

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 423 (2017), 35 – 43

**M. Sh. Omirserikov<sup>1</sup>, Agata Duczmal-Czernikiewicz<sup>2</sup>,  
L. D. Isaeva<sup>1</sup>, S. K. Asubaeva<sup>1</sup>, K. S. Togizov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Geological Science named after K. I. Satpayev LLC, Almaty, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland.

E-mail: kuka01\_90@mail.ru

## FORECASTING RESOURCES OF RARE METAL DEPOSITS BASED ON THE ANALYSIS OF ORE-CONTROLLING FACTORS

**Abstract.** Forecasting and allocation of perspective areas for ore minerals and areas within and on the flanks of known deposits does not lose its relevance. The article deals with the methodological and practical aspects of solving this problem. On the example of Akmaya of the Katparskaya rare metal ore zone, the features of its ore-controlling factors were studied and analyzed on the basis of geological and geophysical data. On the basis of this data, digital 3D (3D) and area (2D) models of rare-metal deposits Katpar and Akmaya are constructed. These models allowed us to obtain the shape of ore areas and we studied the regularities in the distribution of rare metal (tungsten) ore contents at the above-mentioned deposits, when linked to ore-controlling factors.

The selection of promising horizons for rare metal mineralization and sections within the studied deposits was carried out by a comparative analysis of ore control factors on the one hand, and thermodynamic conditions for the crystallization of ore minerals such as wolframite, scheelite and molybdenite on the other, and also the distribution of their contents within ore areas.

The obtained forecast data showed the prospects of rare-metal deposits of Katpar and Akmaya to increase their resources.

**Key words:** Rudo-controlling factors, ore-bearing environment, rare metal deposits, molybdenum, tungsten, 3D model of deposits, 2D sections, perspective zones.

УДК 553.493.5'044

**М. Ш. Омирсериков<sup>1</sup>, Агата Душмал-Черничкевич<sup>2</sup>,  
Л. Д. Исаева<sup>1</sup>, С. К. Асубаева<sup>1</sup>, К. С. Тогизов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup>Университет им. Адама Мицкевича, Познань, Польша

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕСУРСОВ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

**Аннотация.** Прогнозирование и выделение перспективных, на рудные полезные ископаемые, площадей и участков в пределах и на флангах известных месторождений на сегодняшний день не теряет свою актуальность. В статье рассмотрены научно-методические и практические стороны решения этой задачи. На примере Акмая – Катпарской редкометалльной рудной зоны изучены и проанализированы особенности ее рудоконтролирующих факторов исходя из геологических и геофизических данных. На основе этих данных построены цифровые объемные (3D) и площадные (2D) модели редкометалльных месторождений Катпар и Акмая. Эти модели позволили получить форму рудных тел и изучить закономерности распределения содержания руд редких металлов (вольфрама) на вышеуказанных месторождениях при увязке их рудоконтролирующими факторами. Выделение перспективных горизонтов и участков в пределах изучаемых место-

рождений на редкометалльное оруденение проведено путем сравнительного анализа рудоконтролирующих факторов с одной стороны, и термодинамических условий кристаллизации рудных минералов, таких как вольфрамит, шеелит и молибденит с другой, а также особенностей распределения их содержаний в пределах рудных тел. Полученные прогнозные данные показали перспективность редкометалльных месторождений Катпар и Акмая на прирост их запасов.

**Ключевые слова:** рудоконтролирующие факторы, рудовмещающая среда, редкометалльные месторождения, молибден, вольфрам, 3D модели месторождений, 2D срезы, перспективные зоны.

**Введение.** Научно-методическую основу прогнозирования месторождений полезных ископаемых составляет анализ рудоконтролирующих факторов таких, как структурно-тектонические, стратиграфические, литолого-петрографические, магматические, геофизические и т.д. Благоприятное сочетание рудоконтролирующих факторов на отдельных участках позволяет их рассматривать как перспективные. Поэтому рассмотреть данный вопрос в пределах известных месторождений является актуальным, так как перспективная площадь, выделенная в пределах известных месторождений, дает солидный прирост их прогнозным запасам.

Акмая-Катпарская рудная зона, в пределах которой располагаются ряд редкометалльных месторождений и рудопроявлений, совпадает с центральной частью Успенского синклиналии и сложена вулканогенно-осадочными и терригенно-карбонатными образованиями фамен-турнейского возраста [1].

Месторождения и рудопроявления данной рудной зоны относятся к молибден-вольфрамовой рудной формации, пространственно и генетически связанной с апикальными частями, не выходящего на поверхность плутона лейкократовых гранитов акштатауского комплекса. Они объединены общностью происхождения и единством вмещающей их геологической структуры (Г.Н.Щерба, В.Т.Покалов, 1988). Объектами исследования в данной работе являются месторождения Катпар и Акмая (рисунок 1).

