

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА НА ДИССЕРТАЦИЮ ВЕТРОВОЙ НАТАЛЬИ ИГОРЕВНЫ

«ГЕОХИМИЯ И С-, Sr- ХЕМОСТРАТИГРАФИЯ ПОЗДНЕДОКЕМБРИЙСКИХ  
КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ (ХОРБУСУОНСКАЯ СЕРИЯ И  
ДАШКИНСКАЯ СВИТА)»,

представленную на соискание ученой степени кандидата наук

по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Диссертация Н. И. Ветровой посвящена изотопной стратиграфии – новой и быстроразвивающейся науке, которая уже заставила пересмотреть некоторые ошибочные представления о возрасте «немых» карбонатных толщ позднего докембрия и, несомненно, даст богатые плоды в будущем. Не случайно, в последней сводке по геохронологии (The Geologic Time Scale, Elsevier, 2012) результатам и методам С- и Sr- изотопной стратиграфии посвящены отдельные и весьма обширные разделы, написанные ведущими зарубежными специалистами. Стратиграфию эдиакария – периода, который является одним из объектов диссертации, уже невозможно представить себе без маркирующих «изотопных событий».

Из сказанного очевидна научная актуальность диссертации. Следует, однако, подчеркнуть и ее практическую значимость: в отложениях венда и раннего кембрия Сибирской платформы, заключены крупнейшие промышленные месторождения нефти и газа, точная привязка которых к тем или иным стратиграфическим горизонтам важна для прогнозных оценок.

Прежде, чем приступить к основному занятию оппонента – выявлению ошибок и недочетов диссертации, я хотел бы отметить, что молодой исследователь, который решил заняться изотопной стратиграфией (а в зрелом возрасте в это дело лучше и не ввязываться), находится в весьма сложной ситуации, так как ему приходится самостоятельно овладевать знаниями и специальностями, которые не преподают на геологических факультетах: 1) аналитическими методами изотопной геохимии, 2) методам интерпретации изотопных данных, совершенно разными для радиогенных и стабильных изотопов, 3) обширной мировой литературой по хемотратиграфии, насчитывающей сотни публикаций, 4) сложной кухней региональной стратиграфии с ее правом приоритета, которое никем не выполняется, «достаточно длительными» перерывами, в которые можно поместить временной отрезок любой длительности и обычаем решать проблемы геохронологии путем голосования - метода поиска истины, который в геохимии и изотопной геохронологии не практикуется.

В столь сложной и многоплановой работе объективно трудно было избежать огрехов и спорных положений, которые есть смысл обсудить в процессе защиты диссертации.

