

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Блиновой Елены Викторовны** “Гидротермальные преобразования осадочного чехла в рифтовой впадине Гуаймас, Калифорнийский залив”, представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.06 – “литология”.

Работа посвящена изучению уникального объекта, расположенного на дне Калифорнийского залива во впадине Гуаймас глубиной около 2 км и изученного с помощью скважин глубоководного бурения. Работа состоит из 5 разделов (включающих 10 глав), введения, заключения, списка литературы из 86 наименований, и приложения в виде таблиц. В общей сложности текст диссертации включает 193 стр. без учета приложения, 66 иллюстраций и 23 таблицы.

Первый раздел посвящен краткому описанию геолого-морфологических особенностей района исследований. В этом разделе дана общая схема геологического разреза вдоль главной осевой трещины глубоководного трога из работы Ю.А. Богданова [2006] и описано строение гидротермальной циркуляционной системы.

Во втором разделе диссертации дается общая характеристика теплового потока в пределах трога по литературным данным, а также описан фактический материал по скважинам глубоководного бурения.

В третьем разделе обсуждаются результаты исследований, касающиеся минерального и химического состава колонок осадков, проводится сравнение химического состава осадков подвергшихся воздействию гидротермальных растворов с составом осадков за пределами гидротермального влияния. К наиболее полезным достижениям автора, на мой взгляд, следует отнести систематизацию результатов определения широкого спектра химических элементов (59 элементов), в результате которой все элементы были разделены на три группы по степени влияния гидротермальной системы. Также важным представляется вывод о том, что среди РЗЭ самое большое отклонение в направлении уменьшения от среднего содержания в исходных осадках установлено для Eu (стр. 62 и 68). Это показывает, пускай небольшой, но вынос Eu восходящими гидротермальными растворами из осадков вследствие его восстановления (Eu^{3+} переходит в Eu^{2+}). Ранее подобное поведение Eu отмечалось для металлоносных и рудоносных осадков гидротермальных полей Срединно-Атлантического хребта (поля “Краснов” и рудный узел “Семенов”) [Русаков, 2014].

Отдельно обсуждается состав самородных элементов и их сплавов. Приведены данные по вариациям химического состава сульфидов и эпитомов (табл. 3.3 и 3.4, соответственно). Дан минеральный состав тяжелой подфракции.

Наиболее полно и детально изучены глинистые минералы (глава 3-3), что является неоспоримой заслугой и большим вкладом автора диссертации в фундаментальные научные исследования. Выводы, сделанные по результатам этих исследований, позволили не только выделить зоны термодинамического воздействия высокотемпературных гидротермальных флюидов на донные осадки, но и оценить температурные диапазоны их воздействия.

Также интересным представляется распределение содержания химических элементов в отдельных гранулометрических фракциях донных осадков. Результаты исследований показали, что влияние гидротермальных растворов в большей степени проявляется в формировании сульфидных минералов песчаной фракции в узком диапазоне 0.5-1 мм. Эта фракция также характеризуется высокими содержаниями As, Se, Ni, Cr, Co, Mo, Cd, Bi, Pb.

Раздел 4 посвящен влиянию силлов на осадки. Эти данные представляют не меньший интерес, чем влияние гидротермальных растворов, так как являются характеристикой сравнительно кратковременного воздействия теплового потока на

водонасыщенные осадки и дают представление о самых ранних этапах развития гидротермальной активности.

Раздел 5 посвящен сравнению химического состава осадков с составом гидротермальных растворов. Выбор состава флюидов источников, расположенных на 21° с.ш. Восточно-Тихоокеанского поднятия, в качестве аналогов растворам, поступающим в осадки впадины Гуаймас из вулканического фундамента, считаю обоснованным, даже не смотря на то, что в работе доказано их различие. Это сравнение позволило выявить наиболее характерные и принципиальные различия между гидротермальными циркуляционными системами хребтов открытого океана и хребтов, перекрытых осадками.

Выводы, сделанные автором диссертации, считаю обоснованными и объективно отражающими приведенные в работе фактические данные. Они хорошо согласуются с результатами исследований других авторов.