Следует отметить, что редкометалльные месторождения Центрального Казахстана по своим геологическим и металлогеническим особенностям имеют между собой аналогичные сходства, и месторождения Катпар и Акмая не являются исключением.

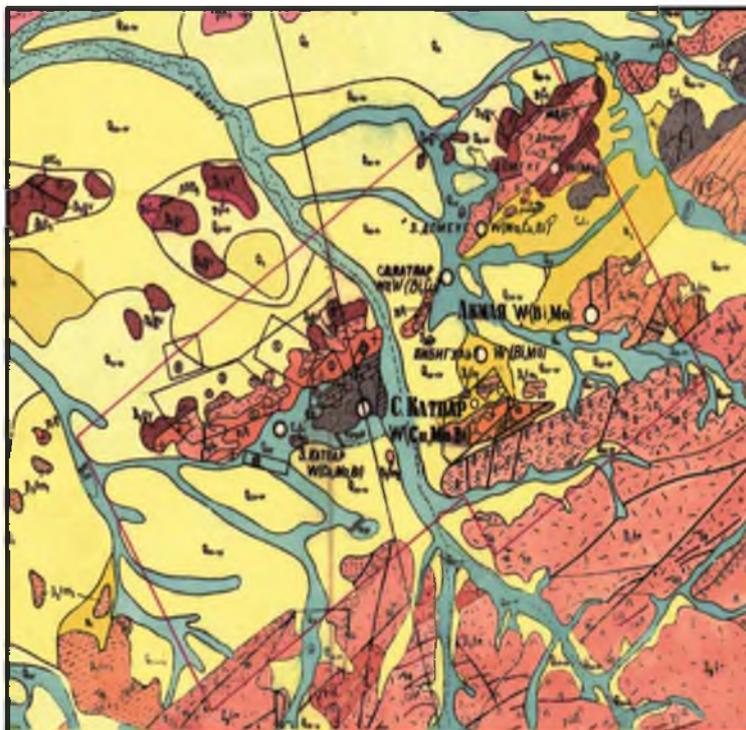


Рисунок 1 – Геологическая карта рудного района м: 1:50 000 [2]

Figure 1 – Geological map of the ore district m: 1: 50 000 [2]

В работе в качестве исходных материалов нами использованы геологические и металлогенические карты рудных полей и месторождений разных масштабов и геологические разрезы по разведочным профилям, карты геофизических и геохимических аномалий рудной зоны различных масштабов и др.

Общность происхождения месторождений Катпар и Акмая позволила систематизировать их рудоконтролирующие факторы в общем виде. Систематизация рудоконтролирующих факторов по месторождениям Катпар и Акмая представлена в виде таблицы.

Основные рудоконтролирующие факторы по месторождениям Катпар и Акмая

Основные РФ	Продукты геологических процессов	Масштабы распространения	Прогнозно-поисковые критерий
Структурно-тектонический	Успенская зона смятия и ее пересечение с разломами северо-восточного и северо-западного простираний.	Брекчирование и линзирование пород. К зоне брекчирования приурочена линейно-жилково-прожилковая рудная зона.	Тектонические нарушения, брекчирование и линзирование пород.
Литологический	Неизменные породы: алевролиты, песчаники и известняки	Геологическая среда локализации месторождения	Вулканогенно-осадочные и известковые породы
Магматический	Лейкократовые граниты акшатауского комплекса	Источник редкометалльного оруденения	Интрузивные образования, специализированные на редкие металлы
Метаморфический	Измененные породы: <b>Роговики, мраморы.</b>	Геологическая среда локализации месторождения	Мраморированные известковые породы, роговики по алюмосиликатным породам
Метасоматический	<b>Скарны</b> по известнякам, скарнированные породы по роговикам, грейзены по скарнам и гранитам	Рудовмещающая среда	Гидротермальные изменения в апикальной части лейкократовых гранитов и известковой среды
Геофизический [3]	<b>Поле сила тяжести</b> – гравиминимумом. <b>Магнитные аномалии:</b> положительные – надинтрузивная зона Акмаинского массива, отрицательные - район месторождения	Геологическая среда локализации месторождения	Гравитационное поле имеет отрицательные аномалии, магнитное поле – положительные аномалии.
	Плотность пермских гранитоидов 2,55 г/см <sup>3</sup> , вулканогенно-осадочных образований – 2,64-2,78 г/см <sup>3</sup>	Рудовмещающая среда	Петроплотностные характеристики пород для поиска интрузивных тел.
Вещественный	Вольфрам, молибден	Распределение концентрации рудных элементов.	Содержание рудных компонентов.

Каждый из этих факторов является одним из существенных составляющим прогнозно-поисковых критериев редкометалльных месторождений Центрального Казахстана.

