

**№ 44 Осадочно-метаморфогенно-сульфидизационная концепция рудообразования**  
**Паливода Н.К. 2014-01-01**

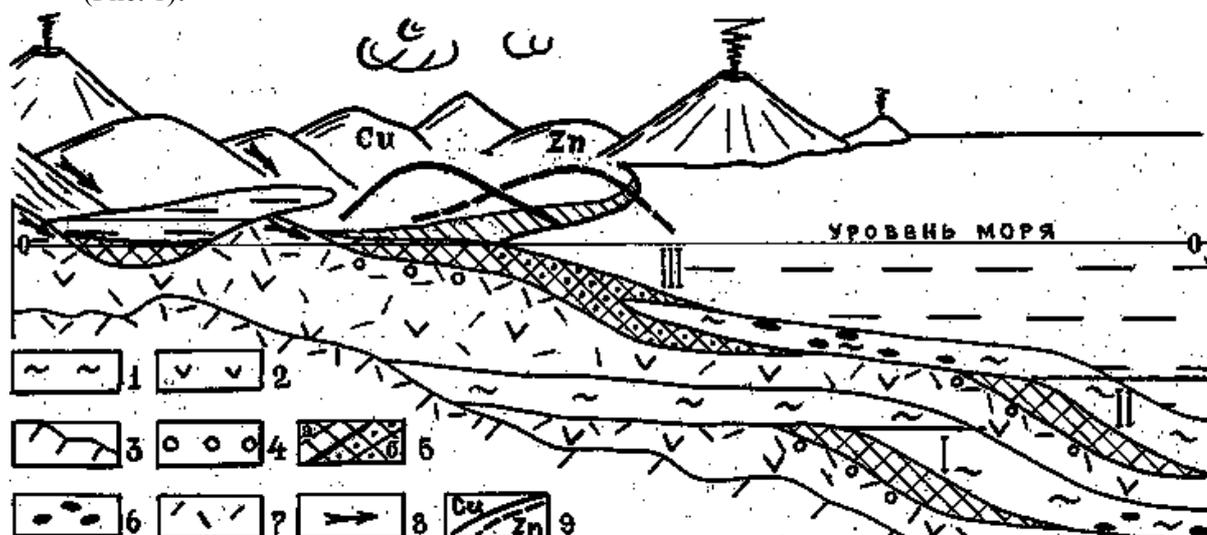
**I. Основные положения (6, 8, 11)**

Медноколчеданные и полиметаллические рудные проявления обычно относят к гидротермально-метасоматическим образованиям или же их происхождение связывают с гидротермально-осадочной деятельностью и последующим наложением «облагораживающей» гидротермально-метасоматической минерализации.

На основании открытых нами доказательств осадочного накопления металлов, мы даём своё объяснение многим геологическим явлениям и приводим ряд новых поисковых признаков на медноколчеданные и полиметаллические руды (Паливода Н., Паливода А., 1975, 1977, 1978, 1980, 2007г.г.):

1. Начало процесса рудообразования связано с частичным или полным испарением водных бассейнов. В результате породы с повышенным содержанием сульфидов оказываются в зоне окисления и подвергаются сернокислотному выветриванию.
2. Металлоносные растворы смываются водами поверхностного стока в прибрежную зону и депрессии, где осаждаются в сульфидной, карбонатной и силикатной формах. Рудоотложение продолжается в процессе пульсирующей трансгрессии океана с признаками перехода сернокислотных процессов в щелочные на заключительном этапе формирования руд.

3. Связь образования руд и вмещающих пород с прибрежно-морскими фациями подтверждается находками в рудных зонах конгломератов, доломитов, сидеритов и песчано-глинистых отложений с высоким содержанием силикатного железа, магния, калия и других элементов (Рис. 1):



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.

