

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертационную работу Рубана Алексея Сергеевича «**Геохимические особенности современных донных осадков восточной части моря Лаптевых (на примере губы Буор-Хая)**» представленную на соискание
ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по
специальности 25.00.09 – Геохимия, геохимические методы поисков
полезных ископаемых

Несмотря на многолетнюю историю изучения полярных морей, многие особенности геохимии донных осадков Арктики остаются недостаточно изученными. Между тем развитие системной океанологии, основанной на знании главных факторов, определяющих процессы, контролирующие состояние Северного Ледовитого океана, требует срочного восполнения этих пробелов в наших знаниях. Обозначим главные из них. Не определены особенности геохимической специализации осадков и факторы, контролирующие пространственное распределение в них химических элементов. Не идентифицированы литобиогеохимические характеристики донных отложений, позволяющие типизировать обстановки современного осадконакопления.

Полярные моря, сами по себе, уникальны, это связано с суровыми климатическими условиями высоких широт, поэтому основные силы были направлены на изучение гидрометеоусловий, обеспечивающих безопасное плавание судов в высоких широтах. В настоящее время появилась возможность изучения океанологии Арктики в современном понимании, как науки о физике, химии, биологии и геологии океана. В этом отношении работа Рубана Алексея Сергеевича является хорошим примером. В ней существенное внимание уделено роли морских льдов, как источника растворенного и взвешенного вещества, влияющего на распределение взвеси, живых организмов и донных осадков. Особое внимание уделено рассолам, образующимся при замерзании морской воды, которые, подобно тяжелым жидкостям, стекают по понижениям шельфа, формируя уникальные потоки веществ, играющие очень важную роль в осадкообразовании.

Специальный раздел в диссертации посвящен изучению вертикальных и горизонтальных потоков вещества с применением нескольких независимых методов. Это позволило выполнить данное исследование на количественно новом уровне. Ранее таких исследований, по крайней мере, в отношении индикации биогеохимических процессов и динамики вод в Арктике, почти не проводилось. С этой точки зрения актуальность работы и её новизна не вызывают сомнения. Действительно детальный анализ геохимических особенностей современных осадочных процессов необходим

для реконструкции палеоусловий формирования россыпных месторождений полезных ископаемых. Однако основная задача - это исследование минералогическо-геохимической специализации современных осадков, образовавшихся за последние 2.5 тыс. лет.

Рассмотрим, насколько успешно удалось соискателю ответить на поставленные вопросы. В первой главе дан краткий обзор изученности геохимических особенностей современных донных осадков восточной части моря Лаптевых. Этот емкий исторический раздел представляет несомненный интерес. Показано, что с начала 20 века исследуются не только глубины и течения, но и непосредственно донные отложения, гранулометрия, минералогия, динамика современного осадочного процесса. Представлены работы отечественных и зарубежных исследователей. Описание методов позволяет получить исчерпывающее представление о квалификации соискателя. В качестве пожелания можно порекомендовать Алексею Сергеевичу в дискуссии более строго изложить, что осталось за рамками работ предшественников, рассказав о «белых пятнах на карте».

Во второй главе проинтерпретированы данные об особенностях бассейна седиментации и области его питания. Наиболее детально рассмотрен водосборный бассейн реки Лена и его типичные ландшафты, характеризующиеся массовым развитием озерного термокарста. Показано, что короткий безледный период обусловил преобладание физического выветривания, вследствие чего основными источниками осадочного материала, поступающего в бассейн моря Лаптевых, становятся продукты разрушения берегового ледового комплекса и взвешенный речной сток. Сопоставление результатов работ предшественников по среднегодовому вкладу источников осадочного материала в бассейн седиментации позволило надежно определить, что отвечает за количество захороненного органического вещества. Без этих данных дальнейшая интерпретация геохимических параметров была бы не возможна.

Не малый интерес представляет поздняя четвертичная история развития региона. Дело в том, что размыв полуостровов и островов, сложенных ледовым комплексом, привел к возникновению мелководий и разрушению нижних частей ледового комплекса. Это обусловило поступление в море большого количества органического вещества, участвующего в карбонатном цикле и меняющего геохимические свойства донных отложений.