**Выделение перспективной площади на месторождении Катпар.** Путем оцифровки и визуализации разведочных данных месторождения с применением компьютерной программы MicroMine составлены объемные модели рудного тела и распределения содержаний рудных компонентов в пределах оруденения. Составленные нами 3D модели месторождения и геологические данные показывают, что морфология рудного штока на данном месторождении определяется слиянием двух вертикальных столбов, внутреннее строение которых представляет собой штокверк, состоящий из скарновых прожилков и жил, где основными полезными компонентами являются вольфрам, молибден, висмут и медь [2].

Основание рудного штока на глубоких горизонтах совпадает с локальным выступом позднепермских гранитов. Здесь в центральной части рудного тела, на глубине 450–500 м выделяются отдельные рудные тела, состоящие из редкометалльного штокверка, его мощность оценивается в пределах до 50–60 м, охватывает только экзоконтактовую часть гранитной интрузии, об этом

свидетельствует анализ и сопоставление геологического разреза по разведочной линии №45 с его 2D срезами. На данной глубине содержание трехоксида вольфрама меняется от бортового 0,04 до 0,5%, и выше (рисунки 2, 3).

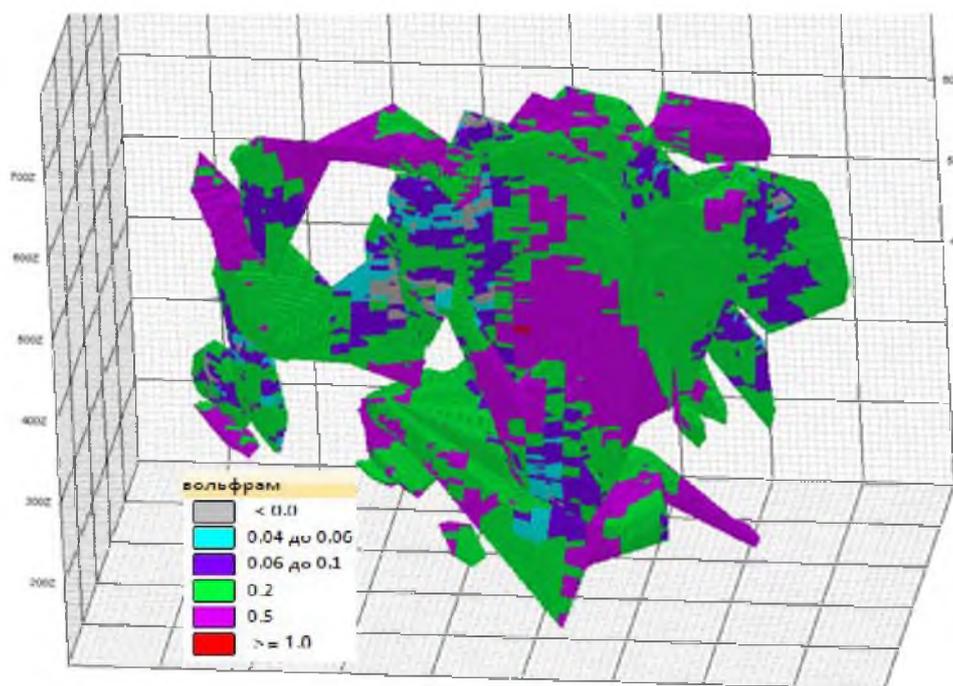


Рисунок 2 – Трехмерная модель месторождения Катпар (визуализация содержаний трехоксида вольфрама)

Figure 2 – Three-dimensional model of the Katpar deposit (visualization of the contents of tungsten trioxide)

По рудоконтролирующим факторам (таблица) установлено, что апикальные эндоконтактовые части глубокозалегающей гранитной интрузии, на месторождении Катпар, являются перспективными на обнаружения редкометалльного оруденения. Это можно объяснить следующими: во-первых, граниты характеризуются повышенными содержаниями висмута, вольфрама, меди, олова, молибдена, бериллия и рубидия; во-вторых, рудная зональность на месторождении предполагает, что в эндоконтактовой части гранитной интрузии могут локализоваться молибденит, так как они отлагаются при более высоких температурных условиях (430-330°C), чем вольфрамиты (330–250°). На данном месторождении молибдениты встречаются в двух модификациях -3R, 2H и их появления раскрываются анализом модельных построений рудообразующих и рудолокализирующих систем [2, 4].

