

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ КОЛЧЕДАННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА НА ПРИМЕРЕ ФИЛИЗЧАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н.А.Новрузов, С.А.Агаев

1 – *Институт геологии НАН Азербайджана*
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А; e-mail: npovruz@rambler.ru

2 – *Министерство экологии и природных ресурсов Азербайджана*
AZ1073, Баку, ул. Б.Агаева, 100А

Текстурно-минералогические типы руд и минеральные ассоциации занимают определенное положение в составе единой пластообразной залежи Филлизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения, обуславливая первичную минералогическую зональность. Вертикальная и горизонтальная геохимическая зональность количественно ярко выражается с помощью величин индикаторных отношений. Установлено отчетливое возрастание показателей геохимической зональности от центральной части залежи к верхним и глубоким горизонтам, а по латерали – с восточного фланга на западный. В колчеданных месторождениях Восточного сегмента Большого Кавказа (Филизчай, Катех, Кацдаг, Джихих-Сагатор, Кизил-Дере), независимо от гипсометрических уровней отдельных рудных залежей, наблюдается более или менее однотипная минералого-геохимическая зональность.

Введение

Стратиформные колчеданно-полиметаллические и медно-цинково-пирротиновые месторождения Восточного сегмента Большого Кавказа, формировавшиеся в условиях широкой вариации физико-химических параметров процесса минералообразования, характеризуются специфическими минералого-геохимическими особенностями, их рудные залежи имеют пластообразную, линзовидную и жиллообразную форму. В азербайджанской части южного склона Большого Кавказа к ним относятся месторождения Филлизчай, Катех, Кацдаг, Джихих-Сагатор и многочисленные рудопрооявления, месторождение Кизил-Дере в Южном Дагестане.

Все перечисленные месторождения и десятки рудопрооявлений сосредоточены в ниже-среднеюрских (плинсбах, тоар, аален) терригенных толщах Гойтхско-Тфанской и Чхалта-Сарыбашской продольных структурно-формационных зон (СФЗ). Названные СФЗ являются самостоятельными металлогеническими зонами, отличающимися по особенностям геологического строения и развития, а также металлогенической специализацией, в их пределах расположение рудных залежей носит узловый характер,

границами узлов считаются геологические границы локальных поперечных и продольных инверсионных поднятий (Курбанов, 1982). В пределах Гойтхско-Тфанской зоны залежи сложены преимущественно медно-пирротиновыми типами руд (Кацдаг, Джихих-Сагатор, Кизил-Дере и др.), а в Чхалта-Сарыбашской – колчеданно-полиметаллическими (Филизчай, Катех и др.). По мнению В.Н.Холодова и З.Р.Кикнадзе (1989), процессы формирования пирротиновых руд в некоторой степени связаны с возрастом складчатости. В районах, где процессы ее образования начались в байосе, формирование этих руд предшествует полиметаллической минерализации (Кизил-Дере) и, наоборот, там, где складкообразование имело место только в конце бата, пирротиновые руды формируются позже полиметаллических (Филизчай).

Вопросы зональности колчеданных месторождений Восточного сегмента Большого Кавказа

Вопросы зональности в месторождениях колчеданной формации региона в той или иной степени рассмотрены в ряде работ (Агаев, 1982; Велизаде, 1981; Новрузов, 2007; Новрузов, Агаев, 1985; Резников, Курбанов,

1978; Рябова, 1973; Novruzov, 2009). Нашими исследованиями выявлены картины зонального распределения компонентов в рудных залежах месторождений Филизчай, Катех, Кацдаг и Джихих-Сагатор в тесной связи с закономерным размещением в них текстурно-минералогических типов руд и минеральных ассоциаций.

