IQRO JURNALI , IQRO JOURNAL, ИКРО ЖУРНАЛИ
ISSN:2181-4341| wordlyknowledge.uz/index.php/iqro
Volume 24. Issue 01. Oktabr, 2026

СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ФЛАНГА МУРУНТАУСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

А. А. Жумакулов
(azamat.abdukahhorovich@gmail.com)
Институт геологии и геофизики имени
Х. М. Абдуллаева, Ташкент, Узбекистан
https://doi.org/10.5281/zenodo.23118741

Аннотация. В работе рассматриваются геологические предпосылки поисков скрытого золотого оруденения на глубоких горизонтах северо-восточного фланга Мурунтауского рудного поля. По опубликованным материалам сопоставлены положение разломов и складчатых структур, строение бесапанских толщ, последовательность метасоматических изменений и распределение золота и элементов-спутников. Показано, почему прогноз в этой части рудного поля требует совместного анализа структурных и литологических границ, а также раздельного изучения нескольких поколений кварцевых прожилков. Предлагается порядок проверки этих признаков по керну глубоких скважин. Статья основана на литературных данных; новые результаты бурения и подсчёт ресурсов в ней не приводятся.

Ключевые слова: Мурунтау, северо-восточный фланг, глубокие горизонты, золотое оруденение, структурный контроль, вмещающие породы, метасоматоз, геохимические критерии.

История изучения Мурунтау наглядно показывает, насколько геологическая интерпретация зависит от масштаба наблюдений. Золото сначала связывали преимущественно с кварцевыми жилами; по мере развития разведки стало ясно, что минерализованы и вмещающие породы, а рудная система значительно шире отдельных жил. Позднее внимание исследователей сместилось к внутреннему строению штокверков, роли разрывных нарушений и различию между несколькими этапами гидротермального изменения [1–3, 5]. Эти изменения представлений особенно существенны для глубоких горизонтов. Продолжить на разрезе контур известной рудной зоны относительно просто; доказать, что на глубине сохраняются её строение и золотосодержание, значительно труднее.

На северо-восточном фланге Мурунтау эта задача осложняется сочетанием пологих и крутопадающих структур. Кровля оруденения, литологические границы и зоны разломов не обязаны сохранять на глубине то же взаимное положение, которое видно в изученной части месторождения. Поэтому точка пересечения скважиной предполагаемой рудоконтролирующей поверхности ещё не является доказательством рудного тела. Для обоснованной корреляции нужны сведения о строении пород по обе стороны контакта, последовательности прожилков и распределении золота в соседних пересечениях. Такой

подход согласуется с опубликованными представлениями о многоэтапной деформации и минерализации Мурунтау [1–3].

В монографии «Рудные месторождения Узбекистана» отмечено пологое погружение кровли оруденения от центральной части месторождения к северо-востоку [4]. В этом направлении меняется и разрез вмещающих пород: кроме главной рудовмещающей толщи пёстрого бесапана, необходимо учитывать подстилающий серый, перекрывающий зелёный бесапан и карбонатные образования северного обрамления. Эти сведения объясняют интерес к восточным и северо-восточным участкам, однако описанная в книге геометрия относится к определённому уровню изученности. На глубоких горизонтах её следует проверять заново, сопоставляя стратиграфию и тектонические смещения в каждой скважине.

А. Е. Антонов связывает пересмотр структурной модели Мурунтауского рудного поля с оценкой возможностей дальнейшего наращивания запасов [5]. В работе А. Е. Антонова и В. Д. Цоя обсуждаются известные и потенциальные типы золотой минерализации в пределах рудного района [6]. Для настоящей темы важен сам переход от общего представления о продолжении штокверка к вопросу о том, какой именно тип оруденения можно ожидать в определённом структурном блоке. Положение блока, состав пород и признаки рудного процесса должны подтверждать друг друга; один благоприятный показатель при отсутствии остальных оставляет прогноз открытым.

