

**ПРОБЛЕМА ПОИСКОВ КОЛЧЕДАНЫХ РУД ПРИБРЕЖНОГО ФОРМИРОВАНИЯ В
УСЛОВИЯХ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ТРАНСГРЕССИИ ОКЕАНА В БАЙМАКСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ
ЮЖНОГО УРАЛА И НА ВОСТОЧНОМ КАВКАЗЕ**

Н.К.Паливода

Институт геологии ДНЦ РАН

1. Предпосылки постановки проблемы

Эффективность и выбор направлений поисковых работ на медноколчеданные и полиметаллические руды во многом зависят от сложившихся представлений на генезис руд. Особенно эта проблема выявляется в сравнении двух регионов, где автору довелось проводить поисково-разведочные работы и непосредственно заниматься изучением каменного материала: Ю.Урал 1949-1965 гг. - Урало-Баймакская ГРП (Баймакская ГРЭ с 1960 года); В.Кавказ: Дагестанская ГРЭ (1965-68 гг.), Институт геологии (с 1968 г.).

Работы, связанные с поиском колчеданных руд на восточном склоне Южного Урала, проводились в пределах Баймак-Бурибаевской свиты зеленокаменных пород силуро-девонского возраста. Общая протяженность рудовмещающих вулканогенно-осадочных отложений равна 100 км. В северной половине этой зоны располагаются месторождения Тубинской группы, южнее - Таналык-Баймакское, Юлалы, Бакр-Тау, Таш-Тау, Балта-Тау, Майское и др. Расстояние между отдельными рудными зонами и месторождениями от сотен метров до единиц километров в редких случаях достигает 10-20 км. Меридиональное размещение большинства месторождений объясняется тектоническим контролем. Обычно рудные тела рассматриваются как результат гидротермального замещения зон дробления или отдельных пластов пород.

Первое противоречие во взглядах на генезис руд возникло в 1951 г. в связи с открытием колчеданного месторождения Бакр-Тау. Здесь скважины 58 и 59 вскрыли туффиты с радиоляриями, переслаивающиеся с маломощными прослойками сульфидов. Мощность сульфидных прожилков составила 0,5-2,0 мм, они имели разнородный состав и концентрацию сульфидов, выдержанную мощность.

Чередование сульфидов с туффитами было объяснено нами их переслаиванием в водной среде, а не метасоматическим замещением отдельных прослоев гидротермальными растворами. Металлы, как мы предполагали, поступали в водную среду из гидротермальных растворов и тут же осаждались в сульфидной форме.

Подтверждением осадочного образования сульфидов также были находки рудной гальки в зонах выклинивания ряда других рудных проявлений. Особенно интересной была находка прослоя туфов смешанного состава (конгломератов), вскрытых скв.172 в 2,4 км севернее месторождений Абей-Саз. В образце керна была обнаружена окатанная галька пирита, халькопирита и сфалерита, что свидетельствовало о разрушении рудных тел после их формирования на поверхности дна водного бассейна. На этом основании был сделан вывод: рудообразование происходило длительное время на незначительной глубине и было закончено, в основном, до появления надрудных пород, что указывало на верхнюю границу процесса рудообразования, и в этом заключался их основной поисковый признак (Отчет БГРЭ за 1960 г., с.26). Особенно отчетливо приуроченность месторождений к определенным стратиграфическим горизонтам прослеживается при крутом залегании рудовмещающей пачки пород и линейном размещении месторождений (Таналык-Баймакское, Ольховское, Восточно-Семеновское, Юлалы).

Начиная с 1954 г., поисковые работы стали проводиться с позиций осадочного гидротермального образования сульфидов. По нашим представлениям того времени, вертикальные рудоконтролирующие зоны

мощностью до 500-600 м, рассекая полого залегающие породы под прямым углом, формировали на поверхности дна водоема пологие, согласно залегающие рудные тела [2]. С этой точки зрения был проведен анализ материалов по отработанному месторождению Абей-Саз. В результате проведенных поисковых работ с позиций литологического контроля оруденения в 1957 г. в 300 км к северу от месторождения Абей-Саз были вскрыты окисленные колчеданные руды с высоким содержанием золота, а в 1958 г. - колчеданные руды месторождения Таш-Тау.

После выявления месторождения Таш-Тау последовал ряд открытий других месторождений (Майское – 1959, Балта-Тау – 1962, Южно-Кузнечное – 1963, Семеновское – 1964, и др. рудные проявления). В основу открытий легли выводы о литологическом контроле месторождений. Одновременно положительные результаты работ вскрыли лавину необъяснимых геологических проблем. Выявилась неопределенность с рудоконтролирующими зонами. Поражала их большая мощность, отсутствие закономерности в ориентировке (от меридионального на рудном поле Таш-Тау до широтного на месторождении Майском), причем был неясен механизм их образования.

Часто зоны гидротермально измененных пород (серицитовых сланцев, вторичных кварцитов) образуют положительные формы рельефа и купола под пострудными породами (месторождение Бакр-Тау и др.). Данную особенность залегания связывают с действием восходящих гидротермальных растворов на окружающие породы. Изучение глубоких горизонтов показывает, что такая вертикальная зональность характерна только для рудоносной толщи пород и не распространяется на подстилающие породы.

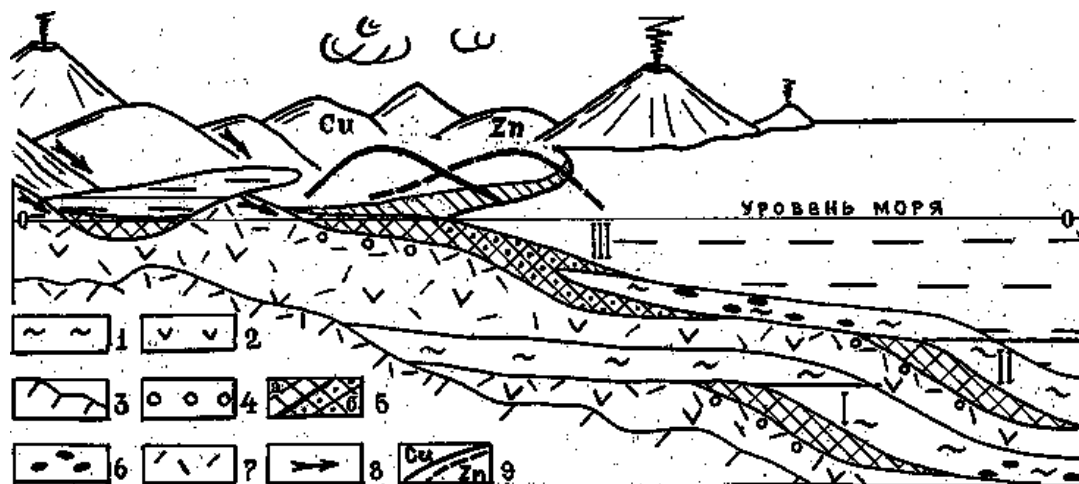
Также была не совсем понятна природа зависимости изменения состава руд от состава вмещающих и подстилающих рудные тела пород. Было установлено, что рудные тела, ассоциирующиеся с кислыми породами (В. Кузнечное, Уваряж, Бакр-Тау, Майское и др.), значительно богаче золотом, свинцом и цинком. В таких месторождениях запасы цинка в 2-3 раза превышают запасы меди. Месторождения и рудные тела, залегающие в менее кислых породах (Таш-Тау), богаче медью. Соотношение запасов меди к цинку равно 1:1 (Отчет БГРЭ за 1960, с.12).