На месторождении Катпар пространственное положение рудных прожилков с молибденитом позволяет считать, что в апикальных частях гранитов они кристаллизовались в условиях теплового равновесия, и молибденит появился в виде – 2H модификации. В скарново-грейзеновых телах молибденит кристаллизовался в условиях теплового неравновесия, так как эти рудные тела формировались в надинтрузивной зоне, т.е. в некотором удалении от источника тепла. В этом случае молибденит проявляется в виде 3R модификации, способных к изоморфным замещениям. Этим можно объяснить причину появления рения (до 0,025%) в минеральном составе скарново-грейзеновых тел на месторождении Катпар [5, 6].

При этом метасоматический фактор контроля оруденения показывает, что продукты аутометасоматической грейзенизации в гранитах несут рассеянную вкрапленность минералов редких металлов, и здесь распространены кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы и прожилки с молибденитом. Вокруг этих прожилков в граните наблюдаются околожилльные ореолы метасоматических преобразований – окварцевание, калишпатизация и мусковитизация.

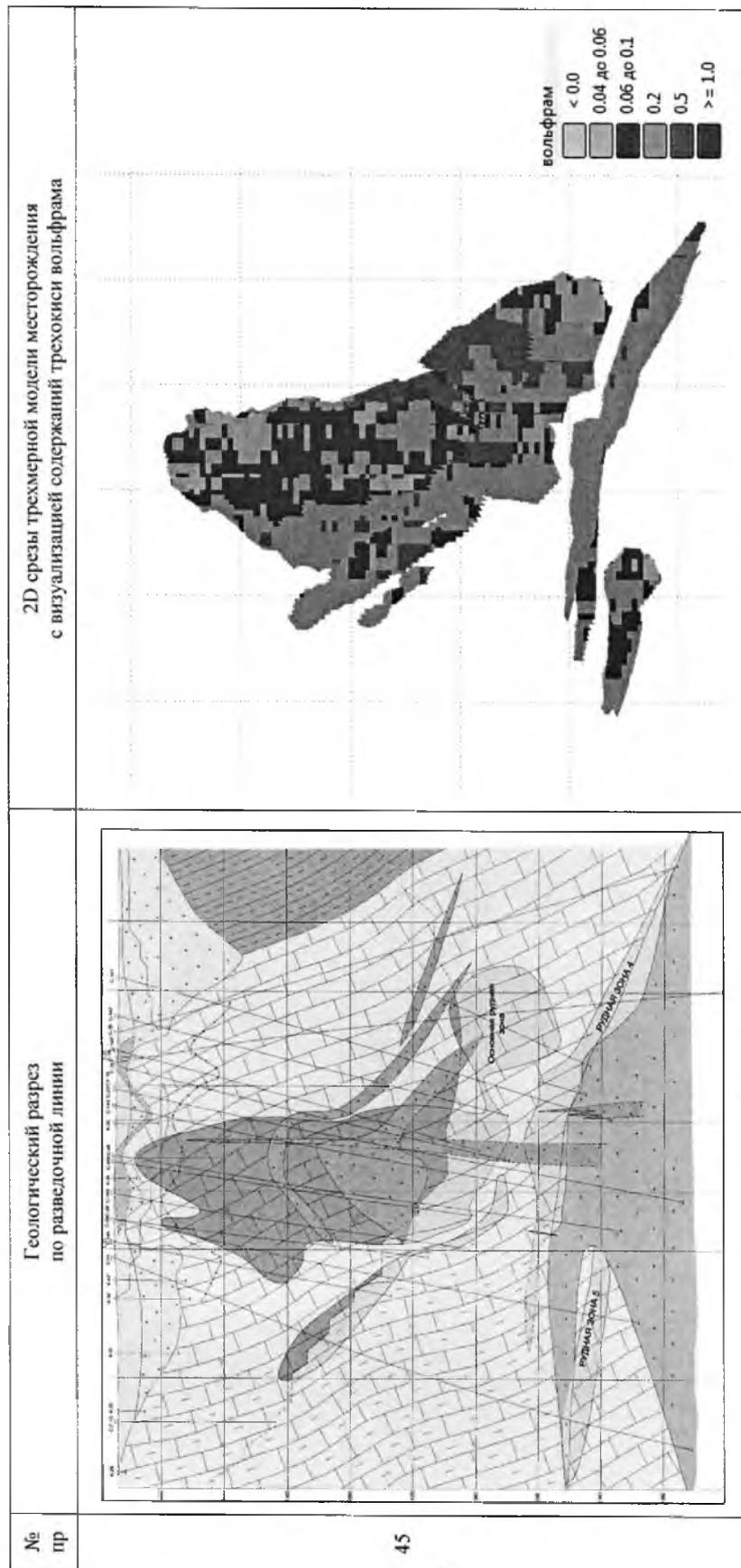


Рисунок 3 – Изображение 2D среза трехмерной модели и геологического разреза по разведочной линии №45 месторождения Катпар  
 Figure 3 - Image of a 2D section of a three-dimensional model and a geological section along the exploration line №45 of the Katpar deposit

Итак, помимо установленных рудоконтролирующих факторов на данном месторождении анализ рудообразующих систем показывает, что редкометалльное оруденение локализуется и в эндоконтактных частях гранитов между разведочными профилями № 45-47, и по температурным условиям минералообразования оно прослеживается на глубину интрузии свыше 100–150 м. В этом случае расчетный вертикальный размах редкометалльного оруденения на месторождении Катпар составляет около 650 м на глубину, где по геологическим данным он оценивается в пределах 500 м (рисунок 4).