Цель статьи состоит в том, чтобы выделить сочетания структурно-литологических и минералого-геохимических признаков, пригодные для проверки по материалам глубоких скважин северо-восточного фланга. Рассмотрены опубликованные исследования и монографические сведения о Мурунтау [1–7]. При этом следует сразу оговорить границу анализа: без полной базы координат скважин, ориентировок структур, результатов опробования и документации керна невозможно утверждать, что на выбранном участке уже установлено непрерывное рудное тело. Ниже речь идёт о геологической логике поиска и о данных, необходимых для проверки прогноза.

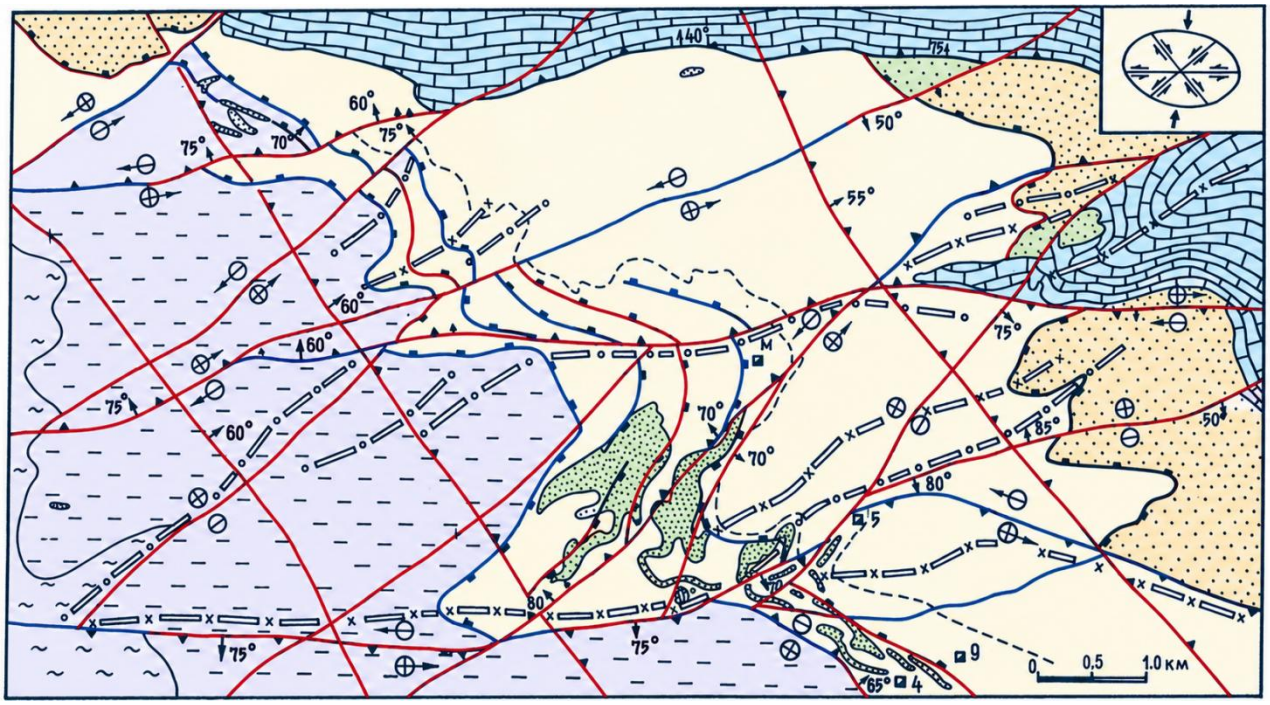
Факторы локализации и подход к их совместному анализу

Структурный контроль золотого оруденения в Мурунтау нельзя свести к одному разлому. На уровне рудного района важен общий план деформаций; внутри месторождения — положение надвиговых поверхностей, складок и крупных ветвей разломов; в отдельном рудном интервале — густота и ориентировка трещин, по которым двигались растворы. По данным Савчука с соавторами, прожилково-метасоматические ассоциации связаны с неодинаковыми этапами деформации [3]. Мухин, Миркамалов и Зельтманн также рассматривают многоэтапное развитие района и роль Главного Мурунтауского надвига [2]. Следовательно, при изучении глубокого пересечения нужно выяснять не только положение нарушения, но и его возраст относительно кварцевых прожилков и поздних смещений.