Особые противоречия возникали при определении генезиса пород. В ряде случаев, применяя на практике наши выводы, мы вынуждены были рассматривать многие вулканические породы (порфириты, альбитофиры, кварцевые альбитофиры, серпентиниты и др.) как первично осадочные метаморфизованные породы. Так, наш перевод кварцевых альбитофиров и других кислых пород, вмещающих месторождение Абей-Саз в основные породы, вызвал негодование геологической общественности. Для доказательства правомерности такого вывода потребовалось 6-8 лет. За этот период удалось выявить постепенные переходы одних пород в другие и доказать нашу правоту. Большинство подобных проблем в дальнейшем приходилось учитывать при поисках, но не предавать их широкой огласке, так как они вызвали серьезные возражения специалистов, обостряли отношения и требовали больших неоправданных затрат времени на полемику. В итоге, это тормозило получение окончательных результатов – открытия очередного месторождения.

Самой сложной и болезненной проблемой был крах гидротермальной гипотезы рудообразования в нашем представлении. Он повлек пересмотр взглядов на образование руд и вызвал крайне негативную реакцию геологической общественности.

Со временем многие проблемы генезиса руд и вмещающих пород в той или иной мере были решены, а на их базе создана осадочно-метаморфогенно-сульфидизационная концепция формирования руд [3,4,7]. Согласно этой концепции в процессе рудообразования были выделены два этапа: осадочный прибрежно-морской (Рис.1) и метаморфогенный, с образованием сульфидов по карбонатам металлов в результате экзотермических реакций карбонатов металлов с сероводородом и его щелочными соединениями (Рис.2).

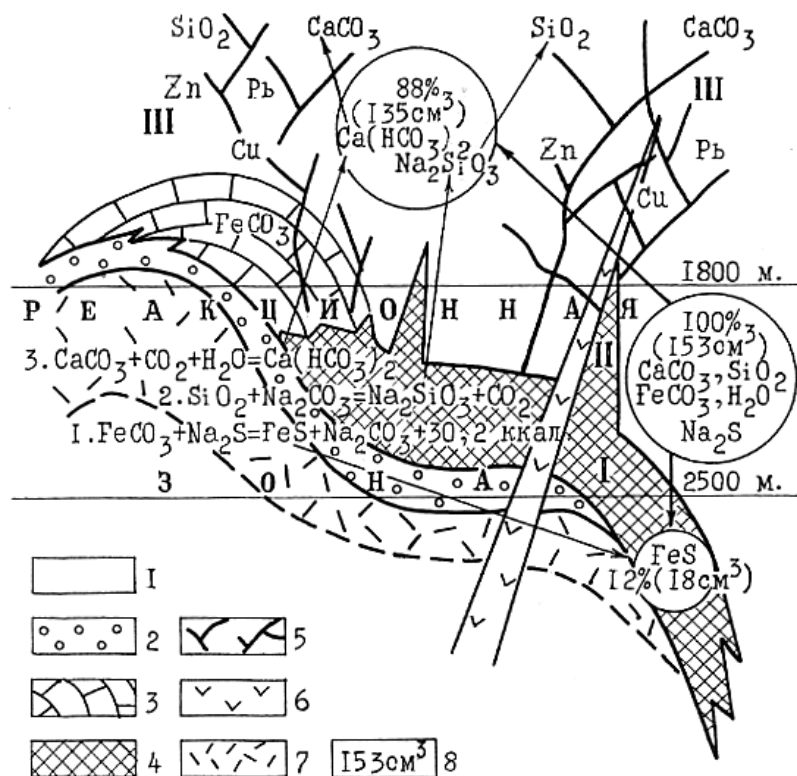
По мере получения дополнительной информации или обнаружения недостатков приходилось неоднократно уточнять данную концепцию. Так, установленный факт формирования отдельных рудных тел в условиях трансгрессии, естественно, приводит к выводу о предварительном глобальном снижении уровня океана и, возможно, отдельных изолированных бассейнов. Учитывая это, мы обратили внимание на то, что процесс рудообразования на В.Кавказе и в Баймакском рудном районе во многом подобен и даже очень близок по времени, поэтому может быть связан с наступлением ледниковых периодов.



1 – прибрежно-морские отложения; 2 – вулканогенно-осадочные породы; 3 – породы фундамента; 4 – конгломераты; 5 – хемогенно-органогенные медные (а) и полиметаллические (б) руды; 6 – сульфидные и карбонатные конкрекции – зона колебания уровня сероводородного заражения океана; 7 – зона гипергенеза и активного водообмена – современная зона «гидротермального» изменения; 8 – направление движения рудоносных растворов континентального стока; 9 - кривые распределения меди и цинка в рудном теле. Возможные источники металлов – металлоносные осадки сероводородной зоны заражения и подстилающие их породы, попавшие в зону окисления в результате регрессии океана. Состав рудных тел определяется содержанием их в породах континентального склона, последовательностью выщелачивания и дифференциацией в прибрежной зоне.

I, II, III – периоды стабилизации уровня океана и формирования отдельных рудных тел.

Рис.1. Схема осадочного образования медных и полиметаллических руд в лагунной и прибрежно-морских зонах в процессе пульсирующей трансгрессии океана.



1- вмещающие породы (аргиллиты); 2- конгломераты; 3- сидериты с сульфидами и карбонатами меди, свинца и цинка; 4- массивные сульфиды; 5- кварцево-кальцитовые сульфидные жилы; 6- дайки диабазов; 7- дорудная зона гипергенеза и активного водообмена (современная зона «гидротермального» изменения); 8- суммарный молекулярный объем веществ и их распределение по зонам. Месторождения: I – стратиформные; II – инъекционные; III – жильные – источники россыпей золота и аномалии меди, свинца и цинка в зоне выветривания.

Рис. 2. Схема метаморфогенно-сульфидизационного преобразования карбонатно-сульфидных осадков в полиметаллические и колчеданные руды.

Поиски континентальных источников рудного вещества вскрыли довольно скромную роль континентальных вулканических процессов. Позже было отмечено, что, помимо континентальных продуктов вулканической деятельности, источниками металлов были глубоководные металлоносные осадки, выведенные на дневную поверхность. При этом было обращено внимание на признаки неоднократного переотложения рудного вещества с одного стратиграфического уровня на другой; выявлено, что определенный по фауне силуро-девонский возраст рудообразования может быть занижен [11]. Стало очевидным: наиболее благоприятное сочетание времени образования руд и появление в зоне окисления глубоководных отложений были в девоне. «Вначале девонского периода в результате каледонской складчатости произошли поднятия обширных площадей земной поверхности, на которых накопились мощные красноцветные лагунно-континентальные отложения древнего красного песчаника. В среднем и позднем девоне в пределах платформ и геосинклиналий отмечаются погружения и обширные морские трансгрессии» (Геологический словарь, М.: Недра, 1973, с. 214).

Очередной неожиданностью был установленный факт массовой гибели организмов и очень быстрое и полное замещение живого вещества раковин и водорослей. Вначале это явление мы связывали с высокими концентрациями металлов, поступавших с континента. Хорошо сохранившиеся органические остатки, замещенные сульфидами, были найдены на восточном фланге Левобережной залежи, обращенной в сторону открытого океана [3]. Подобную гибель организмов могло вызвать сероводородное заражение бассейна. Очевидно, здесь имеет место периодическое отравление фауны сероводородом в штормовые периоды. Это возможно при высоком стоянии уровня сероводородного заражения. Вероятно, переход кислородной зоны в сероводородную зону в этот период находился в интервале 50-100 м от поверхности и непосредственно примыкал к наиболее биологически продуктивной части шельфа.

В Черном море этот горизонт перехода находится ниже, примерно, в интервале 100-200 м, а в его пределах можно ожидать накопление металлов из вод континентального стока. Эта зона обогащения металлами из-за большой мощности кислородной зоны не будет четко выражена, так как здесь могут сказаться береговые течения, рассеивание вещества и удаление от биологически продуктивной части шельфа. Таким образом, основным благоприятным фактором является наличие континентального источника металлов, биологически продуктивного шельфа с примыкающей к нему зоной сероводородного заражения. Кроме того, в этой зоне может происходить вымывание легкой и накопление тяжелой сульфидной фракции.

На основании вышеизложенных уточненных представлений на генезис руд мы предлагаем вариант постановки поисковых работ и оценки перспектив в Баймакском рудном районе Ю.Урала и рудном поле Кизил-Дере. Для обоснования поисковых работ предварительно нужно затронуть проблемы возраста рудообразования, морфологии, зональности рудных тел, а также провести анализ процесса открытия месторождения Таш-Тау, проследить эволюцию взглядов на его генезис.

2. Возраст рудообразования и пород, вмещающих рудные проявления Баймакского рудного района Южного Урала и Восточного Кавказа

Существующие представления о формировании руд основаны на глубинном источнике рудного вещества, поступающем к месту рудоотложения по региональным разломам или оперяющим их нарушениям. В зависимости от сложившихся представлений на генезис руд и отношения оруденения к возрасту пород, проявлений магнетизма и складчатости определяется возраст и продолжительность периода рудообразования.

Рудовмещающими породами Баймакского района являются вулканогенно-осадочные отложения Баймак-Бурибаевской свиты, относимой к верхнему силуру – нижнему девону. Большинство исследователей региона образование руд связывают с гидротермально-метасоматическими или эксгальционно-осадочными процессами. Возраст вмещающих пород, по определениям конодонтов, отвечает объему нижней части верхнего эйфеля и самые низы нижнего эйфеля нижнего девона по унифицированной схеме Урала 1977 года [17].

В пределах Восточного Кавказа рудные проявления сосредоточены в зоне ядра антиклинория, сложенного песчано-глинистыми отложениями юры.

В.И.Смирнов на основании осмотра колчеданных месторождений Филизчай, Катех и Кизил-Дере пришел к выводу, что они залегают согласно с вмещающими породами и их образование связано с эксгальционно-осадочным процессом. Вначале на дне ааленского моря отлагались пиритовые руды, которые перекрывались песчано-глинистыми отложениями, а продолжавшие поступать гидротермальные растворы к этому времени изменяли свой состав и обогащали первичные пиритовые руды медью, свинцом и цинком [18].

Сторонники гидротермальной гипотезы считают, что руды месторождения Кизил-Дере образуются на завершающем этапе предкелловейской фазы складчатости и залегают в секущей напластование пород тектонической зоне, оперяющей Главный Кавказский (Ахтычайский) разлом [16].

В действительности же представления о возрасте формирования руд месторождения Кизил-Дере оказались более сложными. Они были обусловлены многими противоречиями во взглядах на генезис руд, особенно с последующими определениями возраста рудоносных пород зоны ядра мегантиклинория Восточного Кавказа.

Предположение о палеозойском возрасте пород, вмещающих месторождение Кизил-Дере, возникло у нас на основании определений калий-аргоновым методом возраста вулканогенно-осадочных пород и околорудного метаморфизма вмещающих пород.

По данным термобарических исследований, температура образования медноколчеданных руд достигает 400-475°C, причем она намного выше температур вмещающих пород в период рудообразования. Поэтому,

учитывая эти особенности, мы решили установить калий-аргоновым методом возраст околорудного метаморфизма вмещающих пород на месторождении Кизил-Дере и параллельно сопоставить полученные данные с возрастом вулканогенно-осадочных и жильных пород, вскрытых в зоне ядра мегантиклинория Восточного Кавказа. Результаты оказались неожиданными. По ряду проб возраст метаморфизма вмещающих и магматических пород оказался более древним, доюрским. Вначале этим результатам мы не придали никакого значения, признав их ошибочными.

В этот период (1971) нами были обнаружены в рудной зоне месторождения Кизил-Дере конгломераты, оолитовые доломитизированные магнезиты, доломиты и многочисленные обломки фауны, замещенные сульфидами железа, свинца и цинка.

Отобранные нами образцы пород и карбонатной гальки с фаунистическими остатками изучались Т.В.Шевченко. Ею в одной из карбонатных галек были обнаружены стебли морских лилий, распространение которых связано с отложениями верхнего силура (верхнего лудлова) и нижнего девона [8].

Находки органических остатков в рудах стимулировали дальнейшие поиски фаунистических остатков, по которым можно было бы установить возраст осадочного рудообразования. Особое внимание уделялось поискам фаунистических остатков на рудных полях Кизил-Дере и Куруш.

В результате детального изучения карбонатных отложений на рудном поле Кизил-Дере были обнаружены хорошо сохранившиеся стебли морских лилий, распространение которых связано с верхнесилурийскими и нижнедевонскими отложениями.

В Левобережной рудной зоне месторождения Кизил-Дере также были найдены многочисленные органические остатки, замещенные сульфидами, среди которых иногда встречались реликты стеблей морских лилий, подобных палеозойским видам.

Ориентируясь на данные определения морских лилий, был сделан вывод, что рудообразование протекало в верхнесилурийское-нижнедевонское время, а это одновременно указывало на присутствие палеозойских пород в зоне ядра восточной части мегантиклинория Большого Кавказа [5].

На рудном поле Куруш, расположенном в 30 км юго-восточнее месторождения Кизил-Дере, выявлено несколько гидротермальных прожилково-вкрапленных свинцово-цинковых проявлений. Наиболее характерным представителем этого типа минерализации является рудопоявление «Скалистое». Оно, по материалам предыдущих исследователей, приурочено к субширотному взбросу с юго-западным падением под углом 60° . По нарушению песчано-алевритовые отложения нижнего аалена (ялахкамская свита, нижняя подсвита), с явным угловым несогласием, надвинуты на аргиллиты верхнего аалена (верхняя подсвита ялахкамской свиты). Амплитуда взброса определена в 1200 м. Мощность прожилково-вкрапленной минерализации с кондиционным содержанием свинца и цинка достигает 10-15 м.

При осмотре рудопоявления нами была установлена его приуроченность к горизонту переслаивания песчано-глинистых пород с известковистыми гравелитами и конгломератами. Залегание рудной зоны оказалось опрокинутым, а падение более крутым, юго-западным, под углом $75-80^\circ$ (Рис.3).

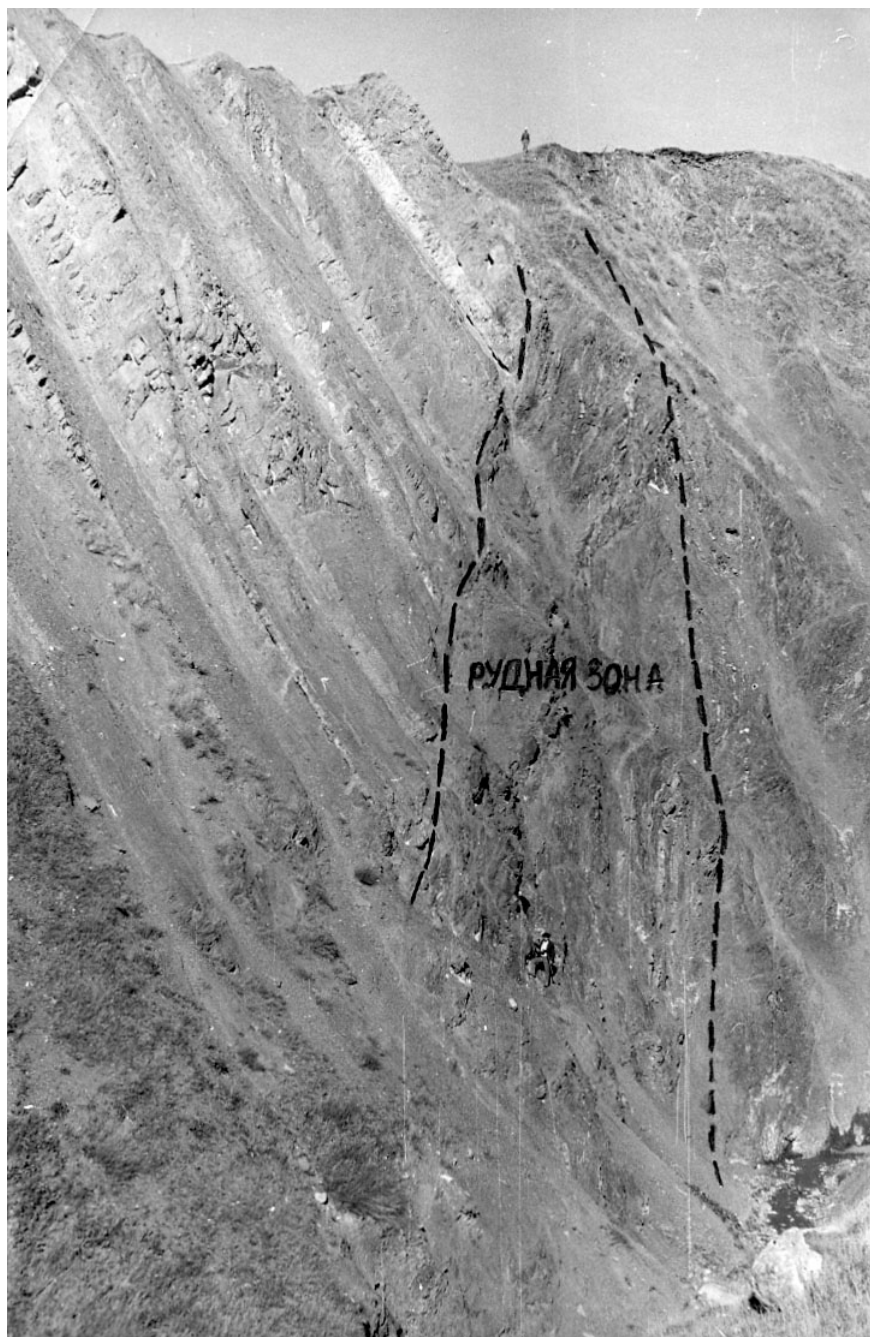
В результате детальных исследований рудопоявления был выявлен четкий литологический контроль оруденения и приуроченность сульфидной минерализации к органическим остаткам. Обычно сульфиды присутствуют в карбонатной гальке и цементирующей их массе, замещая живое вещество раковин и обрывки водорослей. Присутствующая здесь жильная минерализация носит явные черты перекристаллизации осадочного карбонатного вещества по трещинам дробления [6].

В рудной гальке и цементирующей ее массе найдены стебли морских лилий, которые соответствуют нижней части верхней юры. Весь комплекс органических остатков дает основание считать возраст вмещающих их

отложений – верхняя часть средней юры – самые низы (келловей, не выше) верхней юры (данные и все последующие определения выполнены Т.В.Шевченко).

В известняках найдены переотложенные из палеозоя стебли морских лилий среднего и верхнего (частично) палеозоя.

В гальке отдельных гравелитоподобных известняков, представленных несколькими известковистыми разносями, обнаружены среднедевонские (эйфельские) стебли морских лилий, свидетельствующие о размыве пород девона в средне-верхнеюрское время.



Рудная зона мощностью около 10 м сложена аргиллитами с прослоями известняков и конгломератов. В известняках и гальке найдена переотложенная фауна, свидетельствующая о размыве оруденелых пород девона в средне-верхнеюрское время. Падение зоны юго-западное (под углом 85°). Вид по азимуту 280°. Раньше данная зона рассматривалась в качестве «рудоконтролирующего» взброса с юго-западным падением под углом 60°, по которому песчано-алевролитовые отложения нижнего аалена надвинуты на аргиллиты верхнего аалена. Амплитуда взброса оценивалась в 1200 м.

Рис. 3 Свинцово-цинковое рудопроявление «Скалистое».

На основании этих определений возраста был сделан вывод о существовании двух этапов накопления рудного вещества: палеозойский на месторождении Кизил-Дере и средне-верхнеюрский на рудопроявлении «Скалистое» [8].

Как мы установили позже, такой вывод оказался ошибочным. Скорее всего, во втором случае мы имеем дело с одним и довольно кратковременным силуро-девонским этапом рудообразования, так как на всех исследуемых рудных проявлениях наблюдается многократное дробление рудоносных пород и последующая цементация обломков, преимущественно сульфидным и карбонатным материалом. При этом максимальная минерализация отмечается в более ранних карбонатных гальках и цементирующей их массе. Во всех случаях сульфиды приурочены к органическому веществу различного возраста. Следовательно, здесь мы имеем признаки длительного перемывания и многократного дробления разновозрастных обломков с заключенными в них фаунистическими остатками и их неоднократной цементацией песчано-глинистым, карбонатным или сульфидным материалом. Этот процесс приводил к концентрации тяжелой фракции и вымыванию песчано-глинистой в прибрежной зоне. Кроме того, рудоносные отложения палеозоя периодически, попадая в зону окисления, подвергались сернокислотному разложению, а заключенные в них металлы переходили в растворимую форму и с водами континентального стока транспортировались в прибрежную зону и вновь осаждались на органическом веществе.

Таким образом, на основании находок силуро-девоно-юрских фаунистических остатков был сделан вывод, что рудообразование протекало в силуро-девоно-юрское время, как за счет выщелачивания металлов из вулканогенно-осадочных пород континентального склона, так и в результате выщелачивания металлов из прибрежно-морских рудоносных отложений, попавших в зону окисления. Растворение металлов в зоне окисления и их последующее осаждение в прибрежной зоне могло повторяться многократно, что сопровождалось переотложением металлов с одного стратиграфического уровня на другой, поэтому определенный по фауне силуро-девонский возраст начала формирования руд также может быть занижен [11].

Начальный период рудообразования, вероятно, можно определить по ряду признаков. К ним следует отнести присутствие в рудных телах наиболее древних и интенсивно насыщенных сульфидами фаунистических остатков и больших скоплений «гидротермально» измененных пород, а также хемогенно-осадочных вмещающих пород с нарушенным соотношением содержания железа, магния, калия, натрия и других элементов. Подобные нарушения в содержаниях обусловлены характером выветривания пород континентального склона и изменениями химического состава среды осадконакопления, предшествовавших рудоотложению и последующих процессов [12].

Данному набору признаков тесной связи рудообразования с определенным возрастом (силуро-девон), проявляемых в максимальном объеме, соответствуют рудные проявления Баймакского района Южного Урала и месторождения Кизил-Дере (Ю-В.Кавказ). Что же касается рудопроявления «Скалистое», то оно, скорее всего, является также силуро-девонским, но переотложенным, так как не сопровождается достаточным набором сингенетических признаков рудообразования.

Таким образом, можно сделать вывод, что процесс рудообразования носил все же глобальный характер, имел общие закономерности и протекал в силуро-девонское время.

3. Морфология, зональность рудных тел и формы их проявления

Осадочную, прибрежно-морскую природу образования рудных тел в условиях глобальной трансгрессии океана, как нельзя лучше, подчеркивает их морфология и зональность. В большинстве случаев эти линзовидные тела имеют соотношение протяженности к поперечному сечению и мощности, близкое к 50-30:10:1. Обычно длинные оси рудных тел ориентированы горизонтально, а средние, наклонные, перпендикулярно к простиранию. Такая ориентировка длинной оси рудного тела параллельна береговой линии и связана с осаждением рудного вещества в прибрежно-морской зоне. Более сложные формы рудных тел отражают конфигурацию береговой линии, крутизну и неровности берегового склона (каньонообразные или мульдообразные впадины, береговые уступы и т.п.). В отдельных случаях мы можем наблюдать более мощные рудные тела, состоящие из отдельных линз, расположенных одна над другой или с незначительным смещением в сторону берега. Такие пачки рудных линз образуют выклинивания типа «конского хвоста», обращенного в сторону моря.

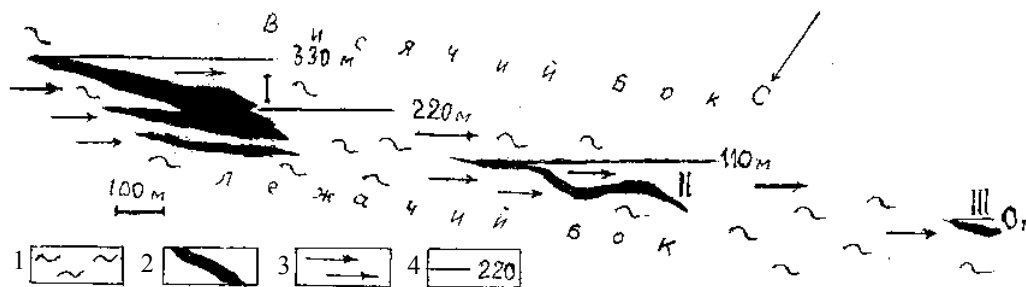
Большинство колчеданных месторождений состоят из нескольких рудных линз [3-5], имеющих общие морфологические черты и ориентировку в пространстве. В поперечном сечении к длинной оси ряда линз проявляется кулисообразно-ступенчатое залегание, которое является следствием последовательного формирования рудных линз в условиях трансгрессии. Предполагается, что положение каждой линзы соответствует периодам стабилизации или замедленного осадконакопления и высокой скорости вымывания песчано-глинистой фракции из рудоносных отложений.

Первичное положение рудных тел на месторождении можно определить по взаимоотношению осей ряда линз. Для этого необходимо длинные оси рудных линз ориентировать горизонтально, а наклоны средних привести в соответствие с наклоном береговой линии ($4-8^\circ$), в результате чего мы можем определить вертикальный диапазон рудообразования и число линз в нем. Эти данные должны быть близки для всех рудных месторождений региона.

Подобная реконструкция рудных линз на месторождении Кизил-Дере (Рис.4) показывает, что Левобережная залежь сформировалась после Правобережного рудного тела. При этом береговая линия по горизонтали сместилась к западу почти на 1000 м и по вертикали – более чем на 200 м, а расстояние между рудными телами составило 350 м. На этом разрезе Правобережная залежь имеет волнистое строение, напоминающее подводные валы и впадины, обычно формирующиеся в прибрежной зоне. Расстояние между вершинами валов около 250 м и верхнего вала от предполагаемого берега составляет 100 м. Такое соотношение расстояний могло возникнуть в процессе осадочного формирования рудных тел с углом наклона прибрежной зоны порядка 5° .

Левобережная залежь, как видно из приведенного разреза, представляет собой серию отдельных линз, расположенных одна над другой, с незначительным смещением к западу. Можно предположить, что в этом месте в период рудоотложения существовал подводный уступ с углом наклона около 30° . Подобный характер резкого увеличения мощности рудных тел вдоль берегового уступа или в каньонообразных затопленных руслах рек с элементами обрушения рудной массы можно наблюдать на колчеданных месторождениях Ю.Урала (Сибай).

Зональность в распределении металлов в рудных телах связана с выщелачиваниями металлов из пород континентального склона сернокислыми растворами в начальный период и щелочными – на заключительной стадии рудообразования.



1- аргиллиты, алевролиты; 2- рудные тела горизонта 1500 м – Левобережная медноколчеданная залежь с прослоями цинково-колчеданных руд в кровле (I), Правобережная медноколчеданная залежь (II) и Восточная рудная зона горизонта 1930 м и с доломитизированными известняками, магнезитами, туфами кислого состава и прослоями конгломератов (III); 3- направление движения рудоносных вод поверхностного и подземного стоков; 4- предполагаемые уровни периодической стабилизации морских и подземных вод в период пульсирующей трансгрессии моря.

Рис.4 Поперечный совмещенный разрез рудных тел месторождения Кизил-Дере (зеркальная проекция).

В период сернокислотного выщелачивания в прибрежной зоне формировались медноколчеданные руды с низким содержанием цинка (менее 1%). В соответствии с различной растворимостью металлов ближе к суше выпадали минералы меди, а противоположные фланги обогащались цинком.

Специфические условия сернокислотного выветривания и переотложения металлов отразились на содержании в рудах бария, свинца, золота и серебра. В этот период барий накапливался в зоне окисления. Со временем процесс сернокислотного выщелачивания приобрел щелочной характер. В медноколчеданных рудных телах, особенно на флангах, обращенных в сторону моря, появились прослои цинковых руд с повышенным содержанием бария, золота и других металлов. Подобное постепенное изменение состава руд можно объяснить тем, что в процессе выщелачивания снижается роль серной кислоты. Скорее всего, здесь мы имеем дело с сезонными колебаниями грунтовых вод.

На континентальном склоне к этому времени пирит в породах мог быть полностью окислен только лишь до уровня грунтовых вод. При снижении уровня грунтовых вод (засушливый период) пиритизированные породы оказывались в зоне окисления, а «производство» серной кислоты возобновлялось. В дальнейшем, с наступлением влажного периода и подъемом уровня грунтовых вод, выветривание приобретает щелочной характер. Из этих растворов заключительного этапа рудообразования формируются преимущественно медно-цинковые рудные тела с высоким содержанием золота, серебра и бария.

Как мы отмечали выше, мощность вертикального диапазона рудоотложения на рудном поле Кизил-Дере определена нами в 350 м только приблизительно, так как до сих пор не найдена более высоко залегающая линза медно-цинковых руд. Ее проявлением могут быть развалы полиметаллических руд на правом берегу р. Ахтычай к северу от Правобережной пирротиновой залежи. Эти руды не являются блоком Правобережной залежи, сползшим по склону. Их состав совсем иной, они относятся к другому рудному телу. Скорее всего, это новое полиметаллическое рудное тело будет найдено рядом или же на противоположном берегу реки. Возможно, что серия рудных проявлений Борч-2, расположенных в 10 км к северо-западу от месторождения, будет этим недостающим звеном данного рудоносного цикла.

4. История открытия месторождений Абей-Саз, Таш-Тау и их генезис

Золотосодержащие окисленные руды месторождения Абей-Саз были открыты в 1914 году. Месторождение разрабатывалось до глубины 20-26 м шахтами и карьерами, а рудное поле картировалось в масштабе 1:2000 А.Х.Ивановым (1930), Ф.И.Ковалевым (1939) и М.Г.Калайтан (1953).

По данным детального картирования было установлено, что рудное поле сложено преимущественно сильно окварцованными и серицитизированными альбитофирами, кварцевыми альбитофирами и их туфами. Рудное поле достаточно хорошо изучено тремя карьерами до глубины 20-26 м многочисленными дудками, шурфами и на большую глубину тремя шахтами и буровыми скважинами.

В пределах рудоносной зоны, шириной около 250 м и протяженностью более 600 м, выявлено два участка северо-северо-восточного простирания с промышленным содержанием золота.

Западный участок промышленных руд, размером менее 100 м и шириной 20-30 м, приурочен к контакту кварцевых альбитофиров в лежачем боку с фельзитовыми альбитофирами висячем.

Восточный участок, суммарной протяженностью отдельных рудных тел около 150 м и шириной 25-40 м, представлен каолинизированными и серицитизированными породами с высоким содержанием золота, перекрытыми серицитовыми глинами с включениями обломков бурых железняков, кварцево-серицитовых пород и барита. Эти конгломератовидные отложения заполняют котловину и имеют падение под углом 30-50°, направленное со всех сторон к центру впадины, образуя «просадку» над окисленными колчеданными рудами.

С целью вскрытия сульфидных руд под зону окисления с 1914 по 1955 гг. было пробурено около 20 скважин механического бурения от 100 до 300 м. Проверялись варианты крутого (60-80°) восточного, западного и даже северного падения рудных зон.

Отсутствие сульфидных руд под зоной окисления утвердило мнение о резком выклинивании рудных тел и их полном окислении, в результате чего поисковые работы на рудном поле были прекращены.

В процессе проведения поисково-разведочных работ в пределах Баймакского рудного района автору приходилось неоднократно пересматривать сложившиеся взгляды на геологическое строение отдельных рудных полей и генезис месторождений. Такая переоценка взглядов часто формировалась в течение ряда лет из отдельных наблюдений. Так, при одном коллективном просмотре планов и разрезов с данными опробования шахт и карьеров месторождения Абей-Саз (1950 г), автор обратил внимание коллектива геологов на то, что контуры рудных зон на разрезах, выделенных по данным опробования, имеют форму мульды и, скорее всего, отражают положение первичного рудного тела, а не положение и конфигурацию зоны окисления. Этот вывод был сделан на основании довольно большой мощности рудного тела (до 10 м) и ее «подвешенному» положению в зоне окисления в интервале глубин 10-30 м от поверхности, хотя зона окисления заканчивалась на глубине 50-55 м.

В 1954 г. при случайном просмотре керна, пробуренных рядом в районе карьеров скважин, автор уловил слабо выраженные различия в составе вскрытых пород и пришел к выводу о возможном горизонтальном залегании пород. Детальное петрографическое описание керна ряда скважин, проведенное опытными геологами, и увязка разрезов на этой основе утвердило мнение исследователей о крутом залегании пород и рудных зон.

Следующим моментом, существенно повлиявшим на наши представления о положении рудных тел в разрезе, были находки рудной гальки, вскрытой скважиной 172, пройденной в 2,4 км северо-северо-восточнее карьеров. Скважина под толщей кварцевых плагиопорфиров на глубине порядка 100 м вскрыла гидротермально измененные туфы смешанного состава (конгломераты) с окатанными обломками пирита, халькопирита и измененных пород с вкрапленностью халькопирита и сфалерита. Как мы считали, подобные находки галек сульфидов, разных по составу, не связаны с их метасоматическим образованием, а являются следствием

разрушения рудных тел. Следовательно, кварцевые плагиопорфиры и другие породы, не затронутые процессами рудного метаморфизма и перекрывающие иногда рудные тела, свидетельствуют о пострудном их образовании. Одновременно отсутствие явных признаков окисления обломков сульфидов рассматривалось нами в качестве доказательства кратковременности перерыва в осадконакоплении и, в то же время, сближало процесс осадочного рудообразования с их размывом. Осадочный генезис руд также подтверждался находками туффитов на месторождении Бакр-Тау (скв.58, 59) с прослоями сульфидов, разных по составу и концентрации.

По мере накопления противоречивых данных автору неоднократно приходилось осматривать отвалы старых выработок, чтобы решить тот или иной вопрос. После вскрытия скв.172 рудной гальки, в очередной раз, просматривая отвалы старых выработок, автор обнаружил в стенке восточного карьера выход кварцевых плагиопорфиров, превращенных в кору выветривания, но не затронутых процессами серицитизации. Из-за сильной каолинизации он не был замечен при неоднократном картировании рудного поля в масштабе 1:2000. Таким образом, было установлено, что окисление сульфидов произошло до появления кварцевых плагиопорфиров и других надрудных пород, так как они не подверглись сернокислотному воздействию. Одновременно было поставлено под сомнение образование гидротермально измененных пород по кварцевым альбитофирам и их туфам. Позже были установлены постепенные переходы кислых пород в миндалекаменные диабазовые порфириты и их туфы, обусловленные экзогенными процессами и их последующим метаморфизмом.

На основании этих данных автор провел уточнение геологической карты участка в масштабе 1:2000 и обосновал на 1957 г. проведение поисковых работ к северу от карьеров в зоне контакта кварцевых плагиопорфиров с диабазовыми порфиритами.

Первая скважина № 455, пройденная в 300 м к северу от карьеров, в 1957 г. вскрыла под кварцитовыми плагиопорфирами зону окисления колчеданных руд с высоким содержанием золота, а в 1958 г. - полиметаллические золотосодержащие руды (скв.470 и др.). Это положило начало открытию месторождения Таш-Тау.

Возвращаясь к анализу взаимоотношений зоны окисления месторождения Абей-Саз с пострудными породами, следует отметить, что окисленное рудное тело является юго-западным продолжением серии рудных тел месторождения Таш-Тау. Оно залегает гипсометрически выше и, вероятно, является наиболее верхним рудным телом, сформированным в условиях трансгрессии. В период его образования произошло резкое падение уровня, и оно оказалось в зоне окисления до уровня грунтовых вод. В результате окисления сульфидов, судя по размерам зоны измененных пород, могло образоваться около миллиона тон серной кислоты.

В этот период регрессии все рудные зоны региона одновременно подверглись окислению и полному разрушению до уровня грунтовых вод. Образовавшиеся при этом сернокислые растворы превратили вмещающие породы ниже зоны окисления во вторичные кварциты и серицито-кварцевые породы. Железо и другие металлы были почти полностью выщелочены из руд и вмещающих пород и, вероятно, переотложены на новый, более низкий уровень стояния береговой зоны.