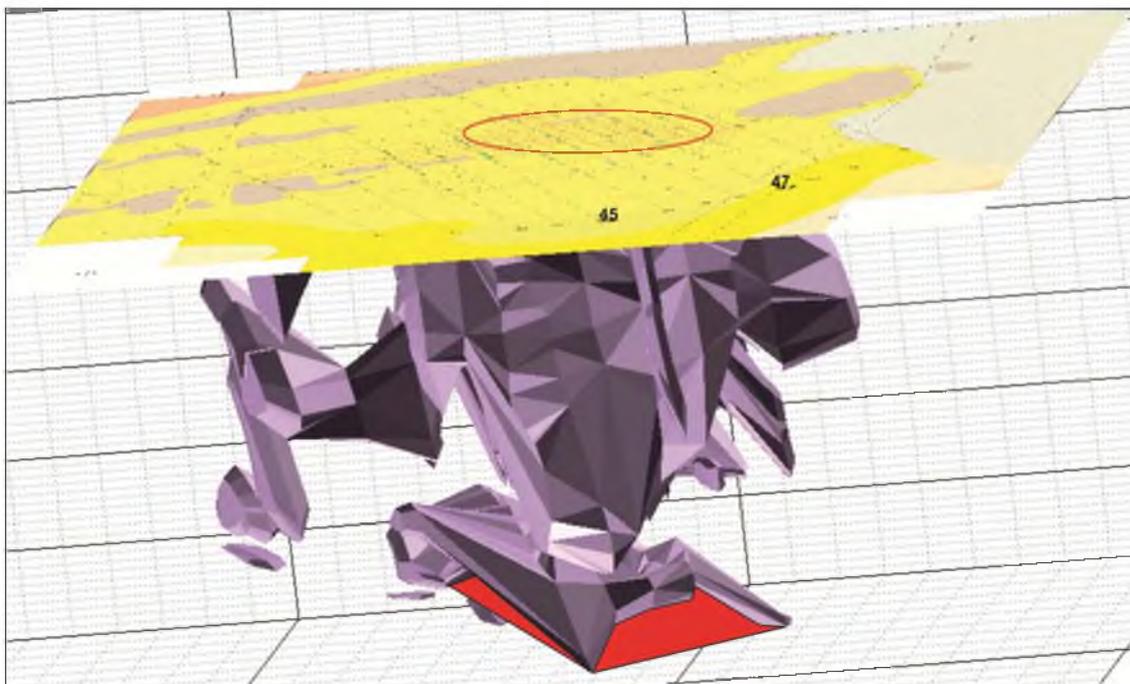


Рисунок 4 – Выделение перспективной площади на месторождении Катпар в 3D формате (красный цвет – перспективная площадь, размеры 200×200×150 м, сиреневый цвет – каркас рудного тела)

Figure 4 – Selection of the prospective area in the Kathpar deposit in 3D format (red color – perspective area, 200×200×150 m, lilac color – ore body frame)

Выделенная перспективная площадь в пределах месторождения имеет размеры 200×200×150 м, где горизонтальные ее размеры оцениваются размерами основного рудного штока, так как основание этого штока совпадает локальным выступом гранита, а вертикальный размер – мощностью локального выступа интрузии, оцененной из геолого-геофизического разреза Акмаинского массива (Буртубаев А.Т., 1977).

Среднее содержание триоксида вольфрама по расчетным данным оценивается в пределах 0,117%.

По региональным геологическим данным основной рудный шток на глубоких горизонтах (400 м) сужается и сливается с подводящим рудным каналом, вытянутым вдоль Успенской зоны в виде узкой оруденелой линейной зоны, уходящий на восток и на запад, где на востоке данной зоной контролируется месторождение Акмая, на западе – Западный Катпар [2, 7].

**Выделение перспективной площади на месторождении Акмая.** Месторождение расположено в 4 км на северо-востоке месторождения Катпар, представляет собой линейный штокверк, сложенный кварцевыми и кварц-полевошпатными жилами и прожилками с вольфрамитом и шеелитом, висмутином, молибденитом, пиритом, пирротином и халькопиритом в ороговиконанных, скарнированных, мраморизированных известняках и известковых сланцах фаменского возраста.