Для Мурунтау в монографии описана связь крупных штокверковых залежей с тектонизированной зоной висячего бока внутриформационного надвига у основания пёстрого бесапана [4]. Здесь сосуществуют субсогласные тела и секущие кварцево-жильные зоны. Особенно сложная картина возникает там, где пологие элементы разреза пересекаются разломами других направлений. На глубине именно такое сближение

поверхностей заслуживает внимания, однако его нельзя автоматически приравнивать к рудному узлу: часть нарушений могла возникнуть или переместиться после основного этапа минерализации. Различить эти варианты позволяют отношения пересечения прожилков, сланцеватости и поверхностей дробления (рис. 1).

Рисунок 1. Тектоническая схема Мурунтауского рудного поля



Условные обозначения: 1 — карбонатные породы. **2–5** — зелёный, пёстрый, серый и нижний бесапан. **6** — шарьяжи, межслоевые срывы и вязкие разломы. **7** — продольные разломы и северо-западные зоны трещиноватости. **8** — северо-восточные и другие разломы этапа блоковых перемещений. **9** — характер смещения: а — опущенный, б — поднятый блок; стрелка — горизонтальный сдвиг. **10** — оси складок: а — антиклинали, б — синклинали. **11** — рудные залежи и тела. **12** — разведочные шахты и их номера.

Врезка — эллипсоид деформаций времени промышленного оруденения.