На Катехском месторождении первичная зональность проявлена слабо. Выявлена некоторая закономерность изменения концентраций основных примесных компонентов от верхних к нижним горизонтам залежи. Особое внимание заслуживает резкое и закономерное уменьшение содержания ртути в рудах и сульфиде цинка от самого верхнего горизонта (932 м) до нижнего (807,5 м). На Кацдаге по простиранию и мощности рудного тела №6, которое прослеживается по всему месторождению, в целом наблюдается неотчетливая геохимическая зональность. По падению залежи изменение концентраций для меди, серебра, кобальта, висмута и кадмия выявляется в западном и восточном блоках. В последнем наблюдается также закономерное убывание содержания свинца. Установлено, что в залежи «Сагатор» (Джихих-Сагаторское месторождение) величина геохимического показателя отчетливо увеличивается от среднего горизонта (1600-1500м) к верхним и нижним. Наглядное представление о характере распределения концентраций важных примесных компонентов руд (Ag, Bi, Cd, Se, Co) в пределах этой залежи дает ее проекция на вертикальную продольную плоскость.

Минеральные ассоциации на месторождении Кизил-Дере, занимая определенное положение в пределах рудных залежей, создают первичную минералогическую зональность, которая по падению наиболее отчетливо выражена в левобережной залежи. Геохимическая зональность выражается прежде всего в уменьшении количества железа, связанного с постепенной сменой в этом направлении гексагонального пирротина моноклинным, снизу вверх (Рябова, 1973). В рудных телах выделяется два устойчивых комплекса элементов-индикаторов: фронтальных (Zn, Pb, Ag) и тыловых – Cu, Co, As (Резников, Курбанов, 1978).

Особенности минералого-геохимической зональности

Филизчайского месторождения

Пластообразная залежь Филизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения является наиболее сложной в связи с наличием совокупности здесь различных природных типов руд. Текстурно-минералогические типы руд в составе залежи занимают определенное положение: наиболее распространенные слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды (более 70% объема залежи) локализуются преимущественно в висячем боку; массивные колчеданно-полиметаллические и серноколчеданные руды встречаются совместно со слоисто-полосчатыми преимущественно в глубоких горизонтах северо-восточной части месторождения; пятнисто-брекчиевидные колчеданно-полиметаллические и медно-пирротиновые руды массивного сложения развиты исключительно на верхних горизонтах восточной части месторождения со стороны подошвы залежи, где как по падению, так и по простиранию сменяются прожилково-вкрапленными рудами. Строение кровли и подошвы залежи месторождения отличается некоторыми особенностями: кровля на всем своем протяжении более устойчива, а подошва залежи характеризуется сложным строением при сохранении резких контактов с вмещающими породами и приуроченностью к ней большого разнообразия типов руд.

Руды Филизчайского месторождения характеризуются богатым минеральным составом. Пирит является господствующим сульфидным минералом. К главным относятся также сфалерит, галенит, халькопирит и пирротин. Второстепенные и редко встречающиеся минералы: марказит, арсенопирит, кобальтин, линнеит, магнетит, теннантит, тетраэдрит, различные сульфосоли меди и свинца, висмутовые минералы, теллуриды золота и серебра и другие. Гипергенные минералы: гидроокислы железа, малахит, азурит, халькозин, ковеллин, тенорит, халькантит, церуссит, англезит, ярозит, госларит, скородит и прочие. Нерудные минералы представлены кварцем, карбонатами, хлоритом, серицитом и др.

Рудообразование в исследуемом место-

рождении имеет полиэтапный и многостадийный характер. На первом этапе отлагались массивные гидротермально-осадочные серно-колчеданные руды. Образование гидротермально-метасоматических колчеданно-полиметаллических руд происходило на втором этапе. На третьем этапе формировались гидротермально-метаморфогенные медно-пирротиновые руды.

Выявлено, что максимумы средневзвешенных содержаний цинка и свинца во многом сходны и занимают почти всю западную часть залежи Филизчая, начиная от центрального профиля (рис.1 а, б). Повышенные концентрации меди образуют локальные участки на восточном фланге, а также в центральной части залежи. По размещению концентраций меди рудная залежь очень четко разделяется на две части: юго-восточную и северо-западную (рис. 1 в). Области наибольшего обогащения цинком и медью, а также свинцом и медью отчетливо разобщены: максимумы концентрации одного элемента совпадают с минимумами другого. Установленный весьма близкий характер распределения свинца и серебра в пределах залежи, где контуры полей повышенных и низких содержаний во многом совпадают, свидетельствует о генетической связи этих элементов в колчеданно-полиметаллических рудах месторождения (рис.1 б, г). Распределение концентраций золота в самых общих чертах сходно с размещением медной минерализации (рис.1 в, д). При этом верхние из максимумов концентраций этих элементов связаны со вторичным сульфидным обогащением, а нижележащие отражают первичную зональность рудоотложения (Новрузов, Агаев, 2009). Наибольшей мощностью характеризуется восточный фланг более глубокой пологозалегающей части залежи, где ее мощность превышает практически повсеместно среднюю по месторождению величину этого параметра (рис. 1 е).