Хочется особо отметить раздел (2.2.5.2.) о пресноводном балансе. Действительно талая вода морских льдов является одним из наиболее важных источников пресной воды в морях. Однако все последующие выводы выглядели бы более убедительно, если были бы приведены данные по химическому составу льда из точек соответствующих местам отбора проб донных отложений и состава подледных вод - рассолов, раз речь идет о седиментационных процессах в зимнее время. И, конечно, не помешают некоторые данные о температуре замерзания морских вод в зависимости от их солености. Однако это не замечание, а некоторые собственные соображения по поводу источников накопления некоторых элементов в донных отложениях.

В третьей главе дан развернутый анализ процессов, контролирующих поступление, миграцию и поступление терригенного материала в донные осадки. Наиболее значимым в данном разделе является обоснование вывода о том, что современный подводный рельеф губы точно соответствует морфоструктурам, созданным в субаэральных условиях голоцена. Следовательно, речные долины и котловины термокарстовых озер - это следы субаэрального рельефа, являющиеся, как и гидродинамический режим, существенными критериями в поисках россыпей. А это значит, что поиск россыпных месторождений следует сосредоточить на зонах волнового шлихования, а именно эрозивно-аккумулятивных валах.

Обозначим еще одно неоспоримое достоинство диссертационной работы: все основные разделы завершают выводами. В целом, если принимать во внимание только крупные фракции осадка, обобщения, сделанные для раздела 3.2.1., убедительны. Да *«нагонные волны и оттоковое течение»* играют решающую роль, однако биогеохимический барьер и плотные шлейфовые воды, законы накопления и распределения для отдельных химических элементов могут существенно изменить порядок вещей. Тем более, что именно от времени года (сезона) зависит масса терригенного материала, осаждающаяся в зоне смещения вод. Впрочем, позднее, в обобщающих выводах, соискатель на странице 137 отмечает роль этих факторов.

Главным результатом обобщения представленных в главе данных является вывод о том, что различия литологического состава осадков западной и восточной частей губы определяются не только взаимодействием речных вод с шельфовыми, что приводит к замедлению скорости течения и оседанию крупных частиц взвеси, но и образованием органо-минеральных агрегатов. По моим представлениям, это - физико-химический процесс. Здесь было бы уместно привести данные по изменению минерализации, рН и изменению содержания основных компонентов в

водах зоны смешения. Поскольку речь идет о взвеси мелкоалевритовой размерности, то привлечение только механических процессов для объяснения действия гидрологического барьера недостаточно. Тем не менее, научное обоснованное заключение о том, что различия литологического состава осадков определяется литодинамической обстановкой, можно принять как указание к направлению поисков мест захоронения россыпи.

В главе четвертой дано детальное объяснение причин минералогической и геохимической специализации донных осадков. Показано, что в зоне гравитационного шлихования закономерно доминируют ильменит, циркон. В подводной части разреза осадки берегового склона обогащаются ильменитом, гранатом, пироксенами, цирконом, амфиболами. Слюды выносятся в море. Именно эта дифференциация и определяет особенности обогащения осадков подводной-эрозионно-аккумулятивной равнины рудными элементами. В совокупности с физико-химическими процессами, протекающими в зоне смешения вод, это обуславливает особенности пространственного распределения химических элементов. Отметим, что соискателю удалось успешно использовать данные по содержанию легких и тяжелых REE, надежно обосновав единство источника вещества осадков и сходство физико-химических процессов накопления этих элементов.

Раздел *«Индикаторы литогеохимических обстановок»* содержит новые данные, позволившие установить геохимическую специализацию современных донных осадков. В частности показано, что взвешенный сток р. Лена - это основной источник осадочного материала, как в западной части, так и в центральной части губы Буор-Хая, определяющий формирование пространственной структуры распределения REE и элементов других геохимических групп. Тем не менее, возникает ряд вопросов. На странице 119 говорится о восстановлении железа до сульфатов, наверное, имелись в виду окислы железа? На странице 121 написано *«аморфные реакционные гидрогели $Fe(OH)_3$ речного стока сорбируются растворенным органическим веществом с последующим соосаждением»*. Известно, что сорбция растворенным веществом не возможна, видимо речь идет об агрегировании. Страница 122: *«склонный к сорбции Rb может входить в состав кристаллической решетки полевых шпатов»*, при сорбции элемент не входит в кристаллическую решётку. Тем не менее, основной вывод о индикаторах биогеохимических процессов и критериях оценки динамики вод, действительно нов и оригинален.