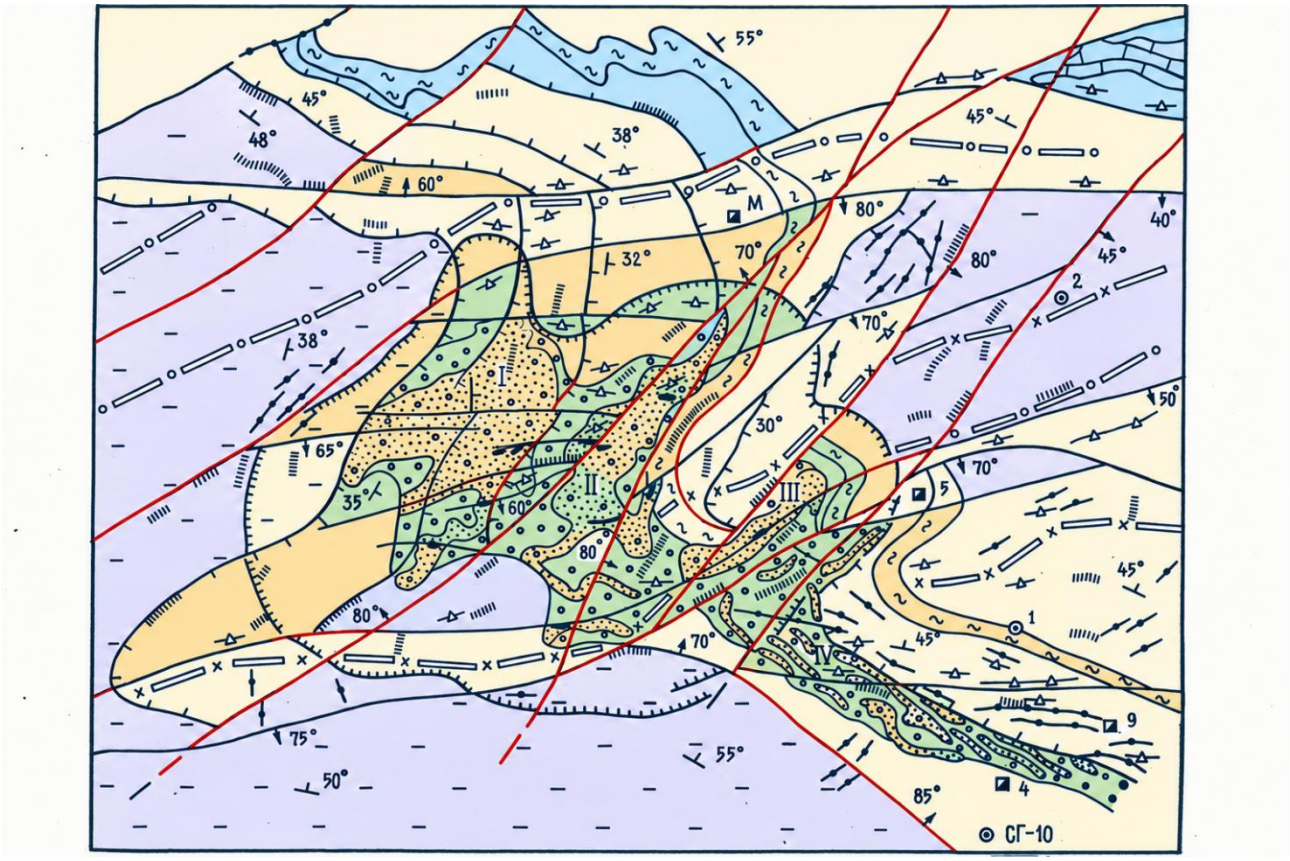
Более широкий контекст рассматривают Антонов, Нуртаев и Орипов, выделяющие Сардаринскую впадину как важный структурный элемент Мурунтауского рудного района [7]. Для локального прогноза это означает необходимость увязывать разрезы северо-восточного фланга с региональным положением блока, а не ограничиваться ближайшим нарушением. Вместе с тем региональная структура характеризует обстановку рудного района и не определяет сама по себе границы конкретной залежи. Переход от региональной схемы к скважинному разрезу требует промежуточных наблюдений, прежде всего прослеживания литологических горизонтов и тектонических контактов.

Особое место в строении месторождения занимает Северо-Восточный разлом. Согласно монографии, это не единая плоскость, а серия сближенных кулисообразных нарушений; по разные стороны системы меняется преимущественная ориентировка трещин и зон [4]. Для разломов северо-восточного направления описаны окварцевание и калишпатизация. Поэтому при документации глубокого керна полезно фиксировать не

только условную ось разлома, но и ширину отдельных швов, боковые ветви, интервалы дробления и участки их соединения. Такая детализация позволяет проверить, совпадают ли золотоносные интервалы с определёнными частями разломной системы или распределяются независимо от неё.

Близость к крупному разлому сама по себе имеет ограниченную прогностическую ценность. Вдоль одного и того же нарушения могут чередоваться проницаемые и запечатанные участки, зоны ранней и поздней трещиноватости. Наиболее содержательные наблюдения относятся к изгибам, ветвлению и пересечению разлома с пологими поверхностями. В керне следует сопоставлять характер дробления с минеральным заполнением трещин: кварц, образовавшийся до смещения, и кварц, заполнивший более позднюю трещину, относятся к разным событиям. Если минерализованные интервалы в нескольких скважинах повторяют одну структурную ситуацию, её значение для прогноза становится значительно убедительнее. Положение разломов и породных толщ показано на геологической карте месторождений (рис. 2).