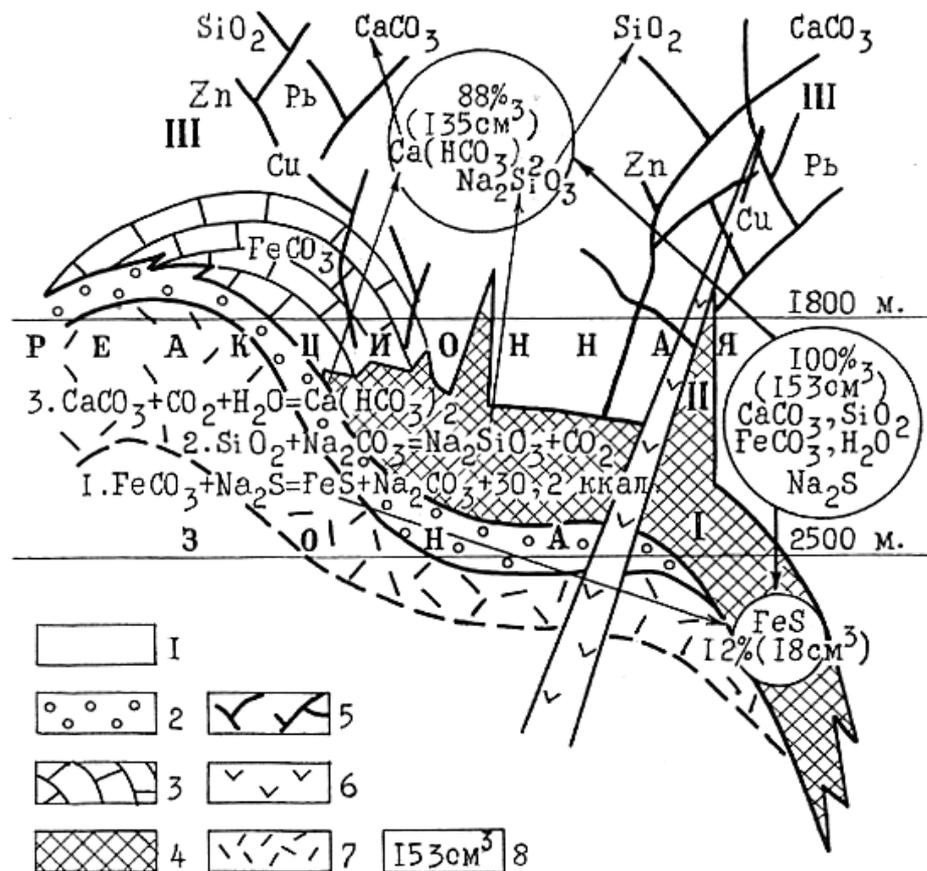
Возможные источники металлов – металлоносные осадочные, вулканогенно-осадочные породы и руды, находящиеся в зоне окисления и выщелачивания. Состав рудных тел определяется содержанием металлов в породах континентального склона, последовательностью выщелачивания сернокислыми, затем – щелочными растворами, а зональность в них – дифференциацией в прибрежной зоне. Рудное вещество обычно осаждается в сульфидной, карбонатной и силикатной формах на породах, являющихся источниками металлов в зоне окисления.

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

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

- Прибрежные условия накопления рудного вещества также подтверждаются находками мелководных фаунистических остатков, грибов и водорослей полностью или частично замещённых сульфидами железа, меди, свинца и цинка.
- Выявленные особенности синхронного накопления рудного вещества с осадконакоплением полностью исключают гидротермальный генезис руд и дали основание предполагать его поступление в прибрежную зону с водами континентального стока.
- Источниками металлов были осадочные, вулканогенно-осадочные породы и рудоносные зоны с аномальным содержанием сульфидов, подвергающиеся в зоне окисления сернокислотному воздействию.
- В результате сернокислотного выщелачивания и последующего метаморфизма породы, подстилающие рудные тела, были превращены в серицито-кварцевые сланцы, вторичные кварциты и другие изменённые породы.
- В процессе окисления сульфидов из пород континентального склона образовывались сернокислотные растворы, переводящие сульфидные, карбонатные и силикатные соединения в растворимую сульфатную форму.