Построенная нами 3D модель месторождения Акмая показали, что в пространственном распределении содержания триоксида вольфрама намечена определенная закономерность. В юго-западном и северо-западном направлениях наблюдается распространение содержания триоксида

вольфрама ниже бортового (меньше 0,15%), но нижние горизонты этих направлений отмечаются распространением более высоких его содержаний (от 0,3–0,9%).

Это позволяет говорить о том, что нижние горизонты северо-западной и юго-западной частей месторождения могут быть перспективной на обнаружения трехоксида вольфрама с высокими содержаниями (рисунки 5, 6).

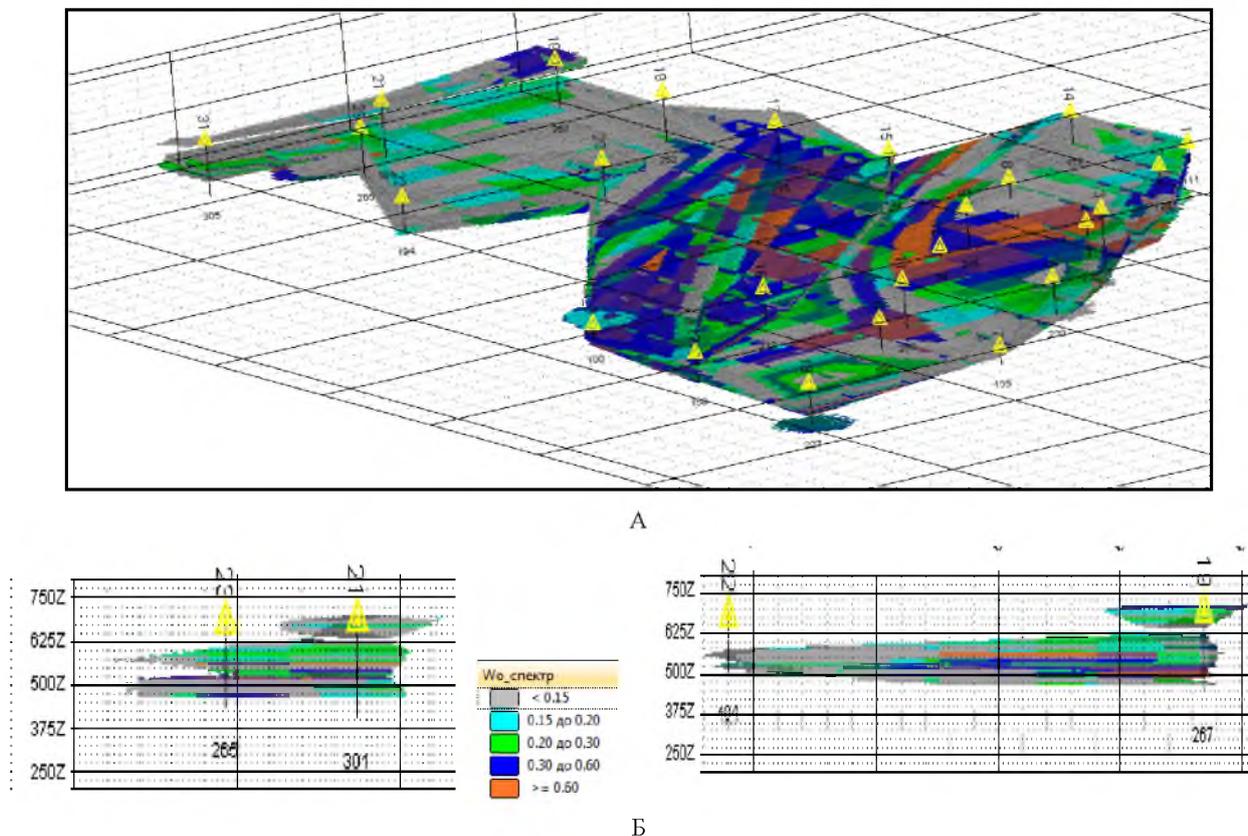


Рисунок 5 – Трехмерная модель месторождения Акмая с визуализацией трехоксида вольфрама: А – по месторождению; Б – по разрезам северо-западной и юго-западной частей месторождения

Figure 5 – Three-dimensional model of the Akmaya field with visualization of tungsten trioxide: А – over the deposit; В – from the sections of the north-western and south-western parts of the deposit