В целом наблюдается геохимическая зональность по простиранию, падению и мощности залежи. В главной залежи по направлению с западного фланга на восточный наблюдается уменьшение концентраций Zn, Pb, Cd, In, Tl, Ag, Au, Bi, Sb, As, Hg и увеличение содержания Cu, Co, Ni и Se в рудах. Почти ана-

логичная геохимическая зональность отмечается по падению рудной залежи (вертикальная зональность), где наблюдается повышение концентраций также марганца. Уменьшение концентраций золота по падению залежи Филизчая выражено более отчетливо, чем серебра. Наблюдается плавное увеличение величины Ag/Au , кривая которой имеет антибатный характер по сравнению с таковой для золота (Новрузов, Агаев, 2009).

В рудной залежи месторождения геохимическая зональность, связанная с закономерным изменением концентраций отдельных элементов в ней, количественно отчетливо выражается с помощью величин индикаторных отношений. Так, с западного фланга на восточный через центральную часть залежи наблюдается закономерное изменение этих величин: Ag/Au (83 – 75 – 63), S/Se ($67 - 52 - 44 \cdot 10^3$), Se/Te (3,8 – 4,5 – 5,0) и Co/Ni (2,1 – 2,4 – 2,5). В условно выделенных горизонтах глубинности (верхние, средние и глубокие горизонты) величины индикаторных отношений характеризуют изменение этих показателей по падению залежи – Ag/Au : 70 – 71 – 80; S/Se : 58 – 57 – $45 \cdot 10^3$; Se/Te : 3,9 – 4,0 – 5,5; Co/Ni : 3,0 – 2,2 – 1,9.

Для количественного выражения зональности вычислен показатель геохимической зональности на основе соотношений концентраций элементов фронтальных (Zn, Pb, Ag) и тыловых частей (Cu, Co, Mn) залежи. Принимая минимальное значение этого показателя за единицу, от верхнего горизонта (абсолютные отметки 1300-1200 м) до нижнего (500-400 м) по 100 метровым горизонтам глубинности рудной залежи Филизчая мы получили следующие значения коэффициента зональности для колчеданно-полиметаллических руд на отдельных гипсометрических уровнях: 6,2; 5,3; 5,2; 3; 2,5; 1; 2,3; 5,5; 9,1. Закономерное изменение концентраций элементов по падению рудной залежи наиболее ярко проявляется при сравнении показателя зональности, возрастающего от центральной части залежи в направлении к верхним и глубоким горизонтам. Сходные данные получены также при использовании коэффициентов зональности $Zn \cdot Pb \cdot Ag/Cu^3$ и $Zn \cdot Pb \cdot Ag/Co^3$ (рис.2).