В результате размыва пород суши образовался новый рельеф с положительными формами, сложенными вторичными кварцитами и серицито-кварцевыми породами. Но вскоре рельеф, сформированный вновь, был перекрыт вулканогенно-осадочными породами, а окислительные процессы были прекращены.

Погружение и накопление осадков завершилось, по-видимому, в карбоне. Косвенно это подтверждается возрастом метаморфизма кварцево-серицитовых пород, определенных калий-аргоновым методом. По ряду определений он находится в пределах 320-330 млн. лет.

Следующий подъем суши (скорее всего, понижение уровня океана, связанное с наступлением очередного ледникового периода) произошел, вероятно, в перми и сопровождался резким снижением уровня грунтовых вод на суше и размывом пород. При этом зона окисления месторождения Абей-Саз опустилась ниже предыдущего уровня

с 25-30 м до 50-55 м от современной поверхности. Примерно на этом же уровне стояния грунтовых вод располагается граница зоны окисления всех вскрытых эрозией месторождений района с доюрского времени.

При повторном доюрском процессе размыва суши формируется новый рельеф. Вскрываются старые положительные формы рельефа, сложенные вторичными кварцитами и серицито-кварцевыми породами.

Подобных выходов в Баймакском рудном районе довольно много. Из них были сложены сопка Бакр-Тау, Северная сопка Бакр-Тау, Золотая сопка (участок Семеновский) и др. В Дагестане к аналогичному образованию можно отнести Курдульскую «интрузию» осветленных серицитизированных пород. Таким образом, выходы серицитизированных пород можно рассматривать как породы лежачего бока рудных тел, окисленных в нижнем среднем девоне и полностью уничтоженных эрозией в это же время. Этот вывод подтверждается присутствием среди выходов серицито-кварцевых пород останцев рудных линз (месторождение Троицкое, Уваряж и др.) верхнего медно-цинкового уровня.

5. Прогнозная оценка запасов металлов Баймакского рудного района и рудного поля Кизил-Дере

Проведение поисковых работ с позиций руководящей роли осадочных процессов в рудообразовании довольно успешно осуществлялось в Баймакском рудном районе в 1954-1964 гг. В результате было открыто несколько месторождений колчеданных руд с высоким содержанием золота и других металлов. В последующие годы на этой территории поисково-разведочные работы проводились, исходя из руководящей роли разломов в образовании и размещении рудных месторождений [17,19].

В настоящее время, не имея надлежащего фактического материала по Баймакскому рудному району, только лишь на основании некоторых публикаций и наших разработок, мы можем утверждать, что перспективы открытия новых месторождений в Баймакском районе далеко не исчерпаны.

Не вдаваясь в детали, а исходя из мощности рудоносной толщи пород предполагаемого распределения металлов в ней и расстояний между отдельными месторождениями в пределах Восточной зоны, можно подсчитать прогнозные запасы. Итак, протяженность зоны берем 80 км, расстояние между месторождениями в ней – 5 км. Следовательно, на этом участке должно быть 16 месторождений. В действительности же их в 2 раза меньше, причем у половины из них вскрыты только верхние горизонты медно-цинковых руд. Исходя из данных соображений, можно утверждать, что потенциальные запасы на территории Баймакского рудного района, включая рудные поля Уваряж, Бакр-Тау и др., будут превосходить разведанные в 2 раза. Следует добавить, что у нас имеется основание предположить наличие более крупных месторождений в районе, которые предстоит найти, и дополнительные предпосылки открытия новых месторождений, но уже на основе других решений.

Рудоносная зона Дагестана, протяженностью 220 км и шириной от 3-5 до 20 км, приурочена к приводораздельной зоне Главного Кавказского хребта. В ее пределах открыто порядка 600 рудных проявлений сульфидной минерализации и только одно медно-пирротинное месторождение Кизил-Дере.

Район месторождения хорошо доступен и изучен в процессе проведения поисково-разведочных работ в 1965-1989 годы. В этом районе благоприятные горнотехнические условия позволяют с наименьшими затратами проводить проверку наших рекомендаций и получить существенный прирост запасов.

Основные перспективы в этом районе мы связываем с поисками продолжения рудных тел на противоположном, северо-восточном фланге антиклинальной складки. Здесь имеются выходы рудных тел на поверхность (зона окисления), обширные площади развития «гидротермального» изменения пород, многочисленные и уникальные геохимические, шлиховые и геофизические аномалии. По нашим данным, прогнозные запасы на рудном поле могут в 2-3 раза превысить разведанные.

В многочисленных рекомендациях и публикациях мы приводим обоснования проведения таких работ на базе наших выводов об осадочном генезисе руд [4, 9, 10, 13, 14, 15 и др.]. Все рекомендации отклонили. Основная причина отказа в проверке – расхождение во взглядах на генезис руд. В любом случае, подобные по интенсивности аномалии, несмотря на расхождение взглядов на генезис руд, должны быть проверены.

На других участках рудоносной зоны Дагестана имеются хорошие предпосылки открытия колчеданных месторождений, некоторые изложены в наших публикациях [10,12]. Этих материалов недостаточно для обоснованного прогноза.

Выводы

1. Прибрежно-морское рудообразование в силуро-девонский период связано с глобальным падением уровня океана (первая регрессия) и появлением в зоне окисления лагунно-морских и металлоносных отложений сероводородной зоны заражений – источников металлов и сернокислых растворов.

2. Формирование отдельных рудных тел протекало в условиях трансгрессии и завершилось в нижнем-среднем девоне резким снижением уровня океана (вторая регрессия).

3. Присутствие разпыленной вкрапленности сульфидов, повышенных содержаний силикатного и карбонатного железа в породах, попавших в зону окисления, было одним из основных условий формирования рудоносных растворов.

4. Процесс выщелачивания металлов из пород зоны окисления сопровождался изменением состава растворов – переносчиков металлов в прибрежную зону. Вначале в зоне окисления за счет разложения пирита формировались сернокислые растворы, из которых в прибрежной зоне появились медноколчеданные руды. По мере полного окисления сульфидов растворы приобретают щелочной характер. Из них формируются медно-цинковые руды с высоким содержанием бария, свинца, золота и других элементов.

5. Вдоль береговой линии рудное вещество концентрировалось, в основном, в лагунах, заливах, устьях и дельтах рек. Размеры месторождений определялись дебитом водотоков, транспортирующих рудное вещество в прибрежную зону.

6. Благоприятные условия рудоотложения возникали на участках шельфа с максимальной биологической продуктивностью и непосредственно примыкавшей к ней зоной сероводородного заражения. В пределах этого перехода могли отлагаться металлы в силикатной, карбонатной и сульфидной формах. В штормовые периоды здесь происходила массовая гибель организмов в результате сероводородного отравления, консервация органического вещества и его постепенное замещение сульфидами.

7. Соотношение запасов металлов в рудах месторождений определяется составом подстилающих и находящихся в зоне окисления и сернокислотного выщелачивания пород. Месторождения, ассоциирующиеся с кислыми породами, богаче золотом, свинцом и цинком. В таких месторождениях запасы цинка превышают запасы меди в 2-3 раза, а в менее кислых породах 1:1.

8. Пульсирующий характер трансгрессии океана и рудообразования связан с изменениями климата. С наступлением засушливых периодов или похолоданий уменьшался континентальный сток, снижался уровень грунтовых вод. В обстановке замедленного осадконакопления из фильтрующихся растворов высокой концентрации в прибрежной зоне осаждались металлы, одновременно интенсивно вымывалась легкая фракция из рудоносных осадков.