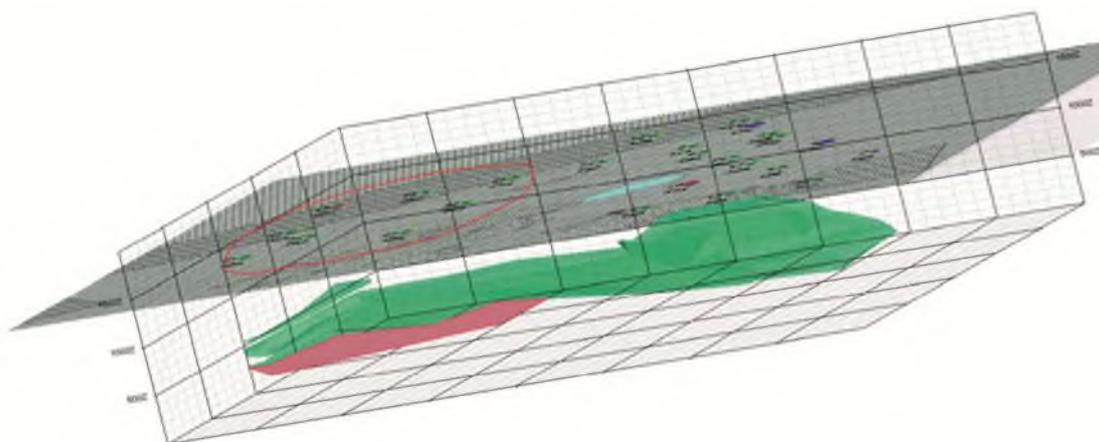


Рисунок 6 – Выделение перспективной площади в пределах месторождения Акмая в 3D формате (красный цвет – перспективная площадь, зеленый цвет – каркас рудного тела)

Figure 6 – Allocation of the prospective area within the Akmaya field in 3D format (red color – perspective area, green color – the frame of the ore body)

Кроме того, есть данные о том, что с глубиной в вольфрамитах увеличивается содержание ферберитовой молекулы, (на глубинах 130–160 м достигает до 19%, а на глубине 300 м – 38%), хотя вольфрамиты месторождения Акмая относятся к гюбнеритам или к вольфрамитам, в которых марганец преобладает над железом [7].

Анализ модели рудообразующих систем месторождений редких металлов позволяет сделать предположение о том, что вольфрамиты ферберитовой молекулы кристаллизуются в условиях тепловой равновесности, а она создается ближе к рудонесущей интрузии. Данное месторождение связано с Акмаинским гранитным массивом, выходы которого в пределах данного месторождения не наблюдаются, поэтому рассматривается глубина прослеживания рудоносных зон. Большой вероятностью вольфрамиты ферберитовой молекулы могут занимать нижние горизонты северо-западной и юго-западной частей месторождения, так как нижняя граница рудоносной зоны определяется на глубине 200–240 метров, и она является самой ближней зоной к рудоносной интрузии.

Рудоносная зона в центральной части и северо-восточном фланге месторождения прослеживается до глубин 150 и 50 м соответственно, поэтому появление вольфрамитов с ферберитовой молекулой в этих частях рудоносной зоны имеет низкую вероятность. В этом случае рудолокализирующая зона находится относительно на некотором удалении от очага тепла т.е. от рудоносной интрузии. Рудолокализирующие и рудообразующие системы находятся в условиях тепловой неравновесности, и в этих случаях кристаллизуются вольфрамиты и шеелиты [5, 7].

Полученные данные путем анализа рудоконтролирующих факторов, по построенным 3D и 2D моделям месторождения Акмая с визуализацией распределения содержаний триоксида вольфрама в его пределах и анализ моделей рудообразующих систем показали, что глубокие горизонты (до 400 м) северо-западной и юго-западной частей данного месторождения рассматриваются как перспективные зоны на редкометалльное оруденение. С учетом положения линейного штокверка северо-восточного направления нами оценены геометрические параметры перспективной зоны на триоксид вольфрама месторождения в размере 50×100×150 м (рисунок 6).

По данным лабораторных исследований триоксид вольфрама находится в первичных рудах в форме шеелита – 0,2%, вольфрамита – 0,13%, а по данным компьютерного моделирования его содержание составляет 0,12%.

Выделенные перспективные площади на основе рудоконтролирующих факторов в пределах месторождений Катпар и Акмая, дают дополнительный прирост к прогнозным запасам, тем самым определяют значимость Акмая-Катпарской рудной зоны в создании собственной редкометалльной сырьевой базы Республики Казахстан.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Справочник. Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана. – Алматы, 1998. – 136 с.
- [2] Авдеев С.А. Отчет о детальной разведке месторождения Северный Катпар подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1993 г.
- [3] Ramadan H.S., Omirserikov M.Sh., Isaev L.D., Mohammed E.A. Evaluation of the Presence of Rare Metals in Katpar and Akshatau Deposits, Central Kazakhstan Using Geological and Geophysical Tools and Development of Geological Criteria for Forecasting Rare Metal Deposits // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – October 2014. – Vol. 3, Issue 10. – P. 16896-16902.
- [4] Корнилова Л.С. Минералогия и вопросы генезиса редкометалльного месторождения Катпар: Автореф. ... канд. дис. – Алма-Ата, 1984. – 29 с.
- [5] Омисериков М.Ш., Исаева Л.Д., Геолого-динамическая модель формирования месторождений редких металлов Центрального Казахстана. – Изд. «Нурай Принт Сервис», 2010. – С. 215.
- [6] Omirserikov M., Isaeva L. Toward a theory of rare metal ore formation illustrated by rare metal fields in Central Kazakhstan. – Lambert Academic Publishing, 2015. – P. 46.
- [7] Субботин И.Н. и др. Пояснительная записка к подсчету запасу Акмаинского редкометалльного месторождения по состоянию 01.01.1952 г.