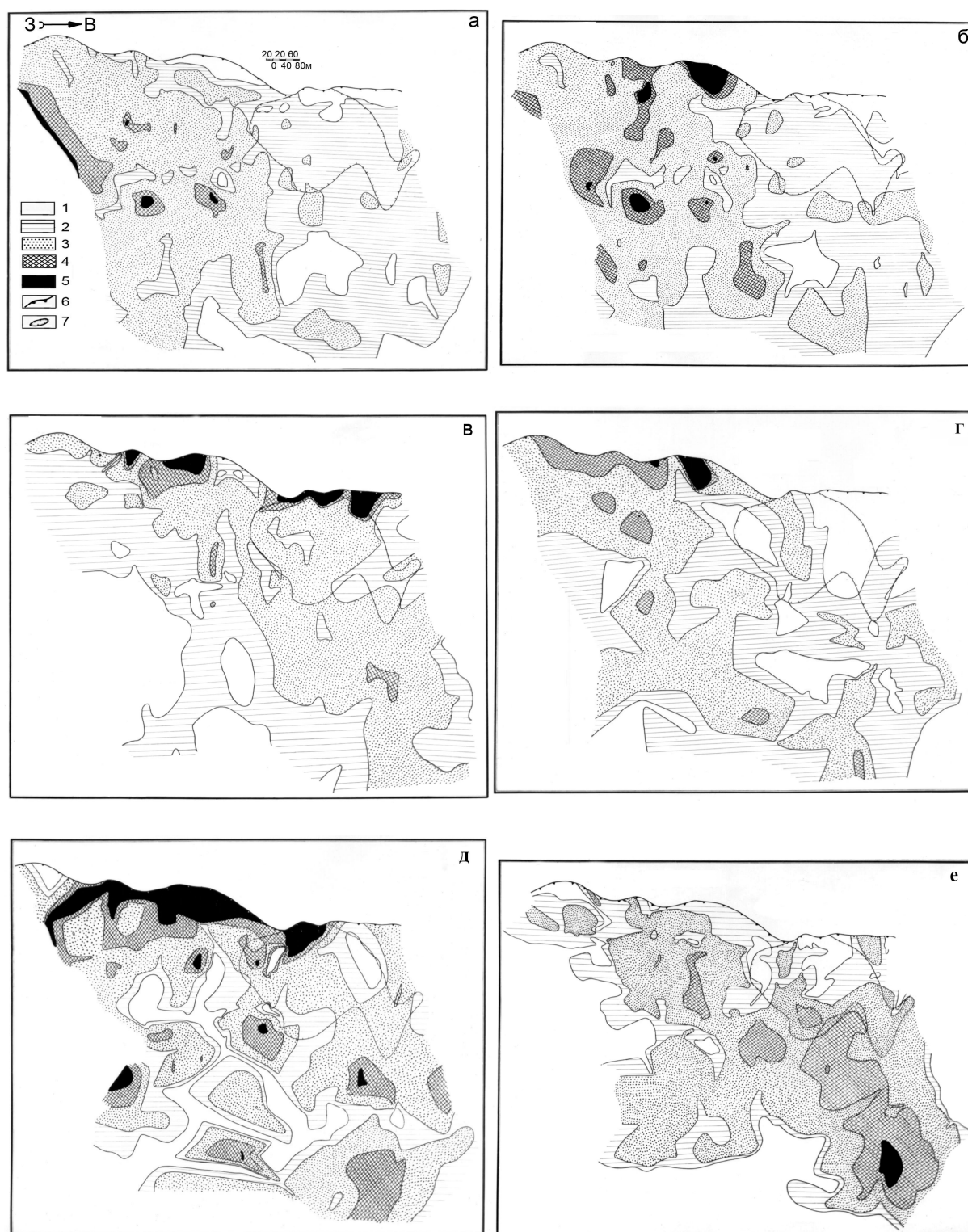


Рис. 1. Распределение концентраций цинка (а), свинца (б), меди (в), серебра (г), золота (д) и мощности (е) в залежи Филизчайского месторождения (продольная проекция на вертикальную плоскость). Классы содержания (в отношении к средним показателям элементов в рудах месторождения): 1 – 0,25; 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 2; 5 – >2; 6 – границы распространения залежи к югу; 7 – границы распространения забалансовых руд.