Рисунок 2. Схематическая геологическая карта месторождений Мурунтау и Мютенбай



Условные обозначения: 1 — доломиты и известняки. **2 —** пёстрый бесапан: алевролиты, кварц-слюдистые сланцы и прослои кремней. **3 —** серый бесапан: кварцевые мелкокристаллические сланцы. **4 —** дайки Мурунтауского комплекса. **5 —** оси складок: а — антиклинали, б — синклинали. **6 —** разломы: а — крутопадающие, б — пологие надвиги и срывы. **7 —** кварцевые жилы: а — белый кварц, б — стержневые золотоносные, в — кварц-турмалиновые. **8 —** золотоносные биотит-двуполевошпат-кварцевые метасоматиты. **9 —** золоторудные залежи и их номера. **10 —** элементы залегания метатерригенных пород. **11 —** выработки: а — шахты, б — глубокие скважины, в — контур карьера.

Литология влияет на локализацию оруденения через механические и химические свойства пород. Плотный метапесчаник, сланец с выраженной сланцеватостью и карбонатный прослой по-разному деформируются при одном и том же напряжении. На их контактах может изменяться трещиноватость и направление движения растворов. Состав пород, в свою очередь, сказывается на составе метасоматитов и сульфидной минерализации. Для Мурунтау описаны метаморфизованные терригенные, углеродсодержащие, сульфидсодержащие и карбонатные разновидности [1, 2, 4]. Но ни один из этих литотипов не следует считать универсальным индикатором золота: значение имеет его положение относительно структуры и наложенных изменений.

В средней части пёстрого бесапана чередуются сланцы, метаалевролиты и метапесчаники; встречаются прослои и линзы кремнистых и карбонатных пород [4]. При изучении сульфидных сланцев возникает существенная трудность. Часть сульфидов

связана с исходной слоистостью и присутствует без заметного наложенного метасоматоза. По внешнему виду такого керна легко переоценить его перспективность. Более надёжное свидетельство рудного процесса дают секущие прожилки и околотрещинные изменения, если их связь с золотом подтверждена анализами. В сером бесапане, вскрытом в том числе глубокими скважинами, меняются гранулометрия терригенных пород и метаморфический облик разреза [4]; это нужно учитывать при сравнении интервалов на разных отметках.

Практически литологическую проверку следует начинать с последовательного описания разреза, независимо от результатов определения золота. После выделения пачек и контактов можно сравнивать сходные по составу интервалы в разных скважинах. Если золотое оруденение повторяется у определённого контакта, а в других частях той же пачки отсутствует, связь заслуживает дальнейшей проверки. Не менее существенны обратные примеры: широко распространённый контакт без минерализации ограничивает ценность самого признака. Так постепенно удаётся отделить действительно локализующие условия от свойств пород, характерных для всего участка.

Минералогический анализ должен восстанавливать ход событий, а не ограничиваться списком минералов. Обзор Кемпе с соавторами показывает сложную гидротермальную историю Мурунтау и разнообразие штокверков, прожилков и метасоматитов [1]. В одном интервале керна могут соседствовать ранний кварцевый прожилок, его деформированный фрагмент и позднее заполнение трещины. Если объединить их в одну группу, связь золота с определённым этапом будет потеряна. Поэтому для каждого поколения прожилков нужно описывать форму, контакты, отношения пересечения, сопутствующие сульфиды и характер изменения породы у стенок.

Монографическое описание месторождения различает широко развитые ранние биотит-полевошпат-кварцевые метасоматиты и более локальные поздние изменения [4]. Среди продуктивных ассоциаций выделены золото-шеелит-кварцевая и более поздняя золото-арсенопирит-пирит-кварцевая; последняя пересекает дайки. В глубоких скважинах эти особенности дают ориентиры для опробования, но требуют подтверждения в каждом конкретном интервале. Общее слово «окварцевание» здесь недостаточно точно: за ним могут стоять разные этапы, по-разному связанные с золотом и по-разному представленные в глубокой части разреза.