9. В прибрежной зоне из сульфатных вод континентального стока, в соответствии с различной подвижностью металлов, на фланге рудного тела, обращённого к суше, отлагались руды, обогащённые медью, а в сторону открытого бассейна – цинком.
10. В прибрежно-морских и лагунных условиях шло органногенно-хемогенное отложение рудного вещества.
11. В лагунных условиях осаждались преимущественно хемогенные карбонаты железа и меди, а в прибрежной зоне – сульфиды по органическим остаткам.
12. Образование сульфидов по карбонатам продолжалось в условиях геосинклинального режима в присутствии углеводородов в результате восстановления сульфатного иона до сульфидного в ходе биогенной (70-80<sup>0</sup>С) и абиогенной сульфатредукции при более высоких температурах.
13. Основное образование сульфидов по карбонатам металлов стало возможным на глубине 1,8 – 2,5км в зоне развития глубинной пористости и выщелачивания карбонатов (Рис. 2). Здесь происходит разложение сульфатов с образованием сульфидов щелочных металлов и экзотермические реакции образования пирротина по карбонату железа. Щелочные продукты этой реакции растворяли кварц и частично сульфиды амфотерных металлов.
14. Подвижные продукты реакции, поднимаясь по ослабленным зонам, формировали над осадочными рудными телами ореолы кварцево-карбонатной жильной минерализации.



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.

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

## II. Роль разломов и даек в рудообразовании (5, 25, 26)

1. Осадочно-метаморфогенно-сульфидизационная концепция формирования руд позволяет удовлетворительно объяснить многие процессы, протекающие в рудоносных зонах, не прибегая к традиционным глубинным гидротермальным растворам и региональным рудопроводящим разломам.
2. Главный Кавказский (Ахтычайский) и другие региональные разломы не являются рудоконтролирующими.
3. Рудные проявления Дагестана приурочены к зоне интенсивного смятия шириной 5-20км, образованной в результате вертикальных блоковых перемещений палеозойского фундамента.

4. Размещение отдельных рудопроявлений и рудных полей жильной минерализации в пределах рудоносной зоны Дагестана зависит от частных геологических и структурно-тектонических особенностей, существовавших в период их формирования, а не от близости к «рудоконтролирующим» безрудным разломам.
5. Отсутствие примеров наложения рудных полей с различным составом минерализации друг на друга и их разобщённость обусловлены локальным характером образования рудогенерирующих очагов в зоне смятия и ограниченным во времени периодом их одноразового действия.
6. Отдельные рудные жилы в пределах рудного поля являются каналами, непосредственно соединёнными с рудогенерирующим очагом.
7. Метаморфогенно-сульфидизационные процессы связаны с экзотермическими реакциями образования сульфидов по карбонатам металлов (1,8 – 2,5 км). Они сопровождались образованием подвижных продуктов реакции, из которых формировались в надрудных породах сульфидно-кварцево-карбонатные жилы. В рудных зонах оставались преимущественно малоподвижные продукты реакции – сульфиды. В результате реакций первоначальный объём осадочных пород мог уменьшаться в 5-10 и более раз.
8. Подвижные продукты сульфидизации карбонатов, поднимаясь по ослабленным зонам, формировали над стратиморфными рудными телами поля кварцево-кальцитовых рудных жил, близких по составу первичным рудам.
9. Прорыв флюида из зоны генерации во вмещающие породы происходит по закону «взрыва» и может сопровождаться разрывом кровли благодаря увеличению скорости истечения флюида и вследствие увеличения его объёма при снижении давления.
10. Движение флюида к поверхности прекращается в зоне перехода литологического давления в гидростатическое. В этой зоне происходит вскипание флюида и выпадение кварцево-карбонатной составляющей.
11. Рудные жилы и дайки магматических пород, благодаря высокой скорости внедрения флюида, их образовавшего, локализируются в безамплитудных нарушениях, имеют выдержанную мощность, прямолинейность и признаки одноразового выполнения.
12. Ореолы трещиноватости, брекчирования и интенсивного смятия, сопровождающие стратиморфные рудные тела, возникали в период складкообразования, экзотермических реакций сульфидизации карбонатов, пластического течения сульфидов и обрушения кровли в результате выноса подвижных продуктов реакций за пределы реакционной зоны. Нет оснований рассматривать подобные зоны дробления как рудопроводящие или рудоконтролирующие каналы.
13. Формирование рудоносных жил различных рудных полей может происходить одновременно, в одни и те же периоды тектонической активности благодаря стимулирующему воздействию тектонических процессов на деятельность разрозненных «рудогенерирующих» очагов.
14. Внедрение магматических пород в рудоносные отложения способствовало ускорению процесса сульфидизации карбонатов железа и сопровождалось последующим наложением сульфидной минерализации на жильные породы, что создавало видимость их генетической связи.
15. Жильная минерализация, прослеживаемая на современной поверхности, может отражать положение стратиморфных рудных тел, залегающих на глубине, а размещение отдельных рудных жил контролироваться безамплитудными нарушениями, ослабленными зонами и дайками.