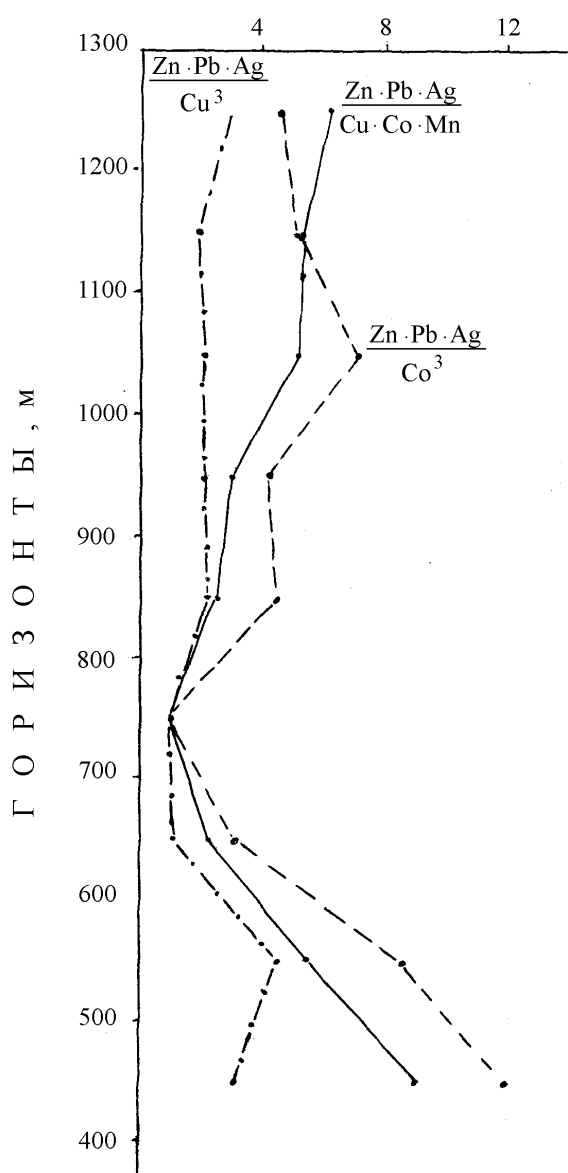


Рис. 2. Изменение показателей зональности по падению залежи месторождения Филизчай

Геохимическая зональность по латерали залежи отчетливо отражена в закономерном увеличении показателей зональности с восточного фланга на западный по продольному профилю (рис. 3). Как известно, зональность в гидротермальных месторождениях формируется в направлении движения растворов (Бетехтин, 1955; Гросс, 1960). На этой основе можно заключить, что направление возрастания величин коэффициентов зональности указывает на предполагаемые пути миграции гидротермальных растворов на рассматриваемом

месторождении. По мнению С.А.Агаева (1982), основываясь на характеристике изменений концентраций ведущих компонентов (Cu, Zn, Pb) в рудной залежи Филизчайского месторождения, области питания совпадают с ее северным и восточным ограничениями.

Зональность в распределении содержания ряда элементов-примесей (Au, Ag, Cd, In, Tl, Ge, Bi, Se, Te, Co) по мощности рудной залежи отчетливо проявляется в главных сульфидных минералах, в особенности пирите и халькопирите (Новрузов, Агаев, 1985; Novruzov, 2009). Так, от лежачего бока залежи к висячему увеличивается содержание золота, серебра, кадмия, индия, таллия, германия и висмута в пирите, а также в сфалерите. В пирите и халькопирите в лежачем боку больше кобальта, селена и теллура (табл.1).

В колчеданно-полиметаллических месторождениях рудные залежи часто характеризуются скрытой минералого-геохимической зональностью, выражающейся в пространственном изменении концентраций элементов-примесей, в частности кобальта и величин Co/Ni , в рудосоставляющих минералах (Еремин, 1977). Эти показатели позволяют оценить условия образования руд. Выявленная нами на Филизчае скрытая минералого-геохимическая зональность выражается в увеличении величин Co/Ni в пирите III в направлении от обоих контактов рудной залежи к ее центральной части. Градиент Co/Ni в обе стороны от центральной части, фиксируемый по максимальному значению этой величины, значительно высок и составляет 0,54 и 0,60 по скважине 622, а по скважине 69 – 0,33 и 0,38 (табл.2). Выявленная скрытая минералого-геохимическая зональность по восстанию относится к повторяющемуся типу (Новрузов, 2009), что является одним из критериев гидротермально-метасоматического формирования колчеданно-полиметаллических руд (Еремин, 1977).

Изучение минералого-геохимической зональности на Филизчайском месторождении позволяет выделить некоторые особенности. По мощности рудной залежи выявлена контрастная асимметричная зональность, которая обусловлена степенью дифференциации различных типов руд и концентрации основных рудосоставляющих компонентов (Cu, Zn, Pb).