1. Методы изотопных исследований (глава 1) изложены Автором достаточно подробно, однако несколько формально. Автор указывает (стр.11), что «Критериями сохранности C-O и Rb-Sr изотопных систем в карбонатных породах служат выбранные пределы отношений Mn/Sr и Fe/Sr и значений  $\delta^{18}\text{O}$ , а также анализ ковариаций между изотопными и геохимическими параметрами карбонатных пород», однако не считает нужным объяснить на основании чего «выбираются» те или иные пределы, почему они разные у разных авторов (и даже у автора диссертации, когда рассматриваются различные объекты), почему в некоторых работах, например [Halverson et al., 2007], эти критерии вообще не используются. Невозможно не обратить внимание на то, что ни на одном из приведенных автором графиков (рис. 3.8, 3.9, 3.16, 3.17) какие-либо ковариации между изотопными и геохимическими параметрами отсутствуют. Самое большое недоумение вызывает утверждение, в качестве неизменных могут рассматриваться карбонаты с величинами  $\delta^{18}\text{O} > 20\text{‰}$ . Почему  $>20\text{‰}$ , а не 21, 22, 23, 24 и т.д.? Потому что 20 – круглое число? Может быть, в таком случае и все остальные числа округлить? Автору диссертации следовало бы знать, что метеорные воды отличаются очень широкими вариациями изотопного состава кислорода – от 0 до  $-55\text{‰}$ , и что агентами нарушения C-O и Rb-Sr изотопных систем в карбонатных породах могут быть не только метеорные и элизионные флюиды с низкими содержаниями стронция (стр. 11) но и великое множество подземных вод других типов с самым разнообразным элементным и изотопным составом. В осадочном чехле Сибирской платформы широким распространением, например, пользуются высококонцентрированные рассолы, в которых содержание стронция достигают 10000 ppm – в 1000 раз больше, чем в морской воде.
2. Занимаясь изотопной стратиграфией, необходимо помнить, что отклонения изотопного состава стронция в карбонатах от океанических (для данного возраста) значений может быть результатом не только постседиментационных изменений, но и изоляции бассейна, в котором эти карбонаты осаждались. Этот вопрос в диссертации, к сожалению, совсем не рассмотрен, хотя вероятность изоляции мелководных эпиконтинентальных бассейнов, с которыми мы имеем дело в позднем докембрии Сибирской платформы, является достаточно высокой. В воде современного Каспийского моря отношение  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (0.70818, Clauer et al., 2009)) на 0.001 ниже, чем в океане. Если руководствоваться только изотопным составом стронция, не зная, что Каспийское море изолировано, можно заключить, что современные каспийские ракушки имеют возраст 20 млн лет. Другой пример – средне-поздне-кембрийская верхоленская свита, в карбонатах которой изотопный состав стронция соответствует венду (Виноградов и др., 2011), так как в несвязанный с Мировым океаном бассейн седиментации выносился стронций из вендских карбонатов. Отклонение от океанических значений, хотя и значительно меньшего

масштаба, установлено в изотопном составе стронция карбонатов Азовского моря (Кузнецов и др., 2012), хотя оно имеет связь с океаном.

3. Раздел 1.5. «Типовые разрезы мира» попал в методическую главу вследствие какого-то недоразумения. Корреляция разрезов – суть стратиграфии и этот раздел заслуживал выделения в самостоятельную главу и большего объема. В целом Н. И. Ветрова продемонстрировала, что неплохо знакома с мировой литературой по хемотратиграфии. Сомнения, однако, вызывает выбор объектов, рассмотренных в этом разделе, отведенное им место и представление материала. Детально изученным, продатированным и хорошо охарактеризованным палеонтологически разрезам Южного Китая отведено всего полстраницы – столько же, сколько енисейской серии Кузнецова Алатау, где датировок нет совсем и маловыразительные изотопные кривые. Некоторые разрезы почему-то удостоились графика, другие – нет. На разрезах не указан возраст. Разрезам, расположенным на других континентах, приписаны региональные стратиграфические подразделения Урала и Русской плиты: кто и как выделил в Австралии рифей и венд (рис. 1.8)? В самом начале этого раздела следовало бы дать соотношение российской и международной схем стратиграфического расчленения позднего докембрия и в дальнейшем не допускать ошибок, как на рис. 3.16 и 3.17, где соотношение венда и эдиакария показано неверно: в венд включается ранневендское оледенение, которое в МСШ относится к криогению. В некоторых случаях была бы уместна критика опубликованных данных. На Sr-изотопной кривой Кузнецова с соавторами (2014), например, имеется резкий отрицательный выброс на уровне 675 млн лет. Этот выброс держится только на данных по укской свите; нигде в мире в карбонатах этого возраста нет столь низких отношений изотопов стронция и нулевых значений  $\delta^{13}\text{C}$  – везде резкая положительная аномалия. Здесь есть над чем задуматься. Может быть глауконит омоложен – хорошо известно, что этот минерал не устойчив и полюбившаяся некоторым стратиграфам магическая формула «минералогически изученный» из него амфибол не делает. Может быть укский бассейн был изолирован от океана (см. замечание 3.) – определить это сложно, но обсуждать необходимо. Не следовало бы также кривую эволюции изотопного состава стронция в океане называть «стандартной» - стандарт бывает только один, а кривые время от времени уточняют – этим, кстати, занимается и Автор диссертации.
4. При построении кривых эволюции изотопного состава стронция в океане (или использования чужих – в этом не всегда можно разобраться) Н.И. Ветрова некритически оценивает возрастные датировки и не учитывает ошибку датировок. На рис. 1.13, например, две усть-юдомские свиты: Алданская и Юдомская, имеющие одинаковый изотопный состав стронция, но разделенные интервалом в 15 млн лет. Имеющиеся датировки разделять их, однако, не позволяют. Возраст усть-юдомской свиты на Юдоме оценен с большой погрешностью:  $553 \pm 23$