Петрографическое и минераграфическое изучение имеет смысл вести на сопоставимых образцах из рудных и фоновых интервалов. Шлифы помогают определить состав и последовательность изменений вмещающей породы, аншлифы — положение сульфидов и золота относительно прожилков. Особенно важно проверить, одинаковы ли ассоциации в образцах с высоким и низким содержанием Au. Наличие арсенопирита, пирита или шеелита само по себе ещё не показывает промышленной значимости пересечения: эти минералы должны быть соотнесены с результатами анализа и пространственным положением интервала [1, 3, 4].

Геохимические признаки становятся сопоставимыми только при единой привязке проб к геологическому разрезу. Для каждого анализа Au нужны точные границы интервала, его длина, литотип, поколение прожилков и описание изменений. При сравнении глубоких скважин следует отдельно проверять метод анализа, предел обнаружения, дубликаты и контрольные образцы. Это особенно существенно там, где

короткая высокосортная проба соседствует с гораздо более протяжённым слабо минерализованным интервалом. As и W могут уточнять положение отдельных минеральных ассоциаций, однако ни один из этих элементов не заменяет прямого определения золота.

Монография указывает на различие положения геохимических ореолов в изученной части Мурунтау: максимумы W в значительной мере соответствуют золоту, тогда как максимумы As могут быть смещены к флангам [4]. Переносить эту картину на глубину без проверки было бы преждевременно. Сначала следует сопоставить Au, W и As в пределах одинаковых литотипов и структурных блоков; затем выяснить, совпадают ли аномалии с теми же поколениями прожилков. В противном случае различие концентраций может отражать исходный состав пород или наложение двух этапов минерализации, а не зональность одного рудного тела.

Сведения о сверхглубокой скважине СГ-10 и скважинах-спутниках МС-1–МС-3 подтверждают, что золотоносные интервалы встречаются далеко ниже уровней, открытых карьером; на восточном фланге также известны глубокие рудные пересечения [4]. СГ-10 позволяет проследить смену пёстрого и серого бесапана, нижележащих образований и гранитоидов. Эти материалы служат важным аргументом в пользу дальнейшего изучения глубоких горизонтов. Но даже близкие на плане пересечения могут принадлежать разным блокам или разным поколениям рудных зон. Их объединение требует разрезов с учётом искривления стволов и абсолютных отметок.

При интерпретации глубокого бурения особенно опасно незаметно перейти от факта к объёмной модели. Результат анализа характеризует отобранный интервал; он не показывает содержание золота во всей зоне дробления и тем более не определяет запасы. Если два пересечения кажутся продолжением одной залежи, нужно проверить между ними положение слоёв, смещения и последовательность прожилков. В тех случаях, когда данных недостаточно, следует сохранять несколько вариантов корреляции. Такая неопределённость не является недостатком исследования: она указывает, какое следующее наблюдение действительно способно различить варианты.

Для сопоставления скважин необходима единая база геологических наблюдений и аналитических результатов. В неё входят координаты устьев и инклинометрия, абсолютные отметки интервалов, литологическое описание, разрывные и складчатые структуры, поколения прожилков, минералогия и протоколы анализов. На разрезах следует различать наблюдаемую границу и её интерпретированное продолжение между скважинами. Полезно сначала описать геологическую обстановку интервалов с установленным золотом, а затем теми же признаками охарактеризовать соседние интервалы без золота. Без такого сопоставления почти любой распространённый признак можно ошибочно объявить поисковым.

На предварительном этапе участки можно ранжировать по степени обоснованности прогноза, не присваивая им искусственно точных численных вероятностей. Единичное пересечение предполагаемой разломной зоны представляет интерес как объект проверки. Если в нескольких скважинах повторяется одно сочетание структурного положения, литологического контакта и определённой прожилковой ассоциации, основание для дальнейших работ становится сильнее. Наиболее убедительный вариант должен

дополнительно подтверждаться анализами Au и согласованной геометрией пересечений. Лишь после накопления достаточного массива данных имеет смысл переходить к формальным весам признаков и количественной оценке.