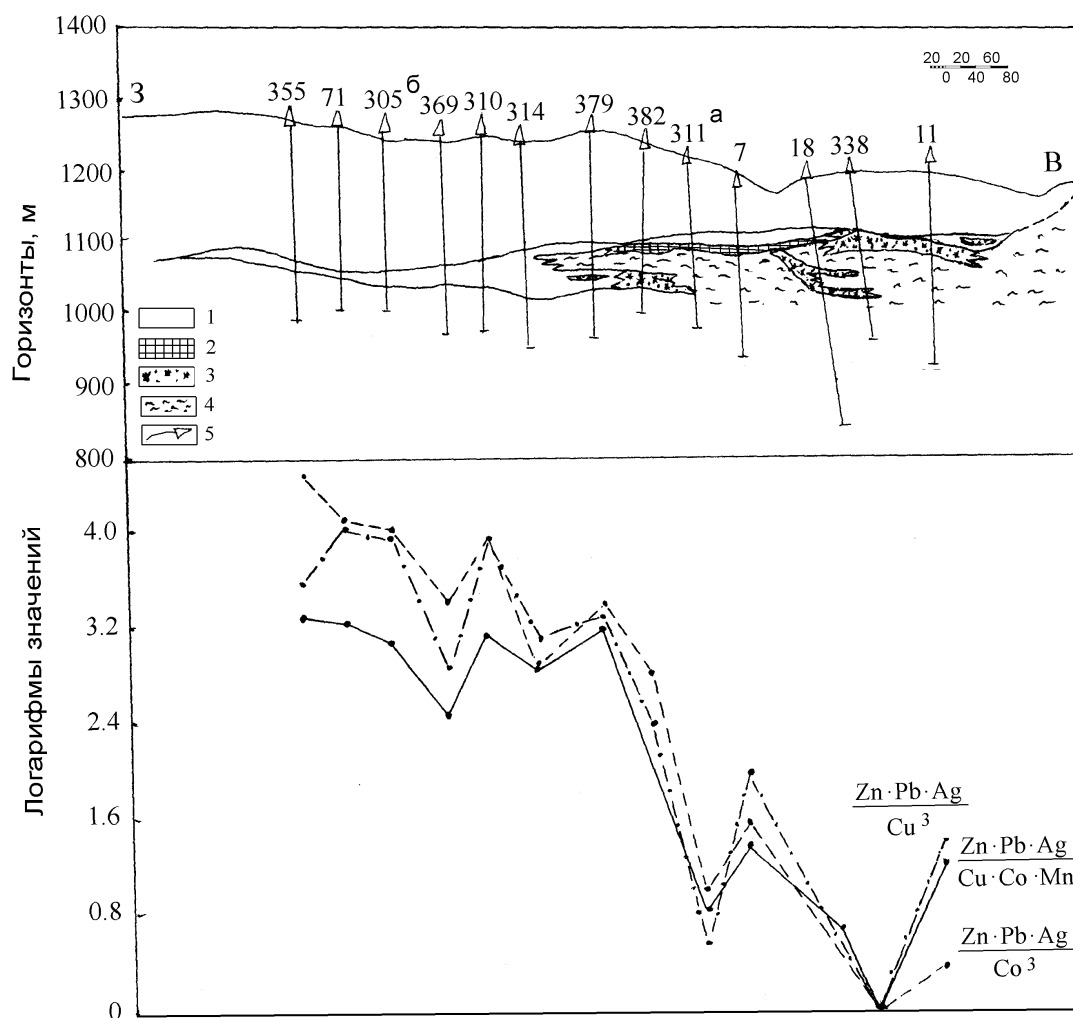


Рис. 3. Изменение показателей геохимической зональности по простиранию рудной залежи Филизчая (продольный профиль): 1–слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды; 2 – массивные медно-пиритиновые руды; 3 – пятнисто-брекчиевидные руды; 4 – вмещающие породы; 5 – буровые скважины

Таблица 1

Изменение содержаний элементов-примесей в пиритах и халькопиритах
от висячего к лежащему боку, г/т

Элементы, г/т	Висячий бок		Лежащий бок	
	пирит	халькопирит	пирит	халькопирит
Au	0.9(19)	1.2(6)	0.6(15)	0.6(8)
Ag	48(19)	80(6)	26(15)	61(8)
Tl	7.6(26)	2.8(7)	1.4(26)	2(11)
Ge	1.8(22)	1.2(2)	1.5(23)	1(5)
Cd	46.8(3)	17(6)	19(8)	13(8)
In	2.3(13)	15(6)	2.1(4)	25.5(5)
Bi	72(22)	125(7)	49(25)	54(5)
Co	180(9)	80(7)	224(25)	120(7)
Se	13(22)	8(6)	47(28)	9(5)
Te	2(22)	5(6)	4(28)	22(5)

Таблица 2

Скрытая минералого-геохимическая зональность рудной залежи
Филизчайского месторождения (изменение величин Co/Ni в пирите III)

Горизонты глубинности (абс.отм.)	№№ скважин, глубина опробования, контакты рудной залежи	Co/Ni	Градиенты
1000 – 900 м	Скв. 622, кровля		
	214.0	1.9	0.60
	215.5	2.7	
	220.0	5.5	
	221.4	6.4	0.54
	225.8	2.5	
	230.0	1.7	
	Подошва		
800 – 700 м	Скв. 69 II, кровля		
	487.0	3.6	0.33
	503.5	6.4	
	508.0	10.5	
	512.3	8.7	0.38
	521.5	4.3	
	530.0	2.0	
	Подошва		

Как было указано выше, к висячему боку залежи обычно приурочены колчеданно-полиметаллические, а к лежащему – серноколчеданные и медно-пирротиновые руды. Одновременно установлено асимметричное расположение по мощности залежи содержаний основных компонентов руд и сопутствующих им элементов-примесей: в висячем боку интенсивнее других накапливаются Zn, Pb, Cd, Ag, Tl, Hg и др., а в лежащем – Cu, Co, Se, Mn и др. Наблюдается в целом постепенное понижение содержаний цинка, свинца, кадмия, серебра, сурьмы, ртути и др. от висячего к лежащему боку залежи и увеличение в том же направлении количества меди, кобальта, марганца, селена и др. Малоконтрастная асимметричная латеральная зональность концентрического типа выражена приуроченностью слоисто-полосчатых колчеданно-полиметаллических руд с линзовидными телами массивных серноколчеданных и колчеданно-полиметаллических и жилообразным телом медно-пирротиновых руд в лежащем боку к центральной части единой пластообразной залежи. Асимметричность зональности выражается также различной морфологией и строением кровли и подошвы залежи.

В целом, формирование колчеданной залежи Филизчайского месторождения сопро-

вождалось зональным распределением компонентов в соответствии с общей схемой минералогической зональности. При этом геохимическая зональность не зависит от формы нахождения примесных компонентов. От тыловых зон к фронтальным в целом увеличивается количество и содержание большинства основных и примесных компонентов. В фронтальных зонах широко развиты богатые слоисто-полосчатые колчеданно-полиметаллические руды, являющиеся полиминеральными рудами, в них концентрируются Zn, Pb, Cd, In, Tl, Ga, Ge, Sb, Au, Ag и др., а в тыловых зонах – Cu, Co, Mn, Se и др.

Проведенные исследования показывают, что минералого-геохимическая зональность на месторождении характеризуется как локальная зональность по типам руд. Закономерное пространственное изменение состава руд и концентраций элементов отражает эволюцию минералообразующего процесса, а возникающая при этом зональность, по классификации В.И.Смирнова (1957), является фациальной зональностью отложения.

Заключение

В стратиформных колчеданных месторождениях Восточного сегмента Большого Кавказа независимо от гипсометрических

уровней отдельных рудных залежей, охватывающих широкий диапазон абсолютных отметок (2300-300 м), наблюдается более или менее однотипная минералого-геохимическая зональность. Характер изменения концентраций элементов-примесей в рудах и рудосоставляющих сульфидных минералах на разных гипсометрических уровнях отражает эволюцию гидротермальных растворов на фоне изменения физико-химических условий минералообразования.