#### REFERENCES

- [1] Spravochnik. Mestorozhdenija redkih metallov i redkih zemel' Kazahstana. Almaty, 1998. 136 p.
- [2] Avdeev S.A. Otchet o detal'noj razvedke mestorozhdenija Severnyj Katpar podschetom zapasov po sostojaniju na 01.01.1993 g.
- [3] Ramadan H.S., Omirserikov M.Sh., Isaev L.D., Mohammed E.A. Evaluation of the Presence of Rare Metals in Katpar and Akshatau Deposits, Central Kazakhstan Using Geological and Geophysical Tools and Development of Geological Criteria for

Forecasting Rare Metal Deposits // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. October 2014. Vol.3, Issue 10. P. 16896-16902.

[4] Komilova L.S. Mineralogija i voprosy genezisa redkometal'nogo mestorozhdenija Katpar: Avtoref. ... kand. dis. Alma-Ata, 1984. 29 p.

[5] Omirserikov M.Sh., Isaeva L.D. Geologo-dinamicheskaja model' formirovanija mestorozhdenij redkih metallov Central'nogo Kazahstana. Izd. «Nuraj Print Servis», 2010. P. 215.

[6] Omirserikov M., Isaeva L. Toward a theory of rare metal ore formation illustrated by rare metal fields in Central Kazakhstan. Lambert Academic Publishing, 2015. P. 46.

[7] Subbotin I.N. i dr. Pojasnitel'naja zapiska k podschetu zapasu Akmainskogo redkometal'nogo mestorozhdenija po sostojaniju 01.01.1952 g.

**М. Ш. Омірсеріков<sup>1</sup>, Агата Душмал-Черничкевич<sup>2</sup>, Л. Д. Исаева<sup>1</sup>, С. К. Асубаева<sup>1</sup>, Қ. С. Тогизов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Қ. И. Сәтпаев атындағы геологиялық ғылымдар институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup> Адам Мицкевич атындағы университет, Познань, Польша

### **КЕНБАҚЫЛАУШЫ ФАКТОРЛАРДЫ САРАПТАУ НЕГІЗІНДЕ СИРЕКМЕТАЛДЫ КЕНОРЫНДАР ҚОРЫН БОЛЖАУ**

**Аннотация.** Бүгінгі таңда белгілі кенорындарда және оның қапталдарында келешегі бар аудандар мен учаскелерді кенді пайдалы қазбаларға болжау өз маңыздылығын жоғалтпайды. Мақалада осы тапсырманың ғылыми-әдістемелік және тәжірибелік бағыттары қарастырылады. Ақмая-Қатпар сирекметалды кенді белдемінің мысалында геологиялық және геофизикалық мәліметтер бойынша кенбақылаушы факторлардың ерекшеліктері зерттеліп, сарапталды. Осы мәліметтер негізінде сирекметалды Ақмая және Қатпар кенорындарының көлемді (3D) және аудандық (2D) сандық модельдері тұрғызылды. Бұл модельдер жоғарыда аталған кенорындардың кен денелерінің пішінін және сирекметалды (вольфрам) кен құрамының таралу заңдылығын кенбақылаушы факторлармен байланыстыра отырып зерттеуге мүмкіндік берді.

Зерттеліп отырған кенорындар маңында сирекметалдар шоғырланған учаскелермен қабаттарды ерекшелеу, бір жағынан кенбақылаушы факторларды салыстырмалы сараптау, екінші жағынан вольфрамит, шеелит және молибденит сияқты кенді минералдардың кристалдану жағдайы, және де кен денелері маңында олардың құрамының таралу ерекшеліктерін зерттеу арқылы жүргізілді.

Алынған болжамдық мәліметтер Ақмая және Қатпар кенорындарының сирекметалды келешегін және кор көлемінің артуын көрсетті.

**Түйін сөздер:** кенбақылаушы факторлар, кенсіюстырушы орта, сирекметалды кенорындар, молибден, вольфрам, кенорынның 3D моделі, 2D қиылуы, келешекті белдем.