16. Данные определений химического, минералогического состава, температур образования жильных минералов и результаты обмера объёмов жильной массы можно использовать для поиска и оценки потенциальных перспектив стратиморфных рудных проявлений, залегающих на глубине.

### **III. Природа и поисковое значение жильной минерализации (18)**

1. Источниками жильной минерализации в периоды тектонической и магматической активности могли быть осадочные сульфидно-кварцево-карбонатные руды, находящиеся в зоне интенсивного выщелачивания карбонатов и экзотермических реакций (глубина 1000 – 2500м).
2. Процессы выщелачивания карбонатов кальция и магния и кварца приводят к уменьшению объёма осадочных рудных тел в 5-10 раз, вследствие чего примерно на столько же повышается концентрация сульфидов.
3. Известковые гравелиты, карбонатные и песчано-карбонатные породы с сотыми и десятными долями процентов меди, свинца и цинка в зоне интенсивного выщелачивания и экзотермических реакций (глубина 1000 – 2500м) могли преобразовываться в рудные тела в результате выщелачивания карбонатов, кварца и других минералов. Выявление подобных рудных тел возможно на глубине по падению пластов оруденелых пород на Куруш-Мазинском, Хнов-Борчинском, Хал-Тукеркильском рудных полях, рудопроявлении в районе сел. Цумилух и других участках.
4. Жильная минерализация, прослеживаемая на поверхности, является продуктом экзотермических реакций, протекавших в осадочных рудных телах на глубине 1,8-2,5 км и отражает положение стратиморфных рудных тел, залегающих на глубине, и контролируется вертикальными нарушениями, ослабленными зонами и дайками магматических пород.
5. Данные определений минералогического состава и температур образования жильных минералов и обмера объёмов жильной массы можно использовать для установления положения стратиморфных рудных тел, определения их размеров, состава и глубины залегания.
6. Для карбонатных жил с повышенным содержанием сульфидов характерны более высокие содержания карбонатного железа (более 3% в пересчёте на окисное), магния (более 1%), что, по-видимому, указывает на близость источников их генерации.
7. Карбонатные жилы с содержанием окиси магния выше 3% и окиси железа более 7% в рудоносной зоне Дагестана не обнаружены. Более высокие содержания характерны для хемогенно-осадочных и доломитизированных органогенных карбонатов иногда со следами интенсивного метаморфогенного преобразования и перекристаллизации с незначительным перемещением вещества по трещинам дробления.
8. Присутствие корродированных обломков жильного и друзового кварца в пирротине свидетельствует об образовании пирротина по сидериту с раскристаллизованным в нём кварцем, что является важным фактором в установлении генезиса руд.

### **IV. Околорудные изменения пород (20)**

1. Осадочные рудные тела приурочены к зонам перерыва в осадконакоплении, что подтверждается присутствием конгломератов, доломитов и вулканогенно-осадочных пород в основании рудоносных отложений.
2. Рудные тела и сопровождающие их органогенно-хемогенные карбонаты формировались в прибрежно-морской зоне из вод континентального стока. Источниками карбонато- и рудо-

образования были породы континентального склона, присутствующие иногда в основании рудных тел.