Результаты исследований минералого-геохимической зональности месторождений региона могут быть использованы для прогноза и поисков колчеданного оруденения на флангах рудных залежей и по глубине. В распределении основных и примесных компонентов в рудной залежи и околорудном пространстве месторождения Филизчай отчетливо проявляются общие закономерности (увеличение концентраций Zn, Pb, Ag, Tl, Hg и др. в верхней части залежи и надрудной толще, обогащение Cu, Co, Mn, Sn, Mo и др. элементами нижней части рудной залежи и подрудной толщи), являющиеся отражением общей геохимической зональности. Более или менее стабильные показатели концентрации золота и серебра в нижних горизонтах Филизчайского месторождения, наряду с рудосоставляющими компонентами (Cu, Zn, Pb), как геохимические критерии указывают на вероятность продолжения колчеданно-полиметаллического оруденения в более глубоких горизонтах.

ЛИТЕРАТУРА

- АГАЕВ, С.А. 1982. Особенности структурных условий локализации и зональности Филизчайского колчеданно-полиметаллического месторождения. *Труды ЦНИГРИ*, 168, 39-44.
- БЕТЕХТИН, А.Г. 1955. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. В кн.: *Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях*. Изд-во АН СССР. Москва. 122-275.
- ВЕЛИЗАДЕ, С.Ф. 1981. Минеральный состав и условия формирования руд Кацдагского колчеданно-полиметаллического месторождения (Южный склон Большого Кавказа): Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. МГУ. Москва. 25.
- ГРОСС, У. 1960. Направление движения минерализующих растворов на месторождении Блайклиппен, Гренландия. В кн.: *Проблемы эндогенных месторождений*. 1, ИЛ, Москва, 276-294.
- ЕРЕМИН, Н.И. 1977. Скрытая минералого-геохимическая зональность колчеданных рудных тел. *Геология рудных месторождений*, 6, 39-55.
- КУРБАНОВ, Н.К. 1982. Основные этапы формирования комбинированных медно-полиметаллических месторождений и их соотношение со стадиями эволюции альпийской терригенной геосинклинали Большого Кавказа. *Труды ЦНИГРИ*, 168, 3-18.
- НОВРУЗОВ, Н.А. 2007. Минералого-геохимические особенности руд колчеданных месторождений Филизчайского типа (Большой Кавказ) В кн.: *Научное наследие академика М.А.Кашия. Взгляд из XXI века*. Nafta-Press, Баку, 320-332.
- НОВРУЗОВ, Н.А. 2009. Минералого-геохимические особенности руд Филизчайского месторождения (Большой Кавказ). *Естественные и технические науки*, 5, 189-191.
- НОВРУЗОВ, Н.А., АГАЕВ, С.А. 1985. Минералого-геохимическая зональность руд и первичных геохимических ореолов Филизчайского месторождения (Восточный Кавказ). В сб.: *Литохимические методы поисков глубокозалегающих рудных месторождений*. Наука, Москва, 27-34.
- НОВРУЗОВ, Н.А., АГАЕВ, С.А. 2009. Золотоносность и сереброносность колчеданных месторождений Южного склона Большого Кавказа. *Разведка и охрана недр*, 12, 18-24.
- РЕЗНИКОВ, Н.В., КУРБАНОВ, М.М. 1978. Зональность рудных тел и генезис колчеданного месторождения Кизил-Дере. *Советская геология*, 9, 80-93.
- РЯБОВА, Т.В. 1973. Минералого-геохимические особенности руд медно-пирротинового месторождения Кизил-Дере (Горный Дагестан). Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. ИМГРЭ. Москва. 28.
- СМИРНОВ, В.И. 1957. Шесть типов первичной зональности гидротермальных рудных тел. *Известия АН СССР, сер.геологическая*, 3, 15-26.
- ХОЛОДОВ, В.Н., КИКНАДЗЕ, З.Р. 1989. Колчеданные месторождения Большого Кавказа. Наука. Москва. 189.
- NOVRUZOV, N.A. 2009. Mineralogical-geochemical peculiarities of ores in pyritaceous deposits of the South slope of the Greater Caucasus. *Nauka i Studia*, 11(23), 85-91.

Рецензент: д.г.-м.н., проф. Дж.А.Азадалиев