млн лет, в которую вполне укладывается интервал 535-540, соответствующий усть-юдомской свите на Алдане (рис. 1.13.). При складывании хемотратиграфических пазлов следовало бы также иметь в виду, что сильные флюктуации изотопного состава стронция на протяжении 10 млн лет маловероятны вследствие большого времени пребывания этого элемента в океане.

5. Автор помещает хатыспытскую свиту (глава 2) в очень узкие возрастные рамки 560-550 млн лет на основании того, что ... «находки эдиакарской биоты с учетом ее таксономической специфики, а также широкое распространение ихнофоссилий [Rogov et al., 2012] позволяют сравнивать отложения хатыспытской свиты с беломорским горизонтом венда восточной части Восточно-Европейской платформы, датируемом в интервале 560-550 млн лет [Grazhdankin, 2004]». Я не специалист в области палеонтологии. Может и позволяют. Но проблема сформулирована явно не корректно. Доказать надо не сходство, а то, что данная биота и ихнофоссилии приурочены исключительно к интервалу 560-550 млн лет и не выходят за эти пределы. Этого в диссертации мы не видим.
6. Глава 3, в которой рассматриваются изотопно-геохимические характеристики карбонатов хорбусуонской серии имеет не только стратиграфическое, но и большое методическое значение. Начинается она с того, что Автор дезавуирует геохимические критерии неизменности, надежность которых в главе 1 сомнению не подвергалась. Очень высокие содержания марганца и железа в доломитах маастахской свиты на основании минералогических исследований признаются первичными – сохранившимися со стадии осадконакопления. С этим я полностью согласен. Совершенно не понимаю, однако, почему через 6 страниц на рис. 3.14 стрелка с надписью «диагенез» смотрит в сторону увеличения отношений Mn/Sr и Fe/Sr. Как же так Наталья Игоревна? Вы же только что написали (стр. 81): «Максимальные концентрации железа наблюдаются в центральной части зерен, которые связаны с первичным высоким содержанием железа в среде седиментации и последующим нарастанием безжелезистых доломитов». Я уже не говорю про то, что стрелка «диагенез» почему-то смотрит еще и в сторону увеличения величин  $\delta^{13}\text{C}$ , хотя в диагенезе они уменьшаются. Повышенные содержания марганца и железа и высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  в данном случае, очевидно, могут быть связаны с аноксидным режимом бассейна седиментации, однако этот вопрос в диссертации, к сожалению, не рассматривается. Использовать микроанализатор для того, чтобы определить, когда породы были обогащены железом и марганцем – на стадии осадконакопления или в диагенезе – превосходная, новая для хемотратиграфии идея, которая могла бы стать ядром диссертации. Однако развивать новые идеи надо смелее и последовательней.
7. Вывод о ранневендском (раннеэдиакарском) возрасте маастахской свиты мне представляется верным. Однако я посоветовал бы Диссертанту аккуратней обращаться с цифрами и словами.

Разброс  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  от 0.708095 до 0.708554 нельзя называть однородным (стр. 89) – он в 100 раз превышает аналитическую ошибку; нельзя говорить, что первичные отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в маастахской свите  $>0.7080$  (стр. 90) – из материала следует, что меньше или равны 0.70809, но вряд ли много меньше, так как разброс значений невелик – можно предположить, что они находятся в интервале 0.7076-0.708, так как в интервале 0.7080-0.7085 лежат резко обедненные  $^{13}\text{C}$  верхневендские карбонаты события «Шурам-Вонока» (Melezhik et al., 2009), с которыми обогащенные  $^{13}\text{C}$  доломиты маастахской свиты явно не коррелируются. Понятия «неизменный» и «наименее измененный» не являются синонимами и путать их не следует.