9. Вертикальный диапазон формирования рудных линз в пределах общего бассейна для всех месторождений региона (Восточно-Баймакская рудная зона и др.) был близок, но по латерали различен, и зависел от крутизны берегового склона.

10. Зональность в распределении металлов в отдельном рудном теле, чаще всего, проявляется обогащением прибрежного фланга медью, а противоположного (морского) – цинком.

11. Породы лежащего бока рудных тел до рудоотложения находились на континентальном склоне в зоне окисления, где подвергались разрушению и сернокислотному осветлению за счет выщелачивания железа и окисления органики.

12. Породы кровли отличаются от пород лежащего бока почти полным отсутствием сульфидной минерализации, низким содержанием силикатного железа и слабым «гидротермальным» изменением. Образование пород кровли может быть связано одновременно с увеличением объема континентального сноса обломочных пород во влажные периоды, а также с повышением уровня водного бассейна.

13. Поиски рудных тел начального периода рудообразования следует проводить по падению рудоносной толщи в зоне выклинивания «гидротермально» измененных пород. Здесь, в основании рудоносного разреза, наиболее низко залегающие, преимущественно хемогенно-осадочные, рудные тела должны примыкать к зонам выклинивания «гидротермально» измененных пород и залегать на породах, которые не были затронуты процессами окисления.

14. На заключительном этапе формирования руд в нижнем и среднем девоне произошло глобальное снижение уровня океана (вторая регрессия). Верхние части рудоносной толщи подверглись окислению до уровня грунтовых вод, а вмещающие и подстилающие породы сернокислотному выщелачиванию значительно ниже зоны окисления. Причем рудные тела в этой зоне могли подвергаться вторичному обогащению.

15. Примерная оценка объемов пород, подвергшихся сернокислотному выщелачиванию на заключительном этапе формирования золотосодержащих колчеданных руд (вторая регрессия), показывает, что в этом процессе могло быть извлечено из пород и руд количество металлов, в десятки раз превышающие выявленные запасы Баймакского района. Рудные тела этого типа следует искать по падению уже выявленных рудных тел, учитывая рельеф подводного склона в интервале глубин 350-500 м от верхней кромки рудоносной зоны. Руды этого типа будут обеднены барием, золотом и другими металлами.

16. При прогнозной оценке перспектив региональных рудоносных зон следует учитывать, что месторождения обычно состоят из нескольких колчеданных линз [3-5]. Они имеют общий континентальный источник, формируясь синхронно с последовательной сменой состава от медноколчеданных (в лежащем боку) до полиметаллических линз (в висячем боку) рудоносной толщи. Вертикальный диапазон размещения рудных линз в рудоносной толще и расстояния между ними будут близки для всех месторождений. Эта закономерность дает возможность по одной вскрытой линзе провести подсчет потенциальных запасов всего месторождения и определить направление поисковых работ на рудном поле, а по ряду месторождений – оценить перспективы рудного района.

Литература

1. Жабин А.Г., Рябова Т.В. Гетерогенное медноколчеданное месторождение Кизил-Дере в Дагестане. – Геол.рудн.месторожд., 1971, №6, с.25-43.
2. Паливода Н.К. К методике поисков сульфидных месторождений в Баймакском районе. Материалы по геологии и полезным ископаемым Южного Урала. – М.: вып.3, 1962,с.91-94.
3. Паливода Н.К., Паливода А.А. Новое о генезисе стратиформного медноколчеданного месторождения Кизил-Дере в Дагестане в связи с находками органических остатков в рудах. Докл. АН СССР,1975,т.225, №2, с.426,427.
4. Паливода Н.К., Паливода А.А. Новые данные о возрасте вмещающих пород и условиях формирования медноколчеданного месторождения Кизил-Дере в Дагестане. – Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, 1975, вып.9, кн.2, с.43-50.
5. Паливода Н.К., Паливода А.А., Шахпазов И.М. Новые данные о палеозойском возрасте рудовмещающих пород в зоне ядра мегантиклинория Большого Кавказа (Дагестанская АССР). Докл. АН СССР, т.233, №2, 1977, с. 437-439.
6. Паливода Н.К., Паливода А.А. Новое о генезисе полиметаллической минерализации Куруш-Мазинского рудного поля в Дагестане. Докл. АН СССР, т.237, №6, 1977, с.1452-1455.
7. Паливода Н.К., Паливода А.А. Органогенно-хемогенное рудообразование и роль метаморфизма в формировании медно-пирротинового месторождения Кизил-Дере в Дагестане. – Литол. и полезн. ископ. 1978, №2, с.95-111.
8. Паливода Н.К., Паливода А.А. О проявлении осадочно-диагенетического образования свинцово-цинкового оруденения и перспективах золотоносности в Южном Дагестане. - Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып.14, 1978.
9. Паливода Н.К., Паливода А.А. О направлении поисковых работ с позиций осадочного генезиса медноколчеданных руд на юго-западном Хновском рудопроявлении. -Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып.3 (22), 1979, с.152-155.
10. Паливода Н.К., Паливода А.А., Гасанова М.С. Структурный контроль оруденения и некоторые новые черты осадочного генезиса колчеданно-полиметаллических рудных проявлений Хнов-Борчинского рудного поля в Дагестане. - Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып.3 (22), 1979, с.152-155.
11. Паливода Н.К., Паливода А.А. О продолжительности накопления рудного вещества в прибрежно-морской зоне и его возможных континентальных источниках при формировании медноколчеданных и полиметаллических месторождений Дагестана. - Тр. ИГ ФАН СССР, вып. 4 (24), 1980, с.72-79.
12. Паливода Н.К., Паливода А.А., Гасанова М.С. Природа и поисковое значение околорудных изменений сопровождающих медноколчеданные и полиметаллические руды Дагестана с позиций осадочно-метаморфогенного сульфидизационного генезиса руд. - Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып.25, 1982, с.74-103.
13. Паливода Н.К. Рудный «Шток» месторождения Кизил-Дере в Дагестане – метаморфизованные травертины с опаловидным и натечным кварцем. - Тр. ИГ Даг. ФАН СССР, вып.32, 1985, с.25-33.
14. Паливода Н.К. К вопросу поисков и оценки запасов колчеданных руд на северном фланге рудного поля Кизил-Дере. - Тр. ИГ ДНЦ РАН, вып.47, 2001, с.138- 139.
15. Паливода Н.К. Перспективы и направления поисков колчеданных руд на Северо-Восточном участке рудного поля Кизил-Дере в Дагестане. - Тр. ИГ ДНЦ РАН, вып.50, 2006, с.64-73.
16. Полищук И.Б., Слюняев А.А. Колчеданное месторождение Кизил-Дере в Южном Дагестане. Изд. высш. учебн. завед., геол. и разв., 1970, №6, с.86-92.
17. Прокин В.А., Серавкин И.Б., Буслаев Ф.П. и др. Медноколчеданные месторождения Урала: Условия формирования. Екатеринбург: УрО РАН, 1992, с.308.
18. Смирнов В.И. Соотношение осадочного и гидротермального процессов при формировании колчеданных руд в юрских флишоидах Большого Кавказа. Докл. АН СССР, 1967, т.177, с.179-181.
19. Сопко П.Ф., Исмагилов М.И., Серавкин И.Б., Сопко Л.Н. Колчеданные месторождения Баймакского рудного района. М.: «Наука», ИГ Баш. ФАН СССР, 1978, с.224.