в отдельных случаях 30 % и более сокращает площадь блоков по данным разведки.

Отмечается неподтверждение запасов по отдельным блокам и в целом по рудным телам: 11 – 17,75 %, 14 – 20,68 %. Причиной неподтверждения запасов служит неподтверждение мощностей и в меньшей степени содержаний золота. Морфометрическим анализом по блокам с неподтвердившимися запасами

выявлена несходимость рисовки жилы (в некоторых участках) на стадиях разведки и эксплуатации. В ряде участков наблюдаются раздувы мощности жилы. Соответственно, запасы в блоках обрабатываются с превышением. В этих блоках фактические запасы значительно превышают подсчитанные. Такие явления объясняются тем, что жила на глубине не прямолинейная, а имеет вогнутые и выпуклые участки в результате кинематических движений в процессе рудообразования. Вогнутые участки заполнены рудными компонентами, выпуклые оказываются безрудными.

Неподтверждение содержаний золота объясняется крайне сложным характером его распределения в рудных телах, подчиняющегося логнормальному закону. Объективным средним является среднегеометрическое, которое ниже среднего арифметического, используемого при подсчётах запасов.

4. Подсчёт запасов следует производить в подсчётных блоках, каждый из которых характеризует однородный по геологическому строению участок месторождения. Вместе с тем, размер отдельного подсчётного блока зависит от комплекса факторов: густоты разведочной сети, статистической и пространственной изменчивости мощности рудных тел и содержаний полезных компонентов, приемлемых уровней погрешностей в определении подсчётных параметров и геометрии границ оруденения. В связи с этим на разных этапах изучения месторождения средние размеры подсчётных блоков, даже относимых к одной и той же категории запасов, могут быть разными – от крупных (вплоть до размеров целого рудного тела) на ранних стадиях изучения до мелких (вплоть до объёмов квартальной производительности горнодобывающего предприятия), отражающих мелкие элементы пространственной неоднородности оруденения на стадии эксплуатации.



Список литературы

1. *Богачкий В. В.* Математический анализ разведочной сети. – М.: Госгеолтехиздат, 1963. – 211 с.
2. *Зималина В. Я., Хамроев И. О., Рахмонова Н. Б.* Особенности геологического строения, достоверность разведки и подсчёта запасов золоторудного месторождения Чармитан // Руды и металлы. – 2019. – № 4. – С. 4–10.
3. *Зималина В. Я., Рахмонова Н. Б., Охунув А. Х., Мухаммедов Ж. Э.* Распределение содержаний полезных компонентов в рудных телах и их влияние на достоверную оценку // Геология и минеральные ресурсы. – 2020. – № 3. – С. 114–118.
4. *Исоков М. У., Зималина В. Я., Колоскова С. М.* Условия размещения золотого оруденения, методика и достоверность разведки на примере месторождения Гужумсай. – Ташкент, 2013. – 185 с.

References

1. Bogatskii V. V. Matematicheskii analiz razvedochnoi seti [Mathematical analysis of the exploration network], Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 1963, 211 p.
2. Zimalina V. Ya., Khamroev I. O., Rakhmonova N. B. Osobennosti geologicheskogo stroeniya, dostovernost' razvedki i podscheta zapasov zolotorudnogo mestorozhdeniya Charmitan [Features of the geological structure, reliability of exploration and calculation of reserves of the Charmitan gold deposit], *Rudy i metally* [Ores and Metals], 2019, No 4, pp. 4–10. (In Russ.).
3. Zimalina V. Ya., Rakhmonova N. B., Okhunov A. Kh., Mukhammedov Zh. E. Raspreделение soderzhaniy poleznykh komponentov v rudnykh telakh i ikh vliyaniye na dostovernuyu otsenku [Distribution of the contents of useful components in ore bodies and their influence on a reliable assessment], *Geologiya i mineral'nye resursy* [Geology and mineral resources], 2020, No 3, pp. 114–118. (In Uzbek.).
4. Isokov M. U., Zimalina V. Ya., Koloskova S. M. Usloviya razmeshcheniya zolotogo orudneniya, metodika i dostovernost' razvedki na primere mestorozhdeniya Guzhumсай [Conditions for the placement of gold mineralization, methodology and reliability of exploration on the example of the Guzhumсай deposit], Tashkent, 2013, 185 p.

Авторы

Охунув Авазбек Хусанбоевич

начальник отдела методики геологоразведочных работ
okhunov.8383@mail.ru

Зималина Валентина Яковлевна

доктор геолого-минералогических наук,
профессор

Рахмонова Нафиса Бахромовна

младший научный сотрудник

Мухаммедов Жавохиржон Эркинович

младший научный сотрудник

ГУ «Институт минеральных ресурсов» Госкомгеологии РУз,
г. Ташкент, Узбекистан

Authors

Avazbek Kh. Okhunov

Head of Exploration Methodology Department
okhunov.8383@mail.ru

Valentina Ya. Zimalina

Doctor of Geology and Mineralogy,
Professor

Nafisa B. Rakhmonova

Junior Researcher

Zhavokhirzhon E. Mukhammedov

Junior Researcher

State Institution "Institute of Mineral Resources" of the State
Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan