ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В КАЗАХСТАНЕ, НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НУРКАЗГАН (САМАРСКОЕ)

А.В. Покусаев
Карагандинская ГРЭ, Республика Казахстан

Расположено месторождение Нурказган (Самарское) в Центральном Казахстане. Открыто как рудопроявление в начале 50-х годов прошлого столетия А.А. Абдуллиным и на продолжении более 40 лет изучалось с применением различных геологических, геофизических и геохимических методов исследований. В поисках, геолого-геофизических исследованиях и в прогнозе оруденения принимали участие геологи и геофизики: А.А. Абдуллин, Борукаев, А.Ф. Греков, А.С, В.П. Выдрин, Ф.В. Долгань, И.В. Евдокимов, К.М. Егембаев, Н.М. Жуков, В.В. Колесников, Г.Ф. Ляпичев, В.К. Медведев, В.А. Опрахват, З.Н. Павлова, Х.К. Исмаилов, А.В. Покусаев, А.И. Полетаев, Хомченко др.

Участок месторождения к 1990 году был детально опоискован и изучен геолого-геофизическими и геохимическими сьемками. В этом году были завершены детальные поиски методами металлометрии, магниторазведки, гравиразведки и горных работ. Электроразведка методом естественного поля (ЕП) и методом вызванной поляризации (ВП) проведены ранее - в 1960 году. Продолжены поисково-разведочные работыв в 1992 году казахстанскими геологами и геохимиками (Г.Ф. Долгань, И.В. Евдокимов, В.В. Медведев, А.В. Покусаев, С.С. Солнцев) и английским геологом, менеджером проекта JSC«Samarskoye» Иен Братли из компании «KKKLTD».

По завершении разведки Самарского месторождения в 1997 году казахстанско-английская компания «ККК LTD», которая финансировала проведение разведки, обратилась в ГКЗ Республики Казахстан с просьбой переименовать Самарское месторождение в Нурказган.

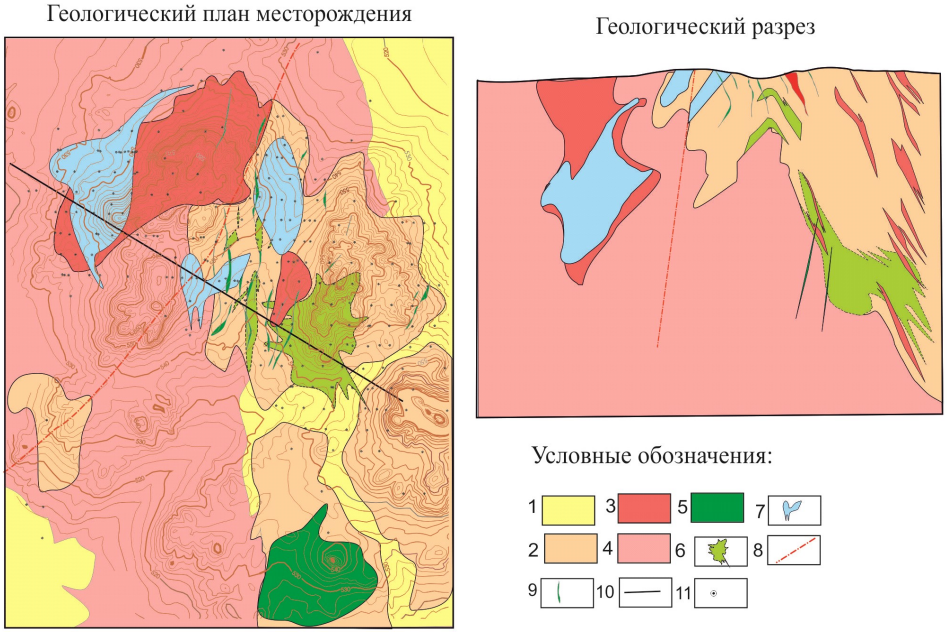

Рис. 1. Схема геологического строения участка месторождения Нурказган.
1 - четвертичные отложения; 2 - туффиты, туфоконгломераты, брекчии, туфы, лавы андезит-базальтового состава, субвулканические тела андезито-базальтов жарсорской свиты (D_1zr); 3 - плагиогранодиориты, гранодиориты, диориты первой фазы коккудуктюбинского комплекса; 4 - гранодиориты, гранодиорит-порфиры второй фазы коккудуктюбинского комплекса; 5 - штокообразные тела диабазов и диабазовых порфиритов; 6 - рудные тела, разведанные в 2003 г.; 7 - рудные тела, разведанные в 1992-97 гг.; 8 - тектонические нарушения; 9 - дайки диабазовых порфиров; 10 - линия разреза; 11 - разведочные скважины.

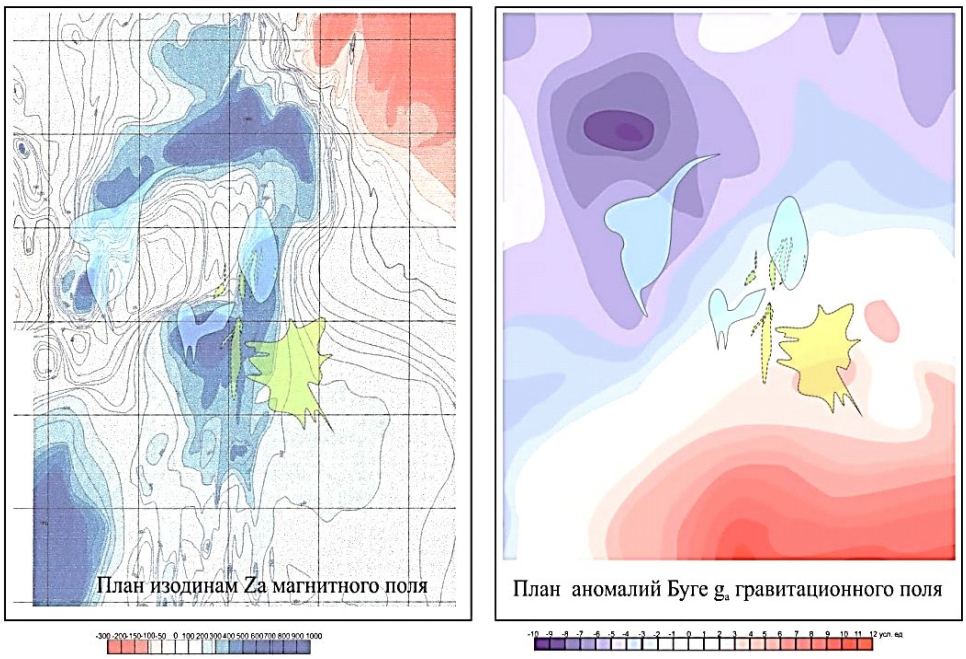

Рис. 2. Магнитное и гравитационное поле месторождения.

Это единственное месторождение в Казахстане, геологические и геохимические особенности которого изучены в первозданном виде, не подверженном воздействию капитальных горных работ.

Геологическое строение. В геологическом строении участка участвуют вулканиты жарсорской свиты нижнего девона, осадочные образования конырской свиты среднего девона (рис. 1). Породы девона образуют антиклинальную складку, ядро которой прорывает массив гранитоидов двухфазового строения. Первая фаза представлена плагиогранодиоритами и гранодиоритами, реже кварцевыми диоритами. Гранодиориты первой фазы вмещают основную часть оруденения. Вторая фаза представлена гранодиорит-порфирами.

На месторождении разведаны Западное, Восточное и Восточное-1 рудные тела. Рудное тело Западное приурочено к зоне рвущего контакта штока гранодиорит-порфиров второй фазы с гранодиоритами первой фазы, а в них - к мощным зонам брекчирования. Они

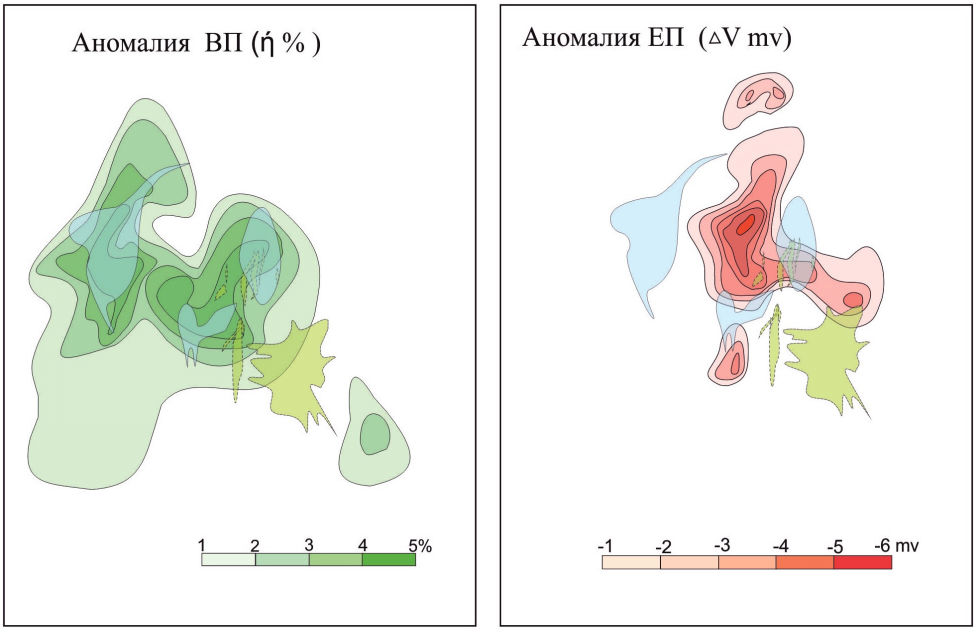

Рис. 3. Результаты электроразведки на месторождении.

имеют штокообразную форму. Богатые руды, с содержанием меди 1-3 % и более, золота 0,4-1,0 г/т и более, разделяются участками бедных руд. Оруденение вскрыто с глубины 80 м и прослеживается до глубин более 500 м, в среднем глубина залегания большей части руды свыше 300 м.

Восточное рудное тело располагается в контакте гранодиоритов первой фазы с вулканитами жарсорской свиты. Оруденение выходит на поверхность и вскрыто канавами и мелкими скважинами. Отличается от Западного повышенным содержанием молибдена. По простиранию в меридиональном направлении оруденение прослежено более чем на 600 м.

Восточное-1 рудное тело располагается также в экзоконтакте гранодиоритов первой фазы с вулканитами жарсорской свиты. Оно вскрыто скважинами на глубине более 700 м и находится в «слепом» залегании. Разведано уже в 2000-х годах.

Состав всех рудных тел одинаков и отличается только количественным соотношением минералов. Основными минералами рудных тел являются халькопирит, пирит, блеклая руда, молибденит. Реже встречаются сфалерит, галенит, самородное золото, борнит, халькозин, серебро и висмут. На месторождении распространены в основном сульфидные руды.

Процессы окисления, представленные лимонитом, ярозитом, малахитом, азуритом, развиты слабо. Зона окисления практически отсутствует, окисленные минералы наблюдаются не глубже 20-50 м. В связи со слабо выраженными процессами окисления отсутствует и зона вторичного сульфидного обогащения.

Околорудные изменения представлены калишпатизацией, биотитизацией, хлорит-эпидотовым изменением (щелочная стадия), серицитизацией, хлоритизацией, карбонатизацией (кислотная стадия). Интенсивность оруденения возрастает в участках совмещения метасоматитов обеих стадий.

Магнитное и гравитационное поля (рис. 2). В магнитном поле отражается сложное строение интрузивного массива. Центральная часть месторождения характеризуется относительно высоким магнитным полем, достаточно изрезанным. Здесь гранодиориты первой фазы прорываются гранодиорит-порфирами и гранит порфирами второй фазы. Экзоконтакт этих интрузий фиксирует вытянутая в северо-восточном направлении интенсивная эллипсовидная магнитная аномалия, картирующая зону развития кварцево-магнетитовых прожилков и рассеянной вкрапленности магнетита. Дайки различного состава картируются линейными положительными аномалиями или относительно пониженными до отрицательных магнитными полями в зависимости от их состава. Зоны окварцевания фиксируются локальным относительным понижением поля внутри гранодиоритов.

В магнитном поле Западное и Центральное рудные тела расположены во внутри эллипсовидной интенсивной положительной аномалии магнитного поля, а Восточное рудное тело - в пределах наиболее интенсивных значений магнитного поля в этой аномалии. Восточное-1 рудное тело смещено в ее юго-восточную часть, в область более спокойного магнитного поля, которым характеризуются вулканиты девона (рис. 2).

В гравитационном поле рудные тела (рис. 2) расположены в зоне гравитационной ступени. Западное тело расположено в борту локального минимума g_a, а Восточное и Восточное-1 рудные тела приурочены к зоне градиента g_a между положительной аномалией на юге и отрицательной аномалией на севере. Положительным гравитационным полем характеризуется толща вулканитов девона.

Аномалии естественного электрического поля и вызванной поляризации. Аномалия естественного электрического поля (ЕП) занимает площадь между Западным и Центральным рудными телами (рис. 3). Эпицентр ее приходится на коренные выходы Западного тела и располагается северо-западнее, внутри аномалии ВП (рис. 3). С проекцией рудных тел аномалия ЕП пространственно не совпадает. Зона окисления на месторождении слабо развита, поэтому аномалии ЕП не превышают -6 мв. Аномалия вызванной поляризации (ВП) совместно с аномалией ЕП образуют единую зону, замкнутую на СЗ. Аномалия вызванной поляризации замыкает юго-западную часть магнитного эллипса (рис. 3). Природа аномалии

ВП объясняется рассеянной сульфидной минерализацией с низкими содержаниями меди на периферии и верхних частях рудных тел. Зона пиритизации распространяется до глубины 150-200 метров.

Интенсивность аномалий ВП зависит также и от степени окварцевания вмещающих минерализацию пород. В плане по изолинии кажущейся поляризуемости более 3 % аномалией оконтуриваются Западное рудное тело и Восточное. Восточное-1 рудное тело располагается между аномалиями. Аномалия вызванной поляризации фиксирует области рассеянного пирита и магнетита в надрудных и фланговых частях месторождения, поэтому неглубокие поисковые скважины, заданные на начальной стадии разведки для оценки перспектив аномалий ВП, не вскрыли рудные тела, расположенные ниже зоны рассеяния сульфидов и магнетита.

Аномалии магнитного поля и ВП оконтуривают зону оруденения. Проекции рудных тел совпадают с контуром кольцевой магнитной аномалии и аномалией вызванной поляризации и с проекцией рудных тел на поверхность.

Литохимические поиски по вторичным ореолам рассеяния. Пробы современных рыхлых отложений проанализированы спектральным анализом на 27 химических элементов. Наиболее информативные из них - медь, молибден, олово, золото, германий, вольфрам, свинец, цинк, висмут, серебро, барий, никель и кобальт. Ореолы этих элементов позволили прогнозировать и оконтурить медно-порфировое оруденение. Морфология ореола меди – это эллипс, вытянутый в СЗ направлении, с пустым центром.

Вторичные ореолы меди и молибдена (рис. 4). Фоновое содержание меди в почвах месторождения составляет 0,003 %. Вторичный ореол меди имеет форму вытянутого в северо-восточном направлении эллипса. Изолиния более 0,01 % оконтуривает зону гидротермальных изменений в гранодиоритах и диоритах, которые характеризуются повышенным фоном меди до 0,005-0,01 %. Ореолы интенсивностью более 0,03 % - выходы на поверхность зоны вкрапленной медной минерализации Восточного рудного тела. Западное тело, залегающее на глубине более 300 м, характеризуется двумя ореолами меди интенсивностью более 0,03 %. Проекция его располагается между двумя этими ореолами

Молибден в почвах в фоновых концентрациях не превышает 1,0 г/т. Месторождение характеризуется 3 ореолами. Ореол изометричной формы, эпицентр его с содержанием молибдена более 30 г/т совпадает с эпицентром ореола меди и с выходом на эрозионный срез Восточного рудного тела. Западное рудное тело характеризуется слабыми аномалиями молибдена интенсивностью более 0,3 г/т. Восточное-1 рудное тело находится за пределами ореола молибдена.

Вторичные ореолы олова и вольфрама (рис. 5). Фоновые концентрации олова в почве составляют 1,8 г/т. Вторичный ореол фиксирует надрудную зону Западного и Восточного-1 рудных тел. Фоновые концентрации вольфрама в почве не превышают 0,00023 %. В плане ореол вольфрама имеет изометричную форму. В центре его повышенными содержаниями 0,001-0,3 % выделяется кольцевой ореол, в пределах которого расположены проекции всех рудных тел.

Ореол вольфрама четко картирует надинтрузивную зону штока второй интрузивной фазы гранодиорит-порфиров. Максимальные значения вольфрама - более 0,01% - в этом кольцевой формы ореоле в центральной его части фиксируют все 3 рудных тела, контуры которых не выходят за его пределы.

Фоновые концентрации олова в почве составляют 0,003 г/т. Ореол олова расположен в зоне экзоконтакта гранодиорит-порфиров второй фазы. Ореол интенсивностью более 0,03 г/т картирует надрудную зону Западного и Восточного-1 рудных тел. Восточное-1 рудное тело фиксируется ореолами олова до 0,03 г/т. В целом он морфологически близок ореолу вольфрама интенсивностью более 0,01 %.

Ореолы вольфрама, олова, и германия характеризуют зоны высокотемпературных фаций интенсивного кварцево-калишпатового метасоматоза в центре участка.Приурочены они

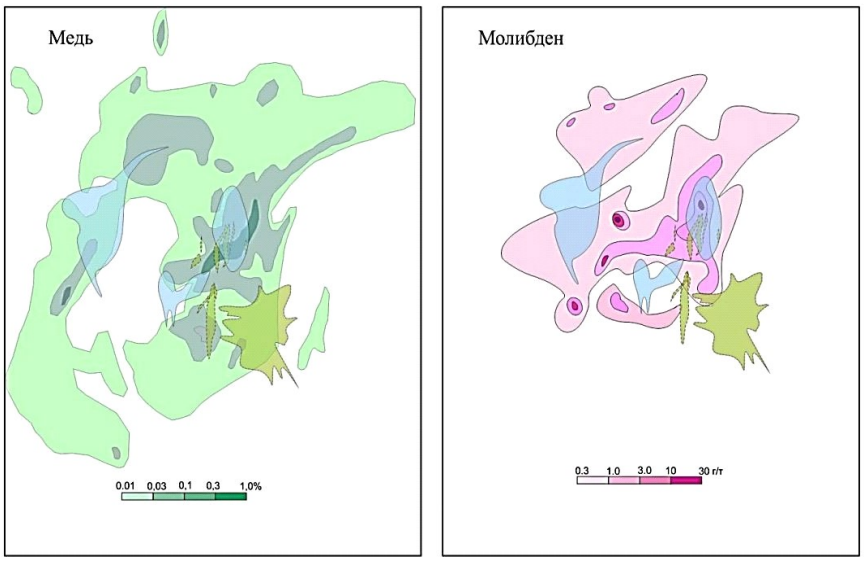

Рис. 4. Вторичные ореолы меди и молибдена.

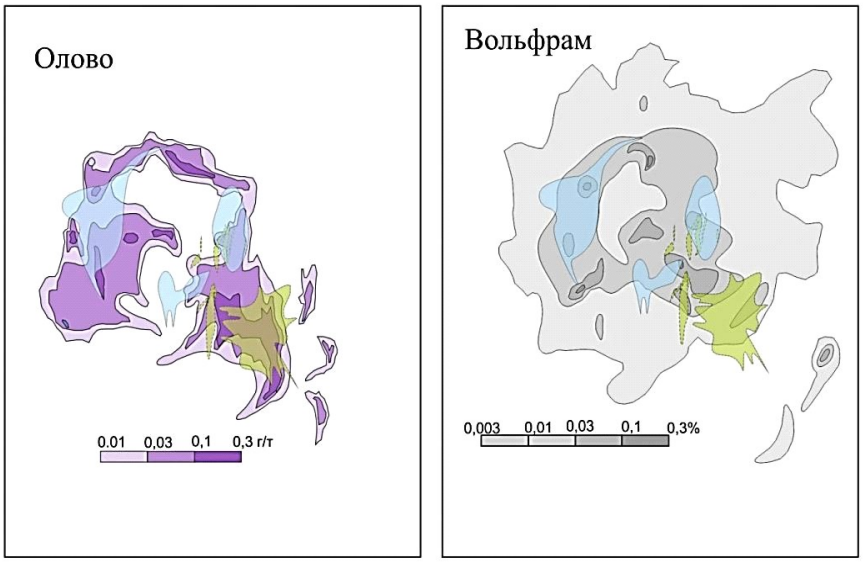

Рис. 5. Вторичные ореолы олова и вольфрама.

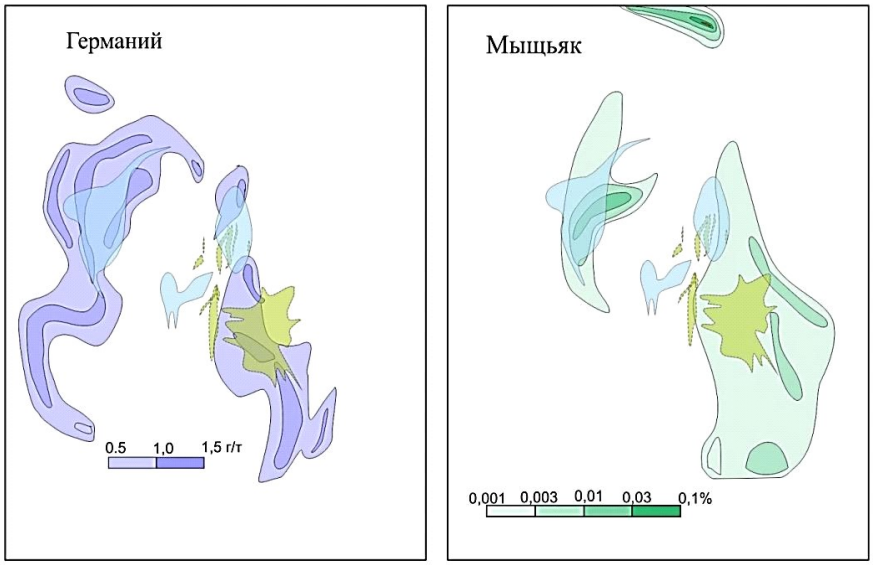

Рис. 6. Вторичные ореолы германия и мышьяка.

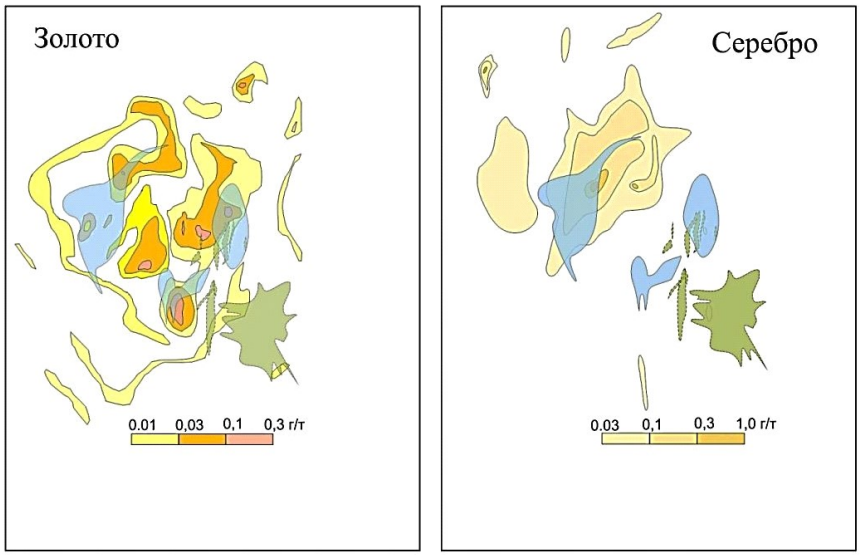

Рис. 7. Вторичные ореолы золота и серебра.

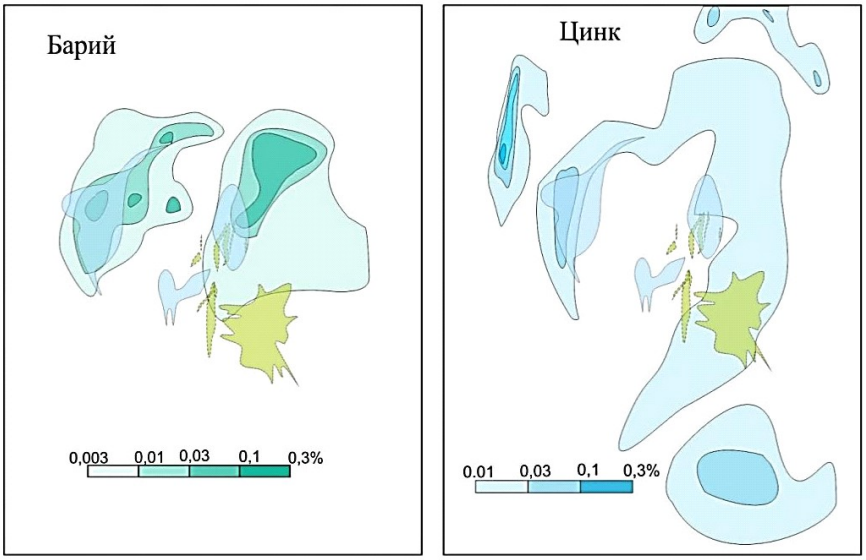

Рис. 8. Вторичные ореолы бария и цинка.

к интрузивным фазам кварцевых диоритов и гранит порфиров, которые прорывают гранодиориты первой интрузивной фазы.

Вторичные ореолы германия и мышьяка (рис. 6.). Геохимический фон германия в почвах не превышает 0,15 г/т. Ореолы слабоконтрастные, интенсивностью от 0,5 до 1,5 г/т. Они фиксируют надрудную зону Западного и Восточного-1 рудных тел. Восточное рудное тело геохимическими аномалиями германия не отмечается.

Геохимический фон мышьяка составляет 0,001 %. Ореол мышьяка с содержаниями 0,003-0,1 % фиксирует надрудную зону Западного рудного тела и повторяет приблизительно его морфологию. Надрудная область Восточного-1 рудного тела фиксируется слабоконтрастным ореолом мышьяка более 0,003 %.

Вторичные ореолы золота, серебра, цинка (рис. 7-8). Геохимический фон золота в почвах месторождения составляет 0,01 г/т. Вторичные ореолы золота имеют морфологию подобную ореолам меди и магнитной аномалии. Для них характерны узкие линейные, дугообразные ореолы. Содержание золота в них меняется от 0,01 до 0,3 г/т. Ореолы имеют концентрическое строение. Ореолы золота более 0,03 г/т приурочены к зоне центрального кварцевого ядра. Восточное-1 рудное тело ореолами золота не отмечается.

Геохимический фон серебра в почве составляет 0,01 г/т. Морфология ореолов отличается от ореолов меди и молибдена. Они располагаются в северо-западной части месторождения и характеризуют в основном Западное рудное тело. Интенсивность ореола серебра над Западным рудным телом - от 0,1 до 1,0 г/т. По отношению к рудному телу ореол смещен на СВ.

Ореолы свинца имеют малое распространение. Они слабоконтрастные и также смещаются к внешней зоне месторождения. Интенсивность ореолов свинца 0,001- 0,01 %. Аналогичную позицию занимают ореолы цинка, которые ещё менее контрастны ореолов свинца.

Вторичные ореолы бария (рис. 8). Геохимический фон бария в почвах не превышает 0,001 %. Максимальные концентрации его в ореолах достигают 0,3 %. Ореолы изометричной формы, совпадают в плане с проекцией Западного рудного тела, а по отношению к Восточному рудному телу они смещены на северо-восток. Восточное-1 рудное тело ореолами бария не фиксируется.

Вторичные ореолы хрома, никеля, марганца и никеля. Ореолы этих элементов располагаются вблизи контакта массива гранодиоритов первой фазы с осадочными вулканогенными породами девона. Они образуют ореолы выноса и на самом месторождении отсутствуют.

Аномалии естественных геохимических ассоциаций, учитывающих распределение трех главных элементов Cu, Au и Mo, фиксируют подковообразную структуру размером 2,25 х 3,0 км собственно месторождения медно-золото-порфировых руд..

Вторая группа - Pb, Zn,Ba,Ag - элементы верхнерудной ассоциации, фронтальные. Аномалии этих элементов имеют форму, аналогичную аномалиям рудной группы со смещенными эпицентрами, размер их 2 х 3 км.

Третья группа элементов - Sn, W, Ge - локализуется практически там же, где и первая, они располагаются преимущественно в надрудных частях месторождения.

Четвертая группа - Cr, Ni, Co - это элементы выноса во внешнюю зону области метасоматического воздействия на вмещающие туфогенно-осадочные породы.

Латеральная зональность вторичных ореолов на месторождении проявлена достаточно четко. Она выражена в том, что центр месторождения характеризуется ореолом золота. Далее следуют ореолы меди, молибдена, олова и вольфрама. Краевые части месторождения характеризуют ореолы цинка, мышьяка, серебра. Разгон ореолов небольшой. Все они расположены компактно и часто перекрывают друг друга. Наблюдаемая геохимическая зональность вторичных ореолов характерна для медно-порфирового с золотом типа оруденения. Она хорошо коррелируется с метасоматической зональностью месторождения, которая подчеркивает температурные особенности его формирования.

Первичные ореолы. Фактическим материалом изучения первичных ореолов служили данные геохимического опробования картировочных, поисковых и разведочных скважин. Они получены по результатам анализа 19000 керновых проб, проанализированных на 27 химических элементов, включая золото. Ореолы по морфологическим и структурным особенностям не отличаются от вторичных ореолов, что объясняется их генетической общностью.

Распределение геохимического фона в коренных породах имеет свои чёткие закономерности. Интрузивные комплексы независимо от состава имеют собственную специализацию кларков концентрации по главным рудным компонентам и элементам-спутникам: Cu – 1,1 для среднего состава и 3,7 – для кислого состава, Mo – 1,3 для среднего состава и 3,0 для кислого, W – 2,8 для среднего и 7,6 для кислого, особенно это касается вольфрама (таблица 1). Это является первым поисковым признаком для малых интрузивных комплексов диоритового состава на профилирующие металлы.

С учетом корреляционных связей элементов и визуального анализа распределения ореолов, выделяются несколько групп элементов. Взаимоотношения между элементами исследованы корреляционным анализом в 2459 пробах скважин. Этот анализ позволил выделить матрицы парных коэффициентов корреляции. Соответствуют им три ассоциации элементов, имеющие между собой генетическую связь:

1. Значение фоновых содержаний в породах рудного поля месторождения Нурказган

Элемент	Числитель - значение местного фона, знаменатель – кларк (ppm)		
	Туфогенно-осадочные образования	Интрузивные образования	
		кислого состава	среднего состава
Медь	57\45	110\30	96\87
Молибден	1,6\2.6	3\1	2\1.5
Серебро	0.08\0.07	0.12\0.05	0.11\0.11
Вольфрам	2.3\I.8	3.7\1.3	5.3\0.7
Олово	1.8\6	2\1.5	2.2\1.5
Свинец	15\20	16\15	18\6
Цинк	65\95	80\60	70\105
Золото	0.0025	0.0025	0.0025

- Рудная ассоциация Cu-Au-Ag-Mo, коэффициенты корреляции здесь более 0,8 и только для молибдена они составляют 0,46-0,59;

- Редкометалльная ассоциация W-Sn, между собой эти элементы коррелируются на уровне более 0,46 и имеют коэффициенты корреляции со всеми рудными элементами более 0,3;

- Полиметаллическая ассоциация Pb-Zn-Ag, характеризуется корреляционными связями на уровне 0,3. Она также коррелируется с элементами рудной группы на уровне 0,25-0,39, а с редкометальной группой она не связана.

Ассоциативные группы иллюстрируются следующей схемой корреляционных связей (рис. 9).

Ассоциации характеризуют параллельность во времени образования халькопирит-золото-молибденовой рудной минерализации и большим разрывом во времени - полиметаллической и редкометальной.

Вертикальная геохимическая зональность. Исследовалась зональность ореолов Западного рудного тела на глубину до 800 м. Использованы результаты опробования и анализа керновых проб поисковых и разведочных скважин, которые пересекли рудное тело на всём их протяжении от верхнерудных до его нижнерудных частей. Для вычисления геохимического ряда вертикальной зональности применялся метод С.В. Григоряна.

Обобщенный ряд вертикальной геохимической зональности месторождения Нурказган представлен зонами относительного накопления химических элементов (сверху-вниз):

(Ge -Co) - (Sn - W) - (Pb, Zn,) - Ag-Mo-(Au- Cu) - Bi - Cr - Ni

Анализируя этот ряд зональности можно выделить:

- *надрудные элементы:* Ge-Co-W-Sn;

- *верхнерудные:* Au-Pb, которые имеют повышенные значения в головных частях рудных медных тел;

- *рудные*: Au-Ag-Cu-Mo, которые определяют геохимический спектр промышленного оруденения;

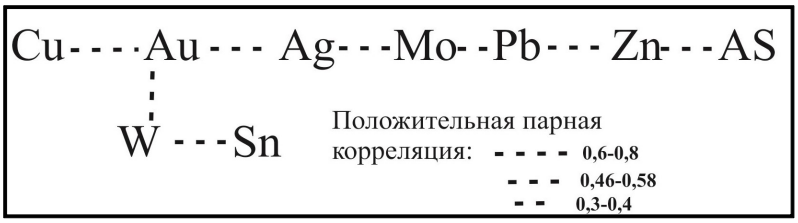

Рис. 9. Ассоциативные группы химических элементов.

- *нижнерудные*: Mo-Bi-Zn, которые смещаются в подошвенную часть рудных тел и значительно смещены вниз по падению рудных тел;

- *подрудные элементы:* Cr и Ni.

Морфология первичных ореолов полностью соответствует зонам оруденения и гидротермального метасоматоза. Взаимоотношения первичных ореолов и Западного рудного тела показаны на рис. 10-19.

Ореолы рудообразующих элементов, таких как медь и золото (рис. 10-11), оконтуривают Западное рудное тело и концентрации этих металлов относительно равномерно распределены в нем.

Ореолы германия располагаются в надрудной части рудного тела, это наглядно иллюстрирует рис. 12.

Ореолы молибдена занимают верхнерудную часть Западного тела. Расположены они

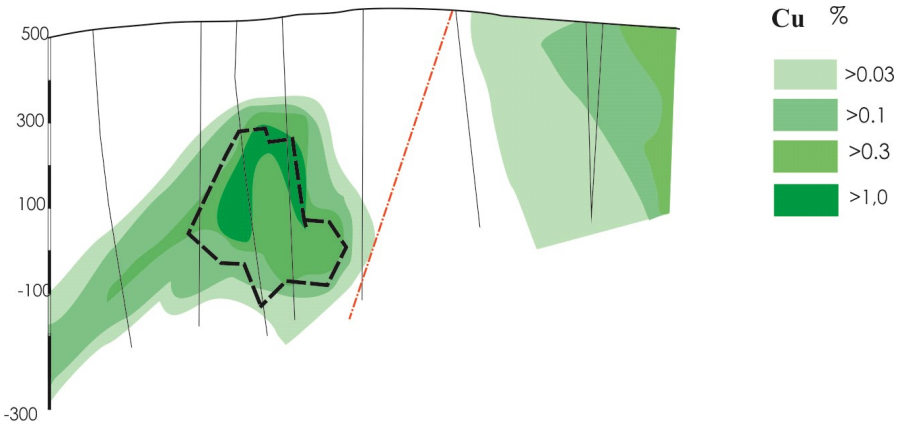

Рис. 10. Первичный ореол меди.

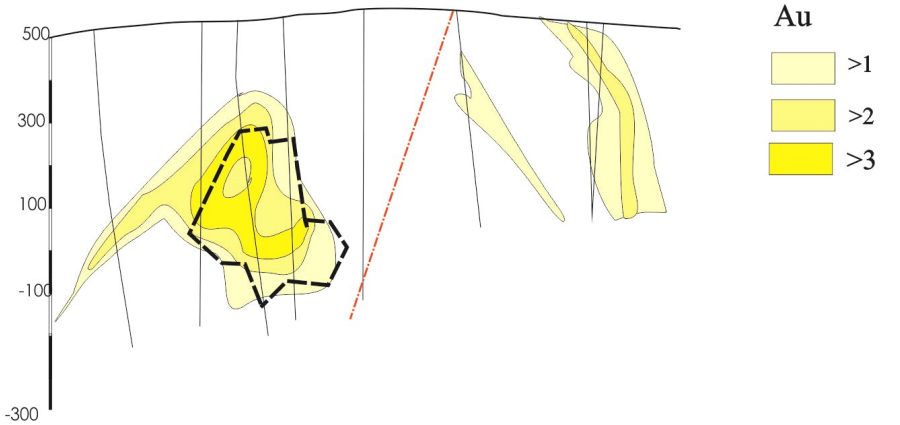

Рис. 11. Первичный ореол золота.

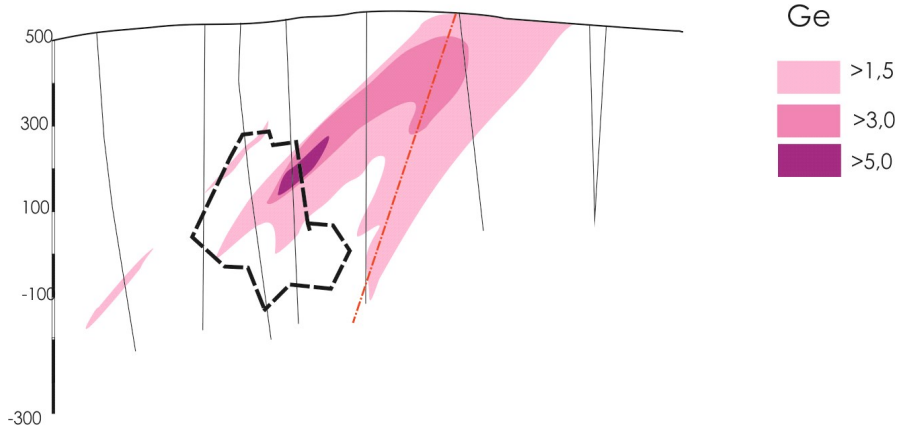

Рис. 12. Первичный ореол германия.

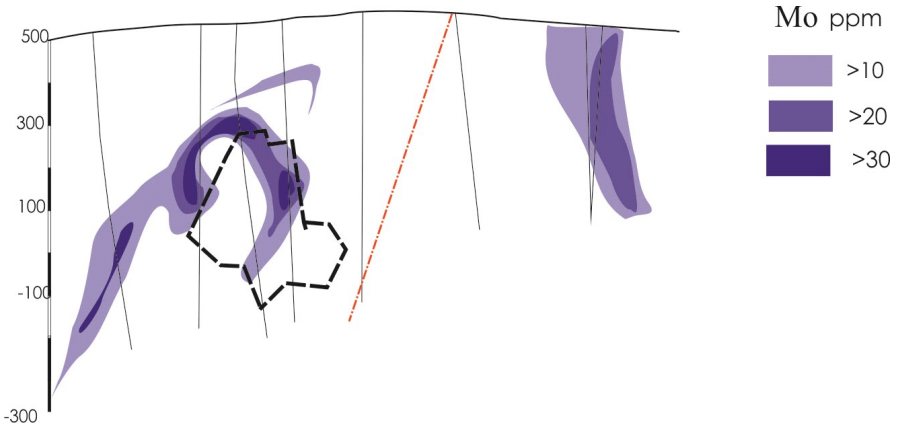

Рис. 13. Первичный ореол молибдена.

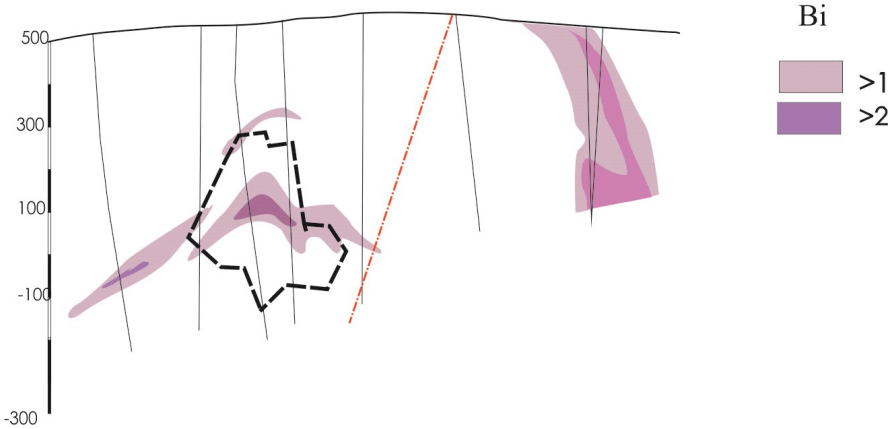

Рис. 14. Первичный ореол висмута.

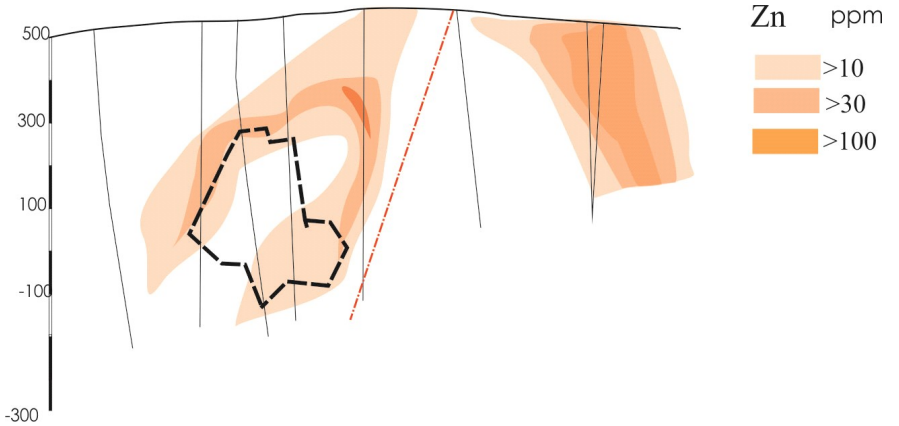

Рис. 15. Первичный ореол цинка.

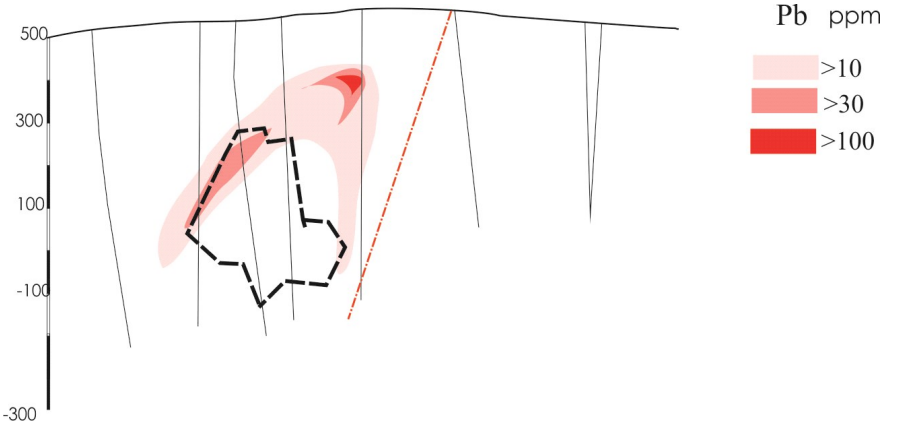

Рис. 16. Первичный ореол свинца.

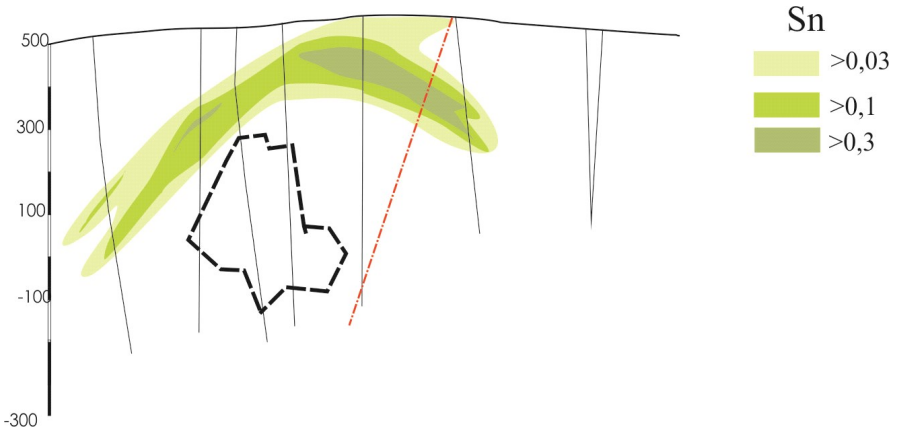

Рис. 17. Первичный ореол олова.

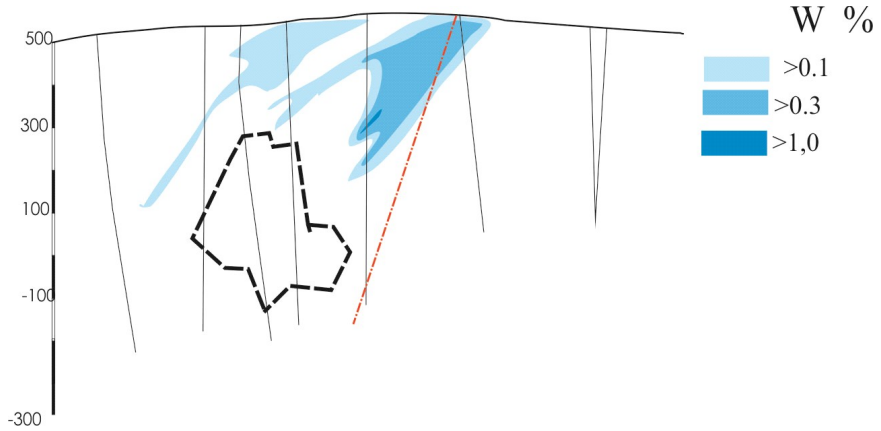

Рис. 18. Первичный ореол вольфрама.

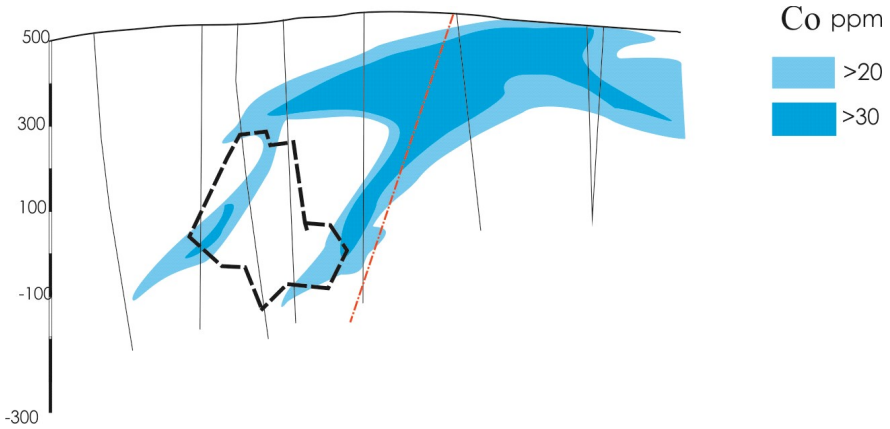

Рис. 19. Первичный ореол кобальта.

в зоне контакта рудного тела с вмещающими породами, вблизи ореола меди (рис.13).

Ореол висмута смещается по падению рудного тела в среднюю его часть, нижне ореола молибдена (рис. 14).

Первичные ореолы цинка и свинца смещены по восстанию рудного тела и находятся в верхнерудной и околорудной частях (рис. 16).

Первичные ореолы олова, вольфрама и кобальта раполагаются в надрудной зоне Западного рудного тела (рис. 17-19).

Группа надрудных элементов (Sn, W, Co) отходит до 300 м по восстанию от верхней границы Западного тела. Это позволило использовать их при прогнозе «слепого», не выхо-

дящего на поверхность, оруденения при составлении карт геохимического прогноза. Прогнозная карта, составленная автором в 1993 г., позволила определить объёмы и основные направления геологоразведочных работ в 1993-1995 годах.

Рудные тела месторождения Нурказган довольно уверенно картируются электроразведкой методом ВП. Магниторазведка картирует гранодиориты и гранодиорит-порфиры первой и второй фаз внедрения. Рвущий контакт этих интрузий фиксируется эллипсовидной интенсивной положительной магнитной аномалией. Рудные тела лежат в борту. Как Западное рудное тело, так и в эпицентре высоких значений магнитного поля в пределах этой аномалии, как Восточное рудное тело. Близко к этой аномалии расположено Восточное-1 рудное тело. Вулканиты картируются спокойным положительным полем, а осадочный комплекс картируют отрицательные поля. Дайки основного состава фиксируются локальными линейными положительными аномалиями магнитного поля. Дайки кислого состава картируются отрицательными линейными аномалиями. Зоны гидротермального изменения отмечаются в положительном магнитном поле относительным его понижением.

В геохимических полях все рудные тела в общем плане картируются уверенно вторичными ореолами меди, молибдена, олова, вольфрама, германия, цинка. Аддитивный ореол этих элементов оконтуривает рудное поле месторождения. Надрудные зоны Западного и Восточного -1 тел фиксируются вторичными ореолами олова, вольфрама и германия, несмотря на залегание верхней кромки тел от 300 до 800 метров.

Западное тело характеризуется вертикальной зональностью инверсионного ряда, сверху вниз: **(Ge -Co) - (Sn - W) - (Pb, Zn,) - Ag-Mo- (Au- Cu) - Bi - Cr–Ni.** Она отражает стадийность гидротермальных процессов и связанного с ними рудообразования.

Заключение. В данной статье приведены результаты авторских, впервые выполненных геохимических исследований первичных ореолов и геохимической зональности медно-порфирового оруденения месторождения Нурказган в процессе проведения поисково-оценочных работ в 1993-95 годах. Они использованы при составлении карты прогноза «слепого» оруденения на площади участка и для уточнения параметров сети разведочных скважин. Эта работа сыграла важную роль в дальнейшей разведке месторождения и оценке его запасов. В настоящее время месторождение Нурказган относится к крупному месторождению медно-порфировых руд.

Литература

Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Минина О.В. Зональность и золотоносность руд медно-порфировых месторождений. Обзорная информация. ВИЭМС. М., 1985.

Месторождения меди Казахстана. Справочник. - Алматы, 1997.

Митрофанский В.Ф., Ивлев Р.Р., Киселев А.К. и др. Объемная зональность первичных ореолов медно-порфирового месторождения Актогай. Материалы III Всесоюзного совещания «Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых». М., 1982.

Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., 1985.

Солнцев С.С., Франковская Н.М., Покусаев А.В. Геохимические модели золото-медно-молибденового месторождения Самарское и его рудного поля как основа прогноза и поисков аналогичных объектов // Геология и разведка недр Казахстана, 1996, № 12.