Глубина в пределах северо-восточного фланга не является самостоятельной мерой перспективности. Надвиговая поверхность может менять угол падения, разветвляться или смещаться поздним разломом; вместе с этим меняется доля разных литотипов. Нет оснований заранее полагать, что интенсивность изменений и золотосодержание будут непрерывно возрастать либо убывать вниз по разрезу. Трёхмерная увязка скважин полезна прежде всего тем, что позволяет видеть реальную геометрию этих вариантов. Она не устраняет неопределённость, но показывает, в каких местах предполагаемое продолжение структуры поддержано наблюдениями, а где остаётся только гипотезой.

Таким образом, опубликованные работы позволяют обосновать программу исследования глубоких горизонтов, но не заменяют детальной документации именно северо-восточного фланга [1–7]. Пока не сопоставлены керн, ориентировки структур и результаты опробования по нескольким разрезам, оценка размеров скрытого рудного тела оставалась бы преждевременной. Ближайшая задача состоит в проверке повторяемости тех сочетаний признаков, которые в изученной части Мурунтау связаны с золотом. Особую ценность для этого имеют ориентированные структурные замеры, последовательное изучение шлифов и аншлифов и единая система химического анализа.

Заключение

Глубокие горизонты северо-восточного фланга Мурунтауского рудного поля представляют интерес вследствие сочетания разломных зон, смены вмещающих толщ и известных глубоких рудных пересечений. Анализ литературы показывает, что каждый из этих признаков имеет ограниченное значение по отдельности. Более надёжную основу прогноза даёт их совпадение в нескольких скважинах с подтверждённой золотой минерализацией и понятной последовательностью прожилково-метасоматических событий.

Первым этапом дальнейшей работы должно стать согласованное описание керна и построение разрезов, в которых наблюдаемые границы отделены от предполагаемых. Затем необходимо сравнить минерализованные и фоновые интервалы в одинаковых литологических условиях и проверить возможную связь Au с W и As. Полученные результаты позволят выбрать участки для сгущения бурения и постепенно перейти от качественного геологического прогноза к оценке формы и масштаба скрытого оруденения.

Литература

1. Kempe U., Graupner T., Seltmann R., de Boorder H., Dolgopolova A., Zeylmans van Emmichoven M. The Muruntau gold deposit (Uzbekistan) – A unique ancient hydrothermal system in the southern Tien Shan // Geoscience Frontiers. 2016. Vol. 7, No. 3. P. 495–528. DOI: 10.1016/j.gsf.2015.09.005.
2. Mukhin P., Mirkamalov R., Seltmann R. Structure of the Muruntau gold ore region in the Kyzyl-Kum desert (Central Asia) // International Journal of Earth Sciences. 2023. Vol. 112. P. 659–683. DOI: 10.1007/s00531-022-02262-6.

3. Savchuk Yu. S., Asadulin En. E., Volkov A. V., Aristov V. V. The Muruntau Deposit: Geodynamic Position and a Variant of Genetic Model of the Ore-Forming System // Geology of Ore Deposits. 2018. Vol. 60. P. 365–397. DOI: 10.1134/S1075701518050069.
4. Рудные месторождения Узбекистана / отв. ред. И. М. Голованов. Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. 611 с. Разд. 4.1.1.1 «Месторождение Мурунтау», с. 161–183.
5. Антонов А. Е. Современное понимание геологической структуры Мурунтауского рудного поля, возможности увеличения запасов // Геология и минеральные ресурсы. 2024. № 2. С. 42–52.
6. Antonov A. E., Tsoy V. D. Known and potential types of gold mineralization at the Muruntau gold district // Proceedings of the 17th SGA Biennial Meeting. Zürich, 2023. Vol. 2. P. 87–90.
7. Антонов А. Е., Нуртаев Б. С., Орипов С. Г. Сардаринская впадина — важный структурный элемент Мурунтауского рудного района // Геология и минеральные ресурсы. 2022. № 1. С. 45–50.