Актуальность избранной темы. Представленная к защите диссертационная работа посвящена изучению влияния гидротермальных растворов на осадочный покров первого океанического слоя, которое сопровождается формированием сульфидных руд. Благодаря особенностям своего геологического положения и состава подобные месторождения были выделены в особый тип и получили название SEDEX (Sediment-hosted exhalative polymetallic massive sulphides). Также их часто именуют под более широкой группой семейства месторождений – Sedimentary hydrothermal ore systems. Все перечисленные месторождения имеют общий генезис и сформированы вследствие минерализации обогащенных металлами (Cu, Pb, Zn, Ag), а также Ba гидротермальных флюидов, внутри осадочных пород. Геологическая позиция этих месторождений часто связана с пассивными континентальными окраинами, интерконтинентальными котловинами или островодужным спредингом.

Следует отметить, что подобный тип минеральных отложения является достаточно широко представленным на континентах и всесторонне изучен на примере гигантских и супергигантских рудных месторождений Австралии: NYC (227 млн.т.) [Williams, 1998], Century (105 млн.т.), Lady Loretta (13,6 млн.т.), Mount Isa (150 млн.т.), Hilton-George Fisher (228 млн.т.), Broken Hill (280 млн.т.) [Huston et al., 2006], Cannington (43.8 млн.т.) [Walters et al., 2002], Намибии: Rosh Pinah (запасы неизвестны) [Goodfellow et al., 1993], Южной Африки: Gamsberg-Aggeney's district (439 млн.т.) [McClung et al., 2007], Аляски: Red Dog (140 млн.т.) [Edgerton, 1997; Kelly and Jennings, 2004], Канады: Sullivan (162 млн.т.) [Goodfellow and Lydon, 2007], а также Европы: Meggan (50 млн.т.), Rammelsberg (28 млн.т.) [Large and Walcher, 1999]. Средние содержания полезных элементов в рудах этих месторождений оцениваются как, 5,6% для Zn и (2,8-6.6)% для Pb и ~7 ppm для Ag. Также отмечаются высокие концентрации Au. Сравнительно высокие запасы руды в месторождениях подобного типа объясняются высокой эффективностью рудонакопления – значительная часть рудного вещества гидротермальных флюидов осаждалась внутри осадочного разреза, а не рассеивается в придонных водах, как на гидротермальных полях открытого океана.

Помимо месторождений Аляски и Европы, имеющих возраст 350-370 млн. лет, большая их часть датируется Мезопротерозоем. МакИнтайер [MacIntyre, 1995] выделяет основные металлогенические события месторождений SEDEX типа: в среднем протерозое, в раннем кембрии, в раннем силуре, а также в среднем и позднем девоне.

Изучение аналогичных рудоносных систем, активных по сей день, дает исследователям уникальный шанс понять основные механизмы и особенности рудонакопления геологического прошлого нашей планеты.

Степень обоснованности научных положений и выводов. Выводы и защищаемые положения диссертации Е.В. Блиновой основаны на обширном фактическом материале, собранном лично автором в коллекциях образцов за границей (148 образцов). Проведено большое число исследований с непосредственным участием автора работы (проанализировано 135 образцов). Методы, привлеченные для анализа образцов, является

общепринятыми и надежными. Результаты анализов имеют хорошую сходимость с результатами, полученными другими авторами и опубликованными в международной научной литературе. Апробация работы на национальных международных совещаниях подтвердила высокую степень обоснованности научных положений и выводов.

Достоверность и новизна. Достоверность данных, представленных в диссертации, подтверждается их хорошей сходимостью с результатами других авторов, опубликованными в научной литературе. Список привлеченных литературных данных достаточный для объективной оценки достоверности полученных диссертантом результатов. В тоже самое время, не одна ранее опубликованная работа по этому району не содержала широкий спектр из 59 химических элементов и такое детальное изучение глинистой фракции. Результаты диссертационной работы Е.В. Блиновой являются новыми и представляют высокий научный интерес для специалистов широкого круга.