8. Я не могу безоговорочно согласиться с утверждением, что отложения хатыспытской свиты были сформированы в интервале 560-550 млн лет. Во-первых, потому, что геохронологически это обосновано слабо (см. замечание 6), а во-вторых, потому, что отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в карбонатах хатыспытской свиты плохо вписываются в этот интервал, и гораздо лучше в интервал 650 до 580 млн лет, как это отмечено и в диссертации (стр. 91). Не совсем верно, также, утверждение, что типичным этого интервала являются высокие положительные значения  $\delta^{13}\text{C}$  (стр. 91). В Южном Китае в пределах этого интервала встречаются отрезки с такими же, как в хатыспытской свите значениями  $\delta^{13}\text{C}$  – см. рис. 3.18 на стр. 94.
9. Результаты, полученные Н.И. Ветровой по дашкинской свите Енисейского кряжа (главы 4 и 5) отчасти пересекаются с данными, опубликованными ранее [Хабаров, Варакина, 2011]. Ничего плохого в этом нет – всегда всплывают какие-то новые детали. Однако я не могу согласиться с замечанием Н.И. Ветровой о недостаточной точности масс-спектрометрических измерений предшественников (стр. 114). Точность – не самоцель. Она должна быть достаточной для решения конкретной задачи. Для одних задач достаточно четвертого знака, для других мало и шестого. Чтение диссертации, в частности раздела, посвященного дашкинской свите (стр. 125-128), также, как и множества других статей показывает, что природный шум в позднем докембрии (разброс отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в пределах небольшой по мощности пачки) составляет 1-2 единицы в четвертом знаке. Это и есть реальная разрешающая способность метода.
10. Вывод о позднерифейском возрасте дашкинской свиты сделан правильно. Не совсем понятно, однако, почему указав сначала, что «временной интервал накопления осадочных толщ дашкинской свиты составляет 1050-750 млн лет», Автор тут же добавляет «Наиболее вероятным является интервал 1050-1000 млн лет (Рис 5.17)». Из рис. 5.17 это никак не следует. Напротив, учитывая высокие значения  $\delta^{13}\text{C}$  возраст 750-800 млн лет представляется более вероятным.

Подводя итог сказанному, можно заключить, что с задачами диссертации Н.И. Ветрова справилась. Защищаемые положения, в целом обоснованы. Чрезмерно категоричным

представляется лишь утверждение, что «изотопный состав стронция в воде палеоокеана 560-550 млн лет составлял 0.70783-0.70806» - для этого нужны более веские доказательства, а пятый знак точно нужно убрать.

Сделанные замечания не меняют общей высокой оценки рецензируемой работы, которая отвечает всем требованиям ВАКа, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Н.И. Ветровой, несомненно, заслуживает присуждения искомой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

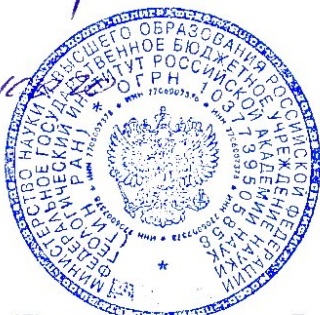
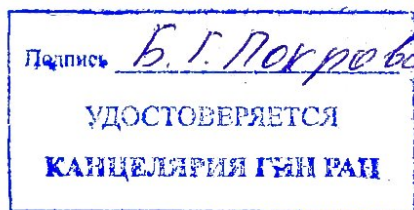
Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Заведующий лабораторией геохимии изотопов и геохронологии

Геологического института РАН

Доктор геол-мин. наук

Б.Г. Покровский



Зав. канцелярии:

*И. В. Гонимачева*  
06.11.2018

ГИН РАН, 119017 г. Москва, Пыжевский пер., д.7, ком. 208а

e-mail [pokrov@ginras.ru](mailto:pokrov@ginras.ru), тел. 8 (495) 951-94-57