3. Изменения в химическом составе рудовмещающих пород не связаны с гидротермальной деятельностью, а обусловлены экзогенными процессами и прибрежно-морскими условиями формирования руд и вмещающих пород.
4. Околорудные изменения в песчано-глинистых и вулканогенно-осадочных породах проявляются в нарушении соотношения оксидов калия и натрия, увеличении содержания силикатного и карбонатного железа и магния. Одновременно содержания этих элементов могут характеризовать прибрежно-морские условия осадконакопления, интенсивность экзогенных процессов и зрелость глинистого вещества, по которым были образованы изменённые породы.
5. По фаунистическим остаткам накопление рудного вещества в прибрежно-морской зоне из вод континентального стока прослеживается с силуро-девона до завершения в нижне-верхнеюрское время.
6. Процесс образования кор выветривания, судя по низкой зрелости конгломератов, не был достаточно интенсивным. Полное отсутствие сульфидной минерализации в околорудноизменённых вулканогенно-осадочных породах свидетельствует об изменении пород в результате окисления расплывлённой вкраплённости сульфидов и воздействия сернокислым раствором. Эти растворы выщелачивали металлы, разрушали карбонаты и алюмосиликаты.
7. Присутствие расплывлённой вкраплённости сульфидов в породах континентального склона (вулканогенно-осадочные породы с сингенетичной и диагенетичной вкраплённостью сульфидов) было одним из основных условий, способствовавших выщелачиванию металлов.
8. Специфические условия сернокислотного выветривания и переноса металлов отразились на содержании и соотношении металлов в рудах, особенно бария, свинца, цинка и меди.
9. Соотношение запасов металлов в рудных телах зависит от их содержаний в породах континентального склона, из которых они выщелачивались и концентрировались на геохимическом барьере.
10. Низкие содержания золота в сульфидных рудах обусловлены характером выветривания и недостаточными объёмами пород, из которых оно извлекалось водами континентального стока.
11. Околорудные изменения, сопровождаемые нарушением содержания калия, натрия, магния и железа подразделяются на два типа: сопровождаемые осветлением пород и без заметных макроскопических признаков изменений. Цвет осадочных околорудных изменённых пород зависит от содержания графитизированного органического вещества.
12. Образование светлых изменённых пород связано с окислением органики в зоне гипергенеза, зависит от состава и скорости отложения осадков (выпадение вулканического пепла, интенсивное разрушение и переотложение глинистого материала кор выветривания). Образование тёмных пород является следствием их обогащения органическим веществом в процессе неоднократного переотложения и замедленного осадконакопления глинистого материала с ранее нарушенным соотношением оксидов.
13. Глинистые породы кровли, формирующиеся в более глубоководных условиях, отличаются от пород лежащего бока повышенным содержанием рассеянного органического вещества, присутствием фауны, незначительным содержанием силикатного железа (не более 6,5% в пересчёте на окисное) и стабильным отношением калия к натрию (менее 2).

14. При вертикальном залегании стратиморфных рудных тел различие в химическом составе пород лежащего и висячего боков и отсутствие симметричной зональности в рудах свидетельствуют об осадочном генезисе руд.
15. Алюмосиликаты магния и железа, иногда ассоциирующие с карбонатами, отлагались в результате хемогенного глинообразования. Магний поступал в лагуну преимущественно с морскими водами, а железо – с водами континентального стока.
16. Благодаря высоким содержаниям калия, натрия и карбонатов, вмещающие породы подвергались более интенсивному метаморфизму, чем вмещающие осадочные породы нормального состава. Интенсивность изменения вмещающих пород во времени могла существенно ускорить и усилить экзотермические процессы образования руд, а присутствие органического вещества – замедлить эти преобразования.
17. В ходе экзотермических реакций образования сульфидов по осадочным карбонатам металлов образуются ореолы выщелачивания калия, натрия и привноса рудных компонентов во вмещающие породы, мощность которых достигает нескольких метров. Роль формирующих жильное оруднение высокотемпературных растворов в перераспределении оксидов во вмещающих аргиллитах крайне незначительна (первые десятки сантиметров).
18. Продукты вулканической деятельности и глинистые породы с аномальным содержанием калия, натрия, магния и железа, залегающие среди осадочных пород с нормальным содержанием этих элементов могут быть использованы как поисковые признаки при проведении поисково-разведочных работ и в качестве реперов для выявления горизонтов пород, перспективных на открытие стратиморфных рудных зон.
19. Перспективы рудоносной зоны Дагестана на открытие медноколчеданных и полиметаллических руд в песчано-глинистых и вулканогенно-осадочных отложениях можно оценивать по отношению калия к натрию: высокоперспективные – более 20, средней перспективности – менее 10. При этом расстояния до рудных тел в первом и втором случаях могут составлять десятки метров.