ЗАМЕЧАНИЯ

Защищаемые положения. Несмотря на интересную и актуальную работу, два из трех основных защищаемых положения сформулированы неудачно. Так, в первом защищаемом положении утверждается, что гидротермальные изменения минерального состава осадков сопровождаются ростом концентрации Cu, Zn, Cd, Mo, Bi, Ag и уменьшением содержания K, Li, As, Rb, Cs, Tl, Sb, Ba, Br. При этом, *остальные элементы*, включая РЗЭ, остаются инертными или малоподвижными. Не ставя под сомнение справедливость данного утверждения, на мой взгляд, стоило бы их перечислить. Поскольку, под словами “остальные элементы” можно подразумевать все химические элементы таблицы Менделеева, помимо перечисленных выше. В тоже самое время, речь идет только о тех химических элементах, которые изучались диссертантом.

Аналогичное замечание можно отнести и ко второму защищаемому положению, которое начинается со слов: “Роль силлов в изменении осадков второстепенна и локальна”. За ними сразу следует вторая фраза: “Силлы сильно воздействуют на преобразование осадков, расположенных над ними”. У читателя возникает вопрос, как может быть роль силлов второстепенна и локальна, если они сильно воздействуют на преобразование осадков. Подсказку мы находим значительно позже в заключении: “Влияние силлов на преобразование минерального и химического состава осадков локальна и второстепенно по сравнению с воздействием на осадки основной гидротермальной системы”.

Считаю, что подобные ошибки, допущенные при формулировке защищаемых положений, могли бы быть легко устранены, если бы диссертант более внимательно поработал с собственным текстом спустя какое-то время после его написания.

Фактический материал и методика исследований. В работе отсутствует инструментальный анализ макроминерального состава осадков, автор ограничился лишь микроскопическим изучением осадков в петрографических шлифах под микроскопом и отдельным (хотя и детальным) изучением состава глинистых минералов. Описательный (не количественный) состав дан только для тяжелой подфракции двух колонок в таблице П4. Другие таблицы первичного описания минеральных ассоциаций (табл. 2.2, 2.3, 2.5) составлены другим исследователем [Kastner, 1982] и также не имеют количественных характеристик. Даже эти данные, в работе представлены виде пространственного описания, охватывающего целые комплексы разрезов общей протяженностью десятки метров. Так, например, “Комплекс 1 (0-188,2 м) представлен...”. Отсутствие в работе данных, описывающих количественный минеральный состав осадков, не позволяет читателю создать полную картину связи между минеральным и химическим составом изученного материала. Основной упор в диссертации делается на химическом составе гидротермально-осадочных отложений, который в отсутствии четкой связи с минеральным составом, не дает представления – в какой минеральной форме находится тот или иной химический элемент. Как следствие, невозможно дать объективную оценку

представленному на рис. 3.32 (стр. 119, глава 3-3) несоответствию между зонами, выделенными по макроминеральным ассоциациям и ассоциациям глинистых минералов. Эти несоответствия являются “артефактом” или обусловлены природными причинами?

Также в этом разделе упоминается о том, что в работе использованы методы аналитической химии для определения углекислого газа и органического углерода. Однако в дальнейшем, ни в описании полученного материала, ни в его обсуждении эти данные не используются.

Остается неясным, как автор определяла температуру низкотемпературной и высокотемпературной зон влияния гидротермальной активности, хотя в тексте она выделяется достаточно детально. Только на стр. 65 мы узнаем о том, что границы гидротермально-измененных осадков определены на основании результатов изучения перестройки глинистых минералов. Далее дается ссылка на работу В.Б. Курносова, которая еще не опубликована.

Глава 1-2. Геология окружающих территорий. В этой главе перечислены восемь физико-географических провинций, питающих бассейн седиментации, т.е. Калифорнийский залив. Далее указано, что интерес при исследовании осадков впадины Гуаймас представляют в основном три из восьми провинций. Диссертант также указывает на то, что состав осадочного материала, поступающего в бассейн седиментации, в первую очередь, контролируется речным сносом крупных рек (р. Колорадо и р. Яки). Однако, не в этой главе не, далее в тексте диссертации нет описания ни минерального, ни химического состава этого материала, а также не ясно, чем отличается осадочный материал упомянутых провинций между собой. Поскольку соискатель защищается по специальности “литология”, то подобное упущение является весьма серьезным недостатком.