Оценка статистических связей между содержаниями элементов позволила установить, что с $C_{орг}$ связано накопление тяжелых металлов, в то время как REE, напротив, накапливаются там, где меньше органики. Таким образом, статистический анализ позволил типизировать химические элементы по факторам, контролирующим пространственное распределение в осадках. Хотя соискателю следует учитывать, что на самом деле эти факторы неравнозначны по своему вкладу в осадочный процесс, например, фотосинтез - малозначимая деталь.

В заключении Алексей Сергеевич обобщил основные результаты своей работы в пяти выводах. В развернутом виде они повторяют защищаемые положения и надежно подтверждаются представленным в диссертации материалом. В целом работа Рубана А.С. значительно увеличила степень проработки вопросов, касающихся осадконакопления в акваториях с высокой ледовитостью. Используемые соискателем подходы позволили определить вклад разномасштабных климатических, гидрогеологических, биогеохимических и других факторов в геохимическую специализацию донных отложений.

Отметим, что работа оформлена аккуратно, грамотно, есть ряд не очень значительных «ляпов». Например, в личном вкладе написано *«Автором лично сформулированы защищаемые положения, проведена статистическая обработка и обобщение полученных результатов»*. Наверное, следует писать наоборот, сначала выполнена статистическая обработка, а потом сформулированы защищаемые положения. Рисунок 1.1. можно сделать более читаемым, а не представлять его как простой скан. Опечатки на странице 49, рисунок посреди предложения написан с заглавной буквы. На странице 60 индекс в единице измерения не проставлен - 1.6 кг/м^3 . Страница 87 не пронумерована, и на ней дана ссылка на снимок, но где он находится не указано. На странице 91 опечатка: *«В области смешения пресных-соленых вод, каковой является вся акватория губы при изменении солевого фона идет десорбция химических элементов, переход из растворенной формы во взвесь»*. Написано «десорбция», а на самом деле это – адсорбция, так как переход во взвесь из раствора. Опечатка на странице 111: написано - *«показателей»*. Не строго изложена мысль на странице 119: *«Наличие гидротроилита в осадках указывает на процессы анаэробной сульфатредукции в присутствии бактерий, железа, углекислого газа, ионов водорода, сероводорода, продуктов разложения органического вещества и карбонатов кальция в форме сидерита $FeCO_3$ »*, карбонаты кальция в форме сидерита наверно опечатка, нужно

просто карбонаты железа. На странице 121 не ясно, что имел в виду автор, написав $Fe(OH)_3$: ион или твердая фаза?

Однако эти замечание не снижает общего значения работы «**Геохимические особенности современных донных осадков восточной части моря Лаптевых (на примере губы Буор-Хая)**», которая вносит существенный вклад в геолого-геоморфологический подход к исследованию особенностей современного осадконакопления на шельфе северных морей. Результаты работы важны с точки зрения геоэкологического прогнозирования состояния природной среды перегляциального восточно-арктического шельфа России, а её автор Рубан А.С. заслуживает присуждения ученой степени **кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – "геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых"**. Автореферат и опубликованные работы полностью освещают подход автора к решению поставленной перед ним задачи.

Бычинский Валерий Алексеевич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории геохимии окружающей среды и физико-химического моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геохимии им. А.П. Виноградова Сибирского отделения Российской академии наук.

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1А, ИГХ СО РАН; сайт ИГХ СО РАН: www.igc.irk.ru; e-mail: val@igc.irk.ru; телефон: 8 902 513 0180.

Я, Бычинский Валерий Алексеевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

25 ноября 2017 г.



Tr

ЗАВ
Зав.
ИГХ

Иванов В. А.