## **V. Региональная оценка отдельных месторождений и рудных полей (35)**

1. При прогнозной оценке перспектив региональных рудоносных зон следует учитывать, что месторождения обычно состоят из нескольких колчеданных линз. 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 близки для всех месторождений. Эта закономерность даёт возможность по одной вскрытой линзе провести подсчёт потенциальных запасов всего месторождения и определить направление поисковых работ на рудном поле, а по ряду месторождений – оценить перспективы рудного района.
2. В зоне окисления за счёт разложения пирита формировались сернокислотные растворы, из которых в прибрежной зоне появились медноколчеданные руды. По мере полного окисления сульфидов растворы приобретают щелочной характер. Из них на заключительном этапе рудообразования формируются медно-цинковые руды с высоким содержанием бария, свинца, золота и других элементов и продуктами разрушения сульфатов – щелочными сульфидами.

3. Вдоль береговой линии рудное вещество концентрировалось преимущественно в лагунах, заливах, устьях и дельтах рек. Размеры месторождений определялись площадью водосбора, дебитом водотоков, транспортирующих рудное вещество в прибрежную зону.
4. Благоприятные условия рудоотложения возникли 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.
5. Пульсирующий характер трансгрессии океана и рудообразования был связан с изменением климата. С наступлением засушливых периодов или похолоданий уменьшался континентальный сток, снижался уровень грунтовых вод. В обстановке замедленного осадконакопления из фильтрующих растворов высокой концентрации в прибрежной зоне осаждались металлы и одновременно интенсивно вымывалась лёгкая фракция из рудоносных осадков.
6. Вертикальный диапазон формирования рудных линз в пределах общего бассейна для всех месторождений региона (Восточно-Баймакская рудная зона и др.) близок, но по латерали различен и зависит от крутизны берегового склона.
7. Зональность в распределении металлов в отдельном рудном теле чаще всего проявляется обогащением прибрежного фланга медью, а противоположного (морского) - цинком.
8. Породы лежачего бока рудных тел до рудоотложения находились на континентальном склоне в зоне окисления, где подвергались разрушению и сернокислотному осветлению за счёт выщелачивания железа и окисления органики.
9. Породы кровли отличаются от пород лежачего бока почти полным отсутствием сульфидной минерализации, низким содержанием силикатного железа и слабым «гитротермальным» изменением. Образование пород кровли может быть связано одновременно с увеличением объёма континентального сноса обломочных пород во влажные периоды, а так же с повышением уровня водного бассейна.
10. Поиски рудных тел начального рудообразования следует проводить по падению рудной толщи в зоне выклинивания «гидротермально» изменённых пород. Здесь, в основании рудоносного разреза, наиболее низко залегающие, преимущественно хемогенно-осадочные рудные тела должны примыкать к зонам выклинивания «гидротермально» изменённых пород и залегать на породах, которые не были затронуты процессами окисления.
11. На заключительном этапе формирования руд имело место глобальное снижение уровня океана. Верхние части рудоносной толщи подверглись окислению до уровня грунтовых вод, а вмещающие и подстилающие породы – сернокислотному выщелачиванию значительно ниже зоны окисления. Причём рудные тела в этой зоне могут подвергаться вторичному обогащению.
12. Примерная оценка объёмов пород, подвергшихся сернокислотному выщелачиванию на заключительном этапе формирования золотосодержащих колчеданных руд, показывает, что в этом процессе могло быть извлечено из пород и руд количество металлов, в десятки раз превышающее выявленные ранее запасы. Рудные тела этого типа следует искать по падению уже выявленных рудных тел. Руды этого типа будут обеднены барием, золотом и другими металлами.