Раздел 2. Осадки впадины Гуаймас и характеристика скважин. Основное замечание к этому разделу касается отсутствия возрастной модели, необходимой для описания гидротермально-осадочного разреза, вскрытого скважинами глубоководного бурения. Единственное и явно недостаточное упоминание о геологическом возрасте отложений звучит следующим образом: “Все скважины вскрыли в верхней части четвертичные отложения...” или “возраст всей пробуренной толщи – верхний плейстоцен”. В тоже самое время, стратификация осадочного разреза по микрофоссилиям или изотопным данным является отправной точкой для любых литологических исследований. Отсутствие этих данных не позволяет исследователю проводить, как корреляцию между отдельными горизонтами (слоями) в исследуемых скважинах, так и описать последовательность геологических событий. Как следствие, диссертант для описания истории седиментации и постседиментационных изменений ограничивается пространственными описаниями вещественного состава осадков. Так, например, “первый комплекс (0-58 м) представлен биогенными (преимущественно диатомовыми) илами с прослоями глинистых и песчаных алевритов, песчаных алевритов и песков”. Здесь уместно вспомнить утверждение, высказанное в главе 1-2 о том, что состав осадочного материала, поступающего в бассейн седиментации, в первую очередь, контролируется речным сносом. Если доминирующим осадочным материалом являются терригенные осадки, выносимые реками, то почему осадки впадины представлены преимущественно диатомовыми илами? Также остается неизвестным расположение и мощность указанных выше прослоев глинисто-песчаных алевритов, песчаных алевритов и песков. На литологической схеме скважины 477 этот слой показан, как полностью гомогенный. Аналогичные замечания касаются литологического описания и других скважин.

Подобное небрежное описание вещественного состава осадков, к сожалению, характерно для всей главы. Так, например, на стр. 33 автор указывает на то, что диатомеи составляют порядка 60% осадка, на долю терригенного материала приходится менее 15%. Таким образом, суммируя эти две цифры, мы получим 75%. Читателю остается

непонятным, что составляет оставшиеся 25% осадка. Однако справедливости ради надо отметить, что для других скважин сумма процентного деления близка к 100 %.

Далее из текста на стр. 34 мы узнаем, что узнаем, что “в целом, турбидитовые структуры, встречены в породах этого комплекса, идентичны встреченным выше и дают основание предполагать, что до и после внедрения они имели место одинаковые седиментационные процессы”. Позвольте, но на рис. 2.4. (Литологические колонки скважин 477 и 477А) турбидитовые структуры отмечены только на легенде, на самих колонках их нет. Более того, из описания видно, что горизонты осадков выше и ниже сильно существенно отличаются друг от друга, как по минеральному, так и по литологическому составу.

Пренебрежимо малое внимание уделено распределению карбонатного материала вдоль изученных скважин. В тоже время, на стр. 115-116 (глава 3-3) приводится предположение о формировании эпидота из осадков с повышенным содержанием биогенных карбонатов.

Вопрос вызывает также термин “осадки плотностного потока”. Из текста ясно, что речь идет о гравитационном оползании осадка вниз по склону. Обычно, в научной литературе для описания подобных отложений принято использовать термин – турбидит или турбидные отложения. Основной характеристикой этих отложений является их градиционная текстура (более крупные зерна в основании турбидита постепенно замещаются более тонкими к его кровле). Также вызывает вопрос использование словосочетания – обломочные глинистые минералы (таблица 2.2, стр. 38, таблица 2.3, стр. 42).

Глава 3-2. Минеральный состав гидротермально-измененных осадков. *Минеральный состав тяжелой подфракции.* При описании нижней части скважины 477А автор на основании того, что в состав осадков этой зоны входят как сульфидные, так и окисные минералы, делает вывод о том, что “в целом это зона сульфидного и окисного рудообразования”. Далее на рис. 3.26 самостоятельно выделена эта зона, располагаясь ниже зоны сульфатно-сульфидного минералообразования. Если на осадки воздействуют гидротермальные восстановленные растворы, то речь может идти только о границе между двумя зонами: зоной сульфидного рудообразования и зоной окисленных осадков.

Глава 3-3. Глинистые минералы в осадках южного трога впадины Гуаймас. Данные по распределению глинистых минералов вдоль скважины 477/477А (стр. 101) показывают снижение их содержания от верха скважины к ее забою от 20% до 1-2%. Поскольку в работе отсутствует корреляция с фоновой скважиной, невозможно дать объективную оценку – является ли это снижение следствием влияния гидротермальных растворов или это обусловлено особенностью седиментации.

На рис. 3.32 верхняя часть керна скважины (0-32 м) охарактеризована как терригенные осадки, однако согласно описанию, данному в главе 2, основная часть осадков (более 60%) представлена кремнистыми биогенными илами, а содержание терригенной составляющей менее 15% (стр. 33).

Глава 3-4. Изменение химического состава осадков во фракциях. На стр. 128 на основании того, что рудопроявления медной специализации носят более высокотемпературный характер по сравнению с рудопроявлениями цинковой специализации, диссертант делает вывод о том, что Zn более подвижен, чем Cu. Хочется заметить, что степень подвижности химических элементов не определяется температурой их минерализации. Она определяется реакцией перехода химического элемента из твердой фазы в жидкую при изменении рН-Eh условий. Согласно этим показателям медь значительно более подвижна, чем цинк.

Исходя из данных о слабом влиянии гидротермальных растворов на распределение РЗЭ вдоль скважины, диссертант делает вывод о том, что “причиной могла стать экстремально высокая скорость осадконакопления..., а также интенсивная гидротермальная деятельность...” (стр. 137). Скорее всего, результатом такого явления

являются низкие величины Eh в осадках, не позволяющие РЗЭ осаждаться внутри осадочного разреза, либо изначально низкие содержания этих элементов в самих растворах, либо то и другое вместе.

Раздел 5. Взаимосвязь изменения химического состава осадков и трансформации состава гидротермальных растворов. На стр. 166 обсуждаются данные содержания серы в гидротермальных растворах и осадках низкотемпературной зоны, однако на рис. 5.3, иллюстрирующим эти данные, серы нет.

На стр. 167 автор указывает на то, что "...при взаимодействии растворов с осадками в относительно низкотемпературных условиях растворы обедняются Mg...". Данные, приведенные по составу гидротермальных растворов, являются пересчитанными на нулевое содержание Mg. Иными словами, предполагается, что в первичных гидротермальных растворах магния нет. В силу этого, они никак не могут обедняться этим элементом.

На стр. 173 автор пишет: "Но при рассмотрении отдельно Fe^{3+} и Fe^{2+} видно (табл. 3.1, 3.2), что содержание Fe^{3+} в измененных осадках по сравнению с неизменными осадками незначительно уменьшается, *слабо обогащая растворы*, в то время как содержание Fe^{2+} увеличивается в гидротермально измененных осадках в несколько раз, обедняя растворы и расходуясь, прежде всего, на формирование сульфидных минералов в осадках. Таким образом, наиболее выраженное перераспределение Fe при взаимодействии раствор-осадок связано с Fe^{2+} ". Автору должно быть известно, что в растворах железо может находиться только в двухвалентном состоянии, а его переход из одного фазового состояния в другое сопровождается изменением валентности.

В целом, несмотря на высказанные замечания, которые не затрагивают смысловую часть защищаемых положений и выводов диссертации, работа Е.В. Блиновой представляет собой научно-квалифицированную работу, в которой решены поставленные научные задачи по изучению влияния гидротермальных растворов на донные осадки, имеющие высокое научное значение для развития теории рудогенеза полиметаллических колчеданных месторождений и гидротермально-осадочного рудообразования. Результаты работы имеют существенное значение для развития сырьевой базы страны. Основное содержание диссертации отражено в автореферате, а защищаемые положения соответствуют содержанию диссертационной работы.

Данная работа отвечает требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Елена Викторовна Блинова заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специализации 25.00.06 – "литология".

Ведущий научный сотрудник ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ГЕОХИ РАН),
Лаборатории геохимии осадочных пород,
доктор геолого-минералогических наук

Русаков Валерий Юрьевич

Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Косыгина, дом 19
Москва, В-334, ГЕОХИ РАН.
Телефон: (495) 939-70-06.
Эл. почта: rusakov@geokhi.ru
20.11